

CADI 2016

7,8 Y 9 DE SEPTIEMBRE
RESISTENCIA - CHACO

ISBN 978-950-42-0173-1



9 789504 201731

III CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA

En conjunción con:

CAEDI 2016
IX CONGRESO ARGENTINO DE
ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA



confedi

ISBN 978-950-42-0173-1

Editores:

Alejandro Farias

Jorge Pilar

Cesar J. Acuña

CADI 2016

III CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA

En conjuncion con:

CAEDI 2016

IX CONGRESO ARGENTINO DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

7,8 y 9 de Septiembre de 2016
Resistencia | Chaco | Argentina

Actas del III Congreso Argentino de Ingeniería: CADI 2016. 1° Edición
Compilado por Alejandro Rubén Farías, Jorge Pilar, César J. Acuña
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia - 2016.
Libro digital, PDF - Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-42-0173-1

COMITÉ EJECUTIVO CONFEDI 2015-2016

PAGANI, Sergio
Presidente
Decano UNT - FCEyT

ACTIS, Marcos Daniel
Vicepresidente
Decano UNLP - FI

CUENCA PLETSCH, Liliana R.
Secretaria General
Decano UTN - FRRE

DEL GENER, Jorge Omar
Secretario Permanente
Decano UTN -FRA

PAZ, Hector Rubén
Presidente Saliente
Decano UNSE - FCEyT

BASTERRA, José Leandro
Presidente Comisión de Ciencia, Tecnología
Decano UNNE - FI

GENTILETTI, Gerardo Gabriel
Presidente Comisión de Enseñanza
Decano UNNER - FI

KALOCAI, Guillermo
Presidente Comisión de Interpretación y
Reglamento
Decano UNS - DIEyC

RICCIOLINI, Eugenio Bruno
Presidente Comisión de Presupuesto e
Infraestructura
Decano UTN-FRGP

FARDELLI CORROPOLESE, Claudio
Presidente Comisión de Posgrado
Decano UNGS - II

SOSA, Miguel Angel
Presidente Comisión ad-hoc de Relaciones
Interinstitucionales e Internacionales
Decano UTN - FRD

SPOSITTO, Osvaldo
Presidente Comisión ad-hoc de Extensión y
Transferencia
Decano UNLaM - DIeIT

GUERCI, Alberto
Presidente Comisión ad-hoc de Nuevos
Alcances de Carreras de Ingeniería
Decano UB - FI

GOMEZ GUIRADO, Roberto
Miembro Titular Órgano de Fiscalización
Decano UNSJ - FI

OLIVETO, Guillermo
Secretario de Comunicación
Decano UTN - FRBA

Comité Organizador

Presidencia

Mg. Ing. Liliana R. Cuenca Pletsch
Ing. José L. Basterra.

Comité Estudiantil:

Ing. María Teresa Clemente
Ing. Jorge De Pedro

Comité Económico:

Prof. Juan J. Corace
Ing. Carolina Orcola

Comité Cultura, Prensa y Sociedad:

Sr. Horacio González
Prof. Patricia Salmón

Comité Científico

Dr. Ing. Jorge Pilar (Presidente)
Mg. Bq. Alejandro Farías (Secretario)

Gestión de la Educación en Ingeniería

Mg. María del Carmen Maurel, Ing. Arturo
A. Bórfitz

Desarrollo Regional. Vinculación Universidad, Empresa y Estado.

Ing. Mg. Alejandro Farías, Dr. Ing. Mario De
Bórtoli

Ingeniería Sostenible. Energía, Gestión Ambiental y Cambio Climático.

Dr. Ing. Walter Morales; Mg. Ing. Indiana
Basterra

Biotecnología, Nanotecnología, Bioingeniería y Materiales.

Lic. Liliana Vergara ; MSc. Ing. Eduardo
Cirera

Tecnología de la Información y Comunicación.

Dr. Sergio Gramajo, Ing. Cristian Vaernet

Forestal, Agronomía y Alimentos.

Dra. Carola Sosa, Ing. Ramón Hidalgo

Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería.

Mg. Daniela Tenev, Ing. Orlando Morán

Obras y Proyectos de Ingeniería

Ing. Gustavo Bernaola, MSc. Ing. Dante
Bosch

Empresas y Servicios de Ingeniería.

Ing. Luis Eiman, Ing. Raúl Maderna

Ejercicio Profesional de la Ingeniería.

Ing. Raúl Cantero, Ing. Daniel Suárez

EVALUADORES

Acuña, César Javier
Alderetes, Carlos Orlando
Alegretti, Andrea Verónica
Allende, David
Arquier, Marta María De La Paz
Ávalos Llano, Karina Roxana
Bangert, Vanesa
Basterra, Indiana
Basterra, José Leandro
Bizzotto, Marcela Beatriz
Bollati, Verónica
Borfitz, Arturo Alfredo
Bosch, Dante René
Braidot, Nestor
Bravo, Gerardo
Brumovsky, Luis Alberto
Burgos, Ángela María
Castagne, Javier
Castro, Hugo Guillermo
Castro, Marcela Paola
Chamorro, Ester Ramona
Chan, Debora
Cirera, Eduardo
Clemente, Maria Teresa
Cogno, Victor
Conde, Sergio Daniel
Cukierman, Uriel Rubén
Dagnino, Eliana Paola
Dalfaro, Nidia A
De Bortoli, Mario Eduardo
Della Vecchia, Francisco Javier
Demuth Mercado, Patricia Belén
Dramis, Laura Silvia
Enriquez, Héctor Darío
Erck, Isolda Mercedes
Espasandin, José Manuel
Estayno, Marcelo Gustavo
Farías, Alejandro Rubén
Fernandez, María Graciela
Figueredo, Gustavo Raúl
Fuente, Silvia Andrea
Garcia, Willans Julio Edgardo
Grinsztajn, Fabiana

Hertler, Javier Helmut
Hidalgo, Ramón Jesús
Kowalski, Víctor Andrés
Lion, Carina
Maderna, Raúl Isaías
Maiocchi, Marcos
Malizia, Ruben
Martinez Amezaga, Nancy María
Jimena
Massaro, Fernando
Meles, Silvia Judith
Mendivil, Carlos
Morales, Walter Gustavo
Moran, Orlando Javier
Nuñez, Gloria Santa
Ojeda, Gonzalo Adrián
Pellettieri, Daniel
Pamies, Silvana Carina
Panizzi, Mariza Daniela
Paredes, Gustavo
Pilar, Jorge
Pinto, Noelia
Quiroga, Silvia
Rivero, Lorena
Roux, Juan Pablo
Ruberto, Alejandro Ricardo
Saldarini, Javier
Sánchez Boado, Lucila
Sandobal Veron, Valeria
Scaraffia, Cristina
Sequeira, Alfredo Fabián
Soria, Fernando
Sosa, Carola Andrea
Tenev, Maria Daniela
Tourn, Silvana Cecilia
Utgés, Enrique Eduardo
Vaernet, Cristian
Vargas, Mónica Beatriz
Zalazar, María Fernanda
Zangara, Alejandra
Zanitti, Laura
Zurlo, Hugo Daniel

PRÓLOGO

Durante los días 7 al 9 de septiembre de 2016 tuvieron lugar en Resistencia (Chaco) el III Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y el IX Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI).

El CADI es una iniciativa del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI, que se realiza bianualmente y convoca a todos los referentes de la Ingeniería argentina, con el objetivo de generar un ámbito para el intercambio de experiencias que permita difundir e impulsar la actividad de la Ingeniería, profundizar el conocimiento a partir del debate, generar lazos de cooperación, brindar la oportunidad para los acuerdos interinstitucionales en pro de proyectos compartidos y el intercambio de ideas. Las dos ediciones anteriores se llevaron a cabo en las ciudades de Mar del Plata (2012) y Tucumán (2014).

Esta 3era Edición del Congreso fue organizada por las Facultades Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) e Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Su lema "La Ingeniería como herramienta de Integración" tiene como imagen el Puente General Belgrano que, desde hace más de 40 años, une a las provincias de Chaco y Corrientes y facilita el tránsito Este-Oeste, constituyéndose en un factor fundamental del corredor bioceánico que une Brasil con Chile. Esta imagen, emblemática, fue elegida en un momento en que los gobiernos de Chaco y Corrientes impulsaban ante el Gobierno Nacional la inclusión del 2do Puente Chaco-Corrientes en el Plan de Infraestructura prioritaria para el NEA.

El interés despertado por el CADI, en su 3era edición, se demuestra a través de la cantidad de trabajos recibidos: 445 trabajos presentados, 333 aprobados, de los cuales 275 fueron expuestos en forma oral y 58 como Poster. Asistieron al evento cerca de 700 personas, entre autores, conferencistas y asistentes. Asimismo, más de 100 estudiantes provenientes de Facultades de Ingeniería de todo el país, no sólo asistieron a las actividades del Congreso sino también debatieron sobre el compromiso de la Ingeniería con el cuidado del ambiente.

En la Apertura, el Presidente del CONFEDI destacó que éste es "un ámbito donde se discute y expone el impacto que tiene la ingeniería en la sociedad, porque constantemente hace un contribución al desarrollo nacional, y en ese sentido las conclusiones que deriven del CADI, esperamos que sirvan como aporte para quienes tienen que tomar decisiones políticas en nuestro país". El Decano de Ingeniería de la UNNE destacó que "necesitamos profundizar la vinculación con la sociedad, revisar las estrategias pedagógicas para que los alumnos comprenda y hagan comprender ese compromiso; que sean innovadores y generadores de valores interactuando con la sociedad". La Decana de la UTN Resistencia instó a "trabajar con el horizonte de una Argentina industrial, al cual las Facultades de Ingeniería aporten profesionales emprendedores, con capacidad de innovación, críticos y socialmente responsables; pero que también aporten soluciones a los problemas regionales y contribuyan a la formulación de políticas públicas vinculadas con el desarrollo tecnológico de la región." La Rectora de la UNNE, Delfina Veiravé, destacó que "la importancia del CADI radica en la relevancia que la ingeniería tiene en el campo tecnológico, industrial y de innovación, en diversas

actividades, cuestiones que se debaten en este Congreso, lo que seguramente aportará al desarrollo nacional y especialmente regional, del Norte Grande del país". Finalmente, el Gobernador del Chaco, Ing. Oscar Peppo, valoró a la Ingeniería como "herramienta de transformación y de búsqueda de mejora en la calidad de vida de los ciudadanos. Aseguró que la Ingeniería aporta a la búsqueda del equilibrio, y la distribución de recursos e igualdad de oportunidades".

Las Conferencias inaugurales estuvieron a cargo del Ing. José Ascarate y el CPN Victor Zimmermann, Subsecretarios de la Unidad Plan Belgrano y del Dr. Sergio Matheos, Subsecretario de Coordinación Institucional del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MinCyTIP). La Conferencia sobre el Plan Belgrano aportó la mirada sobre las políticas públicas nacionales para el desarrollo del Norte Grande. El Dr. Matheos expuso sobre las Políticas de articulación científico-tecnológicas que lleva adelante el MinCyTIP de la Nación, con una impronta Federal. El día jueves se ofrecieron dos Conferencias Plenarias, una a cargo de los Ingenieros Alejandro Bostany y José Pablo Chelmicki sobre Empresas y Servicios de Ingeniería, en la cual se presentaron las Buenas Prácticas Recomendadas elaboradas por el Centro Argentino de Ingenieros - CAI y la Comisión de Empresas Proveedoras de Servicios de Ingeniería - CEPSEI junto a otras entidades que reúnen a empresas de servicios de ingeniería. La segunda, a cargo de Lueny Morell, multipremiada internacionalmente por sus aportes a la formación de ingenieros, cuya disertación sobre "El desarrollo de la nueva generación de innovadores" planteó algunos de los grandes desafíos del mundo y algunas de las acciones que las carreras de ingeniería pueden llevar a cabo para hacer frente a estos retos, incluyendo la formación basada en competencias, la interacción con el sector productivo y la necesidad de evaluación para la mejora continua. La Conferencia del último día, a cargo de Eduardo Giusiano, *Más allá de las fronteras de la profesión. Cuando emprender se vuelve un modo de vida*, se refirió a cómo la formación ingenieril aporta habilidades útiles no sólo para la profesión sino para cualquier aspecto de la vida diaria: "El fin, el objetivo, la meta ya no se evalúan solo en términos económicos, el emprender ya no está ligado solo a la generación de riqueza material sino a todo lo que genere algún valor agregado en el campo que fuere".

Los temas expuestos en el Congreso estuvieron vinculados con: los avances realizados por docentes y gestores en carreras de Ingeniería para garantizar el logro de los objetivos del Plan Estratégico para la Formación de Ingenieros, entre las que se destacan el *mejoramiento de la enseñanza en carreras de ingeniería* y la *gestión curricular*; la necesaria interacción entre *Universidad-Industria-Estado*, en un entorno cada vez más complejo y dinámico en que la innovación se presenta como la mejor ventaja competitiva, pero gran parte de ella no puede obtenerse individualmente sino que depende de la capacidad de colaboración entre las organizaciones involucradas; la *responsabilidad de los ingenieros en la sostenibilidad*; se expusieron contribuciones originales que aportan al desarrollo y optimización de las actividades de empresas y otras organizaciones, para que puedan ofrecer mejores productos y servicios, en un marco de *responsabilidad social y ambiental*. También estuvo presente la mirada de los Consejos, Colegios y Centros de Ingenieros, como así también de profesionales independientes, respecto a los *desafíos para el ejercicio profesional*, la discusiones sobre *obras de Ingeniería* consideradas relevantes para el desarrollo regional o nacional, ya sea

que estas se hayan llevado a cabo o que se trate de proyectos que se considera necesario incluir en las agendas de los Estados nacional, provinciales y/o municipales: Otro espacio de discusión fue el aporte de las Facultades de Ingeniería al Sistema de Desarrollo emprendedor, mediante la promoción de la cultura emprendedora y de innovación entre sus alumnos y graduados.

Los aportes a cada una de las temáticas abordadas permitirán al CONFEDI y a las Facultades de Ingeniería contar con una mirada global sobre los avances logrados en las diferentes regiones del país, en tanto que constituirá un excelente punto de partida para aportar propuestas de solución o mitigación a los problemas que afectan a la Humanidad y que estén estrechamente vinculados a la Ingeniería.

Mg. Ing. Liliana R. Cuenca Pletsch

Ing. José L. Basterra

Ing. Sergio Pagani

Resistencia, con más de 600 esculturas emplazadas en toda la ciudad, ha sido declarada *Capital Nacional de las Esculturas* (Ley 26.157 del Congreso de la Nación, Octubre de 2006), "*Capital MERCOSUR de las Esculturas*" (Parlamento del MERCOSUR/PM/SO/DECL.10/2010 El Comité de la Ciudad de Resistencia "*Capital Nacional de las Esculturas*", creado en 2010, tiene a su cargo la elaboración de los protocolos internacionales necesarios para que se incluya a esta Ciudad, en la lista de elegibles para la Declaración de "Patrimonio Cultural de la Humanidad", por parte de la UNESCO. http://www.fundacionurunday.org/proyectos_resistencia.php

Gestión de la Educación en Ingeniería (Enseñanza de la Ingeniería CAEDI)





III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ROBÓTICA: EXPERIENCIAS CON EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

Rosa María Weisz, Universidad Nacional de Entre Ríos, rweisz@bioingenieria.edu.ar

Emilce Noemí Preisz, Univ. Nacional de Entre Ríos, emilcepreis@bioingenieria.edu.ar

Gerardo Gabriel Gentiletti, Univ. Nacional de Entre Ríos, ggentiletti@bioingenieria.edu.ar

Resumen— Este trabajo presenta una experiencia de Aprendizaje Basado en Proyectos realizado en la cátedra de Robótica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. En el mismo, se reseñan algunos de los trabajos presentados en el marco del Trabajo Final Integrador de la cátedra, usando este abordaje metodológico, y se exponen los resultados obtenidos.

Palabras clave— *Robótica, Aprendizaje Basado en Proyectos, Educación.*

1. Introducción

El siguiente trabajo presenta algunas experiencias realizadas en la cátedra de Robótica, perteneciente a la carrera de Bioingeniería, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FI-UNER). Las mismas se realizaron en el marco del Trabajo Práctico Integrador de la asignatura.

Cabe destacar, que la Robótica es una rama de la ingeniería, multidisciplinaria por naturaleza. En este ámbito se integran conceptos y recursos de diferentes áreas, tales como matemática, electrónica, mecánica, informática y otras ciencias, para contribuir al diseño, construcción y control de robots. Como tal, las prácticas experimentales de la materia permiten afianzar, no sólo los contenidos propios de la asignatura, sino también los de otras materias afines.

Con el fin de propiciar que nuestros alumnos tengan la posibilidad de construir su propio conocimiento, es que dentro de la planificación de la asignatura exigimos que los alumnos realicen un Trabajo Final Integrador (TFI). El mismo está pensado desde la perspectiva del aprendizaje basado en proyectos y es un requisito para aprobar la parte práctica de la materia.

A continuación explicamos las características de los mismos, comentamos algunos de los proyectos presentados y analizamos los resultados obtenidos con esta modalidad de trabajo.

2. Materiales y Métodos

2.1. Presentación de la Asignatura

Robótica es una materia cuatrimestral optativa que se dicta en el sexto año de la carrera. Es correlativa de "Control de Procesos" y de "Equipamiento para Terapia y Rehabilitación". Tiene una carga horaria de 6 horas semanales: 3 de teoría y 3 de práctica y/o laboratorio.

Por medio de un convenio, se ofrece para alumnos de dos facultades: la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) – Regional Paraná y la FI-UNER.

Aborda los siguientes contenidos:

- Introducción.
- Descripción de los Elementos del Robot. Transformaciones Homogéneas.
- Modelo Cinemático Directo.
- Modelo Cinemático Inverso.
- Jacobiano.
- Modelo Dinámico.
- Robots Móviles.
- Generación de trayectorias.
- Controladores de Posición y Esfuerzo.
- Aplicaciones de la Robótica a la Medicina.

2.2. El Trabajo Final Integrador (TFI)

El TFI es uno de los requisitos para la aprobación de la materia.

El tema de este trabajo es libre y lo proponen los interesados (es un proyecto de "página en blanco"), pero debe ser aprobado por los docentes de la cátedra. Se desarrolla por grupos de hasta 4 personas y se dispone de cuatro semanas para el diseño y la implementación del mismo. Los docentes ayudan a dimensionar el TFI, pudiendo sugerir modificaciones y agregados a la iniciativa original, en caso que esta sea demasiado simple o recortes, en caso de esta sea demasiado ambiciosa.

La propuesta elegida debe tender a resolver un problema real y para ello los alumnos deben aplicar lo aprendido durante el cursado, debiendo decidir qué modelos y qué estrategias van a utilizar para resolver cada situación problemática particular. Por supuesto, como los TFI son libres, no todos necesitan aplicar todas las herramientas estudiadas para su implementación, pero se requiere que se haga uso de buena parte de ellas.

Está pensado y diseñado para poder llevarse a cabo en los horarios programados para las actividades de laboratorio de la asignatura y no implica un trabajo adicional para los alumnos. Se destinan las 4 últimas clases de práctica para llevarlo a cabo. En estas clases, no se dan nuevos trabajos prácticos ni laboratorios.

Los docentes de la cátedra están disponibles esas 4 semanas para atender las consultas de los alumnos y asesorarlos. También realizan recomendaciones para ayudarlos a delimitar su trabajo y a organizarse para poder cumplir con los plazos. Actúan como orientadores del aprendizaje y de los procesos, y dejan que los estudiantes adquieran autonomía y responsabilidad en su aprendizaje [1].

2.3 ¿Qué es el aprendizaje basado en proyectos (ABPr)?

El ABPr intenta desplazar la concepción de la enseñanza basada predominantemente en el profesor como único responsable de transferir conocimientos y los estudiantes meros receptores pasivos de los mismos, hacia la identificación del estudiante como centro y responsable de su propio aprendizaje [2]. El proyecto de aula busca aplicar los conocimientos adquiridos sobre un producto o proceso específico, donde el alumno tendrá que poner en práctica conceptos teóricos para resolver problemas reales [3].

Es una estrategia holística, ideal para trabajar las competencias transversales y profesionales [4]. Debe culminar con una presentación final para el resto del curso.

2.4. ¿Porqué trabajar con el aprendizaje basado en proyectos?

Porque pone al estudiante en una posición activa, en la que debe resolver problemas y tomar decisiones. Los obliga a investigar problemas complejos, desafiantes y no siempre bien acotados, que se parecen a los que tendrán que enfrentar en su vida profesional. Los ayuda a desarrollar su capacidad crítica, de revisión y de comunicación. Asimismo, les da la posibilidad de trabajar en grupos cooperativos, asumiendo roles y aprovechando sus talentos individuales.

Es decir, promueve el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes [5]. Recordemos que la metacognición de acuerdo con la definición clásica se refiere a dos dominios: conocimiento de los procesos cognitivos y regulación de los mismos [6]. El ABPr, forma parte del modelo de enseñanza centrado en el aprendizaje, en el que el conocimiento se entiende como construcción [7].

2.5. ¿Qué se puede usar para hacer el TFI?

Se pueden usar las herramientas de hardware y software utilizadas en clases:

- Simuladores: RoboWorks (básico), Marilou o V-Rep (avanzados), utilizados en las clases prácticas.
- El programa Matlab (para el procesamiento matemático) y su toolbox de Robótica (usados en los TPs anteriores).
- Dos Múltiplos N6 (robots móviles, pertenecientes a la cátedra).

Las herramientas de hardware y software que deseen.

2.6. ¿Cuáles son las etapas del Trabajo?

El proyecto consta de tres etapas.

Una etapa inicial, donde los alumnos deben presentar a la cátedra, por escrito, un plan de trabajo. El mismo debe contener: título del trabajo, integrantes del grupo, objetivos, materiales a utilizar (software y hardware) y una breve descripción del trabajo que se propone realizar. Aquí los participantes deben consignar: qué conceptos adquiridos en el cursado se van a integrar, qué conceptos nuevos se van a poner en juego y cómo se espera desarrollar el trabajo, junto con un cronograma de trabajo por semana.

Una etapa intermedia de seguimiento (segunda semana), en la que los estudiantes presentan, en forma oral, un informe de avance a los docentes de la cátedra. Esta presentación se hace para que los grupos puedan: evacuar dudas, reorganizarse con los tiempos y dimensionar la magnitud del trabajo faltante.

Finalmente, resta la etapa de presentación de los resultados.

2.7. ¿Cómo se aprueba el Trabajo?

En la última clase hay que realizar una pequeña exposición pública de unos 15 minutos, donde se sociabiliza la experiencia y se presenta el trabajo andando (robot real o simulado). Para la exposición se puede usar Power Point u otra TIC a elección. Este requisito no es

caprichoso, sino que tiene por finalidad contribuir a que el estudiante se "entrene" y mejore su habilidad para explicar y transmitir su trabajo.

Por otra parte, el alumno deberá presentar un informe de lo actuado en formato digital con las correspondientes conclusiones y propuestas de futuras mejoras (si corresponde). Esto se hace con el fin de que el educando, desarrolle la capacidad de comunicarse en forma escrita y elaborar un informe técnico.

Sabemos que la aptitud para comunicarse claramente, tanto en forma escrita como oral, es indispensable para un futuro Bioingeniero. Y creemos que este tipo de actividades favorecen el desarrollo de estas habilidades.

3. Resultados y Discusión

Los resultados de de esta experiencia, son los proyectos finales integradores realizados por nuestros alumnos. Los mismos, pueden encuadrarse en cuatro grandes tipos:

1. Uso, profundización y estudio de herramientas de software para Robótica.
2. Implementación de proyectos usando robots simulados.
3. Trabajos en Robótica móvil haciendo uso de los robots de la cátedra (Múltiplos N6).
4. Aplicaciones realizadas implementando robots propios.

Algunos ejemplos de cada uno de estos tipos de trabajo se enuncian a continuación.

3.1. Uso, profundización y estudio de herramientas de software para Robótica

- Uso de matlab para comparar la dinámica de un brazo robot que intenta seguir una trayectoria determinada, con y sin control PID (Proporcional Integral Derivativo) de sus juntas.
- Estudio de las mejoras implementadas en la nueva toolbox de robótica (versión de abril del 2014) y cómo se podrían aprovechar sus ventajas para replantear nuevos prácticos.
- Estudio de distintos software de simulación de aplicación en robótica. Ventajas y desventajas. Implementación de una fresadora automática en uno de ellos y control de la misma.

3.2. Implementación de proyectos usando robots simulados

- “Placer & Driller” con Control Híbrido: es una perforadora de plaquetas electrónicas “virtual”. El robot implementado se usaría para poder colocar y soldar los componentes deseados, según el diseño (CAD) cargado por el usuario. Utiliza un esquema de control híbrido (controla posición o esfuerzo, según corresponda).
- Neuronavegador: brazo robótico utilizado en neurocirugías, guiado por imágenes y diseñado para generar automáticamente trayectorias en el espacio cartesiano con precisión milimétrica.
- Manipulador de tubos de ensayo: similar a los utilizados en los laboratorios de análisis clínico. Puede generar automáticamente las trayectorias para colocar un tubo de ensayo solicitado en una posición determinada de destino o puede pasar todos los tubos (secuencialmente) de un carrousel al otro.

Estos robots simulados se ilustran en la Figura 1.

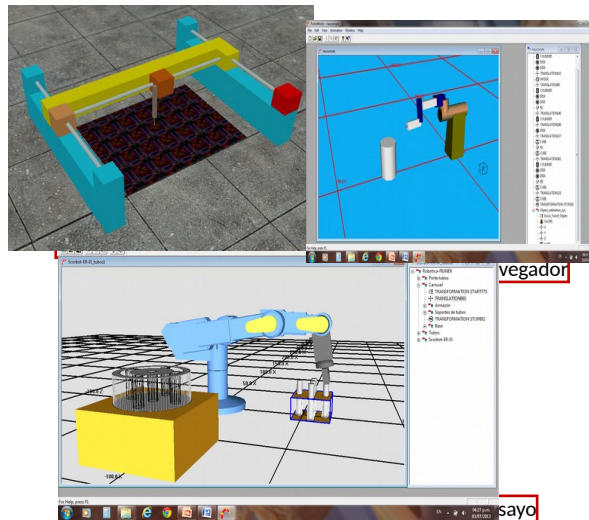


Figura 1. Proyectos usando robots simulados.
Fuente: elaboración propia

3.3. Trabajos en Robótica móvil: haciendo uso de los robots de la cátedra (Múltiplos N6)

- Resolución de laberintos: aquí se usaron un múltiplo y dos sensores de proximidad -uno infrarrojo y otro ultrasónico-, provistos por la cátedra. En primera instancia compararon la performance de los 2 tipos de sensores para realizar la tarea. Luego, plantearon e implementaron un algoritmo para la resolución de laberintos, usando un único sensor frontal. También sugirieron mejoras a implementar, en el caso de contar con más sensores.
- Encoders ópticos para control PID: como los múltiplos no cuentan con sensores de posición, este grupo propuso usar dos seguidores de línea que vienen con el N6, para armar encoders ópticos y poder calcular la posición de las ruedas. La misma se usó para realimentar un controlador PID (Figura 2).
- Control de robot móvil usando lógica difusa y realimentación visual: en esta ocasión se utilizó la cámara de un teléfono móvil para detectar un objeto rojo. El Robot, controlado con lógica difusa, debía acercarse a él y parar a cierta distancia.

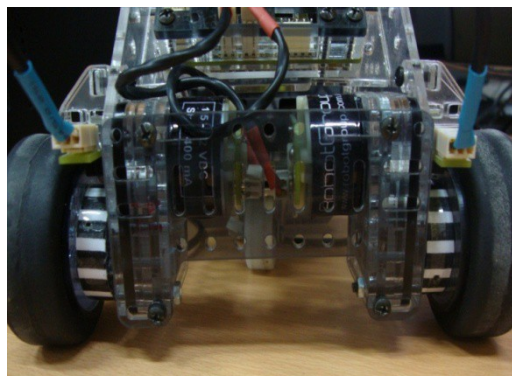


Figura 2. Encoders ópticos para control PID.
Fuente: elaboración propia

3.4. Aplicaciones realizadas implementando robots propios

Algunas de las aplicaciones realizadas implementando robots propios son:

- Ajedrez robótico: en este trabajo utilizaron una cámara web para detectar la posición de una pieza en un tablero de ajedrez y posteriormente, copiaban la posición en un ajedrez robótico (Figura 3).
- Brazos robóticos: a lo largo de las cursadas, han implementado distintos brazos robóticos, para realizar tareas tales como “Pick and Place” (Figura 3) o asistente quirúrgico.

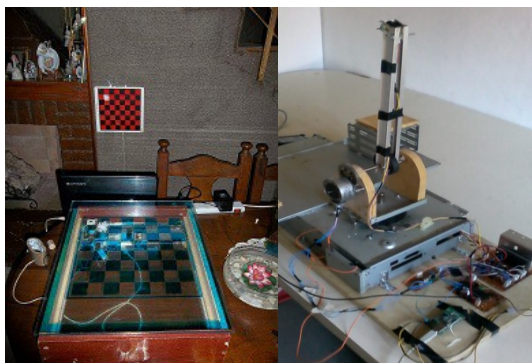


Figura 3. Robots propios.
Fuente: elaboración propia

3.5. Encuestas

Al finalizar el cursado, después de entregar las calificaciones finales, se realiza una encuesta de cátedra anónima.

Tabla 1. Encuesta y resultados.

		Si	Regular	No
A	El TPI me permitió integrar los conceptos estudiados durante el cursado de la materia:	95%	5%	0%
B	La propuesta de hacer un trabajo de este tipo me resultó motivadora:	100%	0%	0%
C	La posibilidad de elegir el tema a desarrollar es mejor a que me propongan una lista de temas para trabajar:	100%	0%	0%
D	El tiempo propuesto por la cátedra para el desarrollo del trabajo es suficiente:	73%	27%	0%
E	Prefiero que se proponga hacer TPs de los últimos temas de teoría (Control) en vez de hacer un TP integrador:	0%	9%	91%
F	Comentarios y sugerencias:			

Fuente: elaboración propia

Esta encuesta tiene por un lado, 5 preguntas con respuestas cerradas (sí, regular, no) y por otro, una pregunta abierta: comentarios y sugerencias. La Tabla 1, muestra la encuesta realizada y los resultados arrojados por la misma en los últimos 3 años (5 cursadas), a la que respondieron unos 70 alumnos.

Reproducimos además, a modo ilustrativo, algunas de las respuestas consignadas en el ítem F (comentarios y sugerencias):

- “... Me parece genial también que el práctico integrador sea a imaginación y destreza de los estudiantes y sin tantos lineamientos. Eso lo hace dinámico y cómodo de realizar...”
- “Muy buen curso y útiles los conocimientos básicos aprendidos.”
- “Me gustó mucho el curso, pero hubiera querido poder trabajar con algún brazo robot.”
- “...Respecto de la última pregunta, valoro tanto los TPs como el práctico integrador. Por lo cual es difícil decidir.”
- “Me gustó mucho saber de la existencia de los programas para simular. Y aunque vimos bastante de Roboworks, me hubiera gustado ver un poco más de V-Rep.”

3.6. Discusión

De estas respuestas, notamos que los estudiantes se muestran muy entusiasmados con este tipo de metodología de trabajo. Aunque algunos desearían poder contar con un brazo robótico de la cátedra para usar en el TFI.

En cuanto al 9% que contestó regular en el punto E, aclaran que desearían poder hacer ambos TPs: los de control y el trabajo práctico integrador (cosa que de momento es imposible, dado que sería preciso incrementar la carga horaria de la asignatura).

4. Conclusiones y recomendaciones

Consideramos valioso el que los alumnos tengan la posibilidad no solo de aprender, sino de disfrutar y entusiasmarse con el aprendizaje (como lo indican los comentarios de las encuestas). Esta actitud es la que fomenta en ellos el deseo de involucrarse en la construcción del saber y entrenarse en el “saber-hacer”, necesario para su futuro desempeño profesional.

Por otro lado, como ya se mencionó anteriormente, la resolución de este tipo de problemas, implica la articulación y recuperación de contenidos, teóricos y prácticos, estudiados en otras asignaturas de la carrera y estimula de este modo la integración de los mismos (contraponiéndose a la “compartimentalización” de los conocimientos).

Hemos notado, que este tipo de experiencias contribuye a generar seguridad en nuestros alumnos. Creemos que esto se debe a que ellos ven que son capaces de plantearse un proyecto, planificar su ejecución y llevarlo a la práctica exitosamente (en un tiempo acotado). Además, la instancia de presentación y defensa oral les permite exponerlo y defenderlo ante los docentes y sus pares, que aprendemos de su experiencia.

Los últimos años, les permitimos invitar a otros alumnos de la carrera, ya que nos plantearon que los trabajos realizados son de interés para sus compañeros.

Finalmente, en el primer cuatrimestre de 2016, modificamos los primeros trabajos prácticos de la asignatura. De modo que desde el inicio de la misma, comiencen a aprender el software de simulación: V-Rep, que es más interesante y más completo (dado que es multiplataforma, es

compatible con varios lenguajes de programación, tiene un motor de física, otro de colisiones, simulador de cámaras, etc. y es libre para uso educativo).

Como recomendación para los colegas que decidan transitar por este camino, les recalamos que es muy importante que en la etapa inicial del mismo, los estudiantes elaboren su plan de trabajo. Esto les servirá para cuantificar la magnitud del mismo y para subdividirlo en etapas, a modo orientativo. De esta manera, serán capaces de evaluar su grado de avance posterior y de reprogramar sus actividades. Una instancia de encuentro presencial obligatoria con los docentes, aproximadamente en la mitad del práctico, resulta de suma utilidad para evacuar dudas y ayudar a los alumnos a reorganizarse con sus tiempos, de ser necesario.

Este tipo de metodología de trabajo, plantea un desafío, no sólo para los estudiantes, sino también para los docentes que participamos de la misma. Ya que nuestros alumnos requieren nuestra tutoría y asesoramiento sobre tópicos que no siempre dominamos a la perfección. Pero esto nos obliga a actualizarnos y mejorar, y nos mantiene intelectualmente inquietos. Después de todo, como dijo John Dewey: "Si enseñamos a los estudiantes de hoy como enseñamos ayer, les estamos robando el mañana".

5. Referencias

- [1] JOHARI, A.; BRADSHAW, A.C. (2008). Project-based learning in an internship program: A qualitative study of related roles and their motivational attributes. *Educational Technology Research and Development*. Springer, v.56, p.329-359.
- [2] BARRELL, J. (1999). *El aprendizaje basado en problemas. Un enfoque investigativo*. Manantial, Buenos Aires.
- [3] RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; VARGAS-SOLANO, E.M.; LUNACORTÉS, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y educadores*, Colombia, v.13, n.1, p.13-25.
- [4] GONZÁLEZ GONZÁLEZ, C.S. (2015). Estrategias para trabajar la creatividad en la Educación Superior: pensamiento de diseño, aprendizaje basado en juegos y en proyectos. *Revista de Educación a Distancia*, Murcia, n.40, p.7-22.
- [5] DOWNING, K.; KWONG, T.; CHAN, S.W.; LAM, T.F.; DOWNING, W.K. (2009). Problem-based learning and the development of metacognition. *Higher Education*. Springer, v.57, n.5, p.609-621.
- [6] SANZ DE ACEDO LIZARRAGA M.L.; SANZ DE ACEDO BAQUEDANO M.T. (2013) How creative potential is related to metacognition. *European Journal of Education and Psychology*, v.6, n.2, p. 69-81.
- [7] GARGALLO, B.; GARFELLA, P.; SAHUQUILLO, P.; VERDE, I.; JIMÉNEZ, M.A. (2015). Métodos centrados en el aprendizaje, estrategias y enfoques de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Revista de Educación*. Ministerio de Educación, España, n.370, p.229-254.

PROYECTOS EN PROCESOS DE ARTICULACIÓN UNIVERSIDAD-ESCUELA MEDIA

José Ignacio Vargas Larrea, Marcelo Fernández Busse, Flavio Atilio Ferrari, María Cristina Cordero, UIDET UNITEC, corderomc@gmail.comI
Ricardo Ismael Tucceri, INIFTA y UIDET UNITEC

Resumen— La UIDET UNITEC de la FIUNLP ha firmado un acuerdo con la Escuela de Educación Técnica N°6 Albert Thomas de La Plata, con el fin que algunos de los alumnos que cursan el 7° año de la Tecnicatura en Electrónica realicen sus Prácticas Profesionalizantes, que a partir de 2016 serán obligatorias para la obtención del título.

Estas prácticas son de fundamental importancia para los procesos de articulación entre la Universidad y la Enseñanza Técnica Secundaria, donde se desarrollan estrategias cooperativas de trabajo entre Universidad y Escuelas de nivel medio como forma de futura inserción laboral y apoyo a los últimos años de estudios secundarios como bisagra para el ingreso y captación de alumnos para realizar estudios universitarios.

La consolidación del proceso de articulación concurre a generar un mecanismo que orienta a restituir la equidad social, amplía los horizontes del sistema educativo sentando los fundamentos para una educación a lo largo de toda la vida y otorga consistencia a los derechos del ciudadano en consonancia con una sociedad democrática e inclusiva.

Los proyectos se realizaron en el Laboratorio de Asistencia técnica a Establecimientos de Educación Especial, el Laboratorio de Desarrollo de Hardware y Software con orientación al uso de TICs y en el Espacio de Desarrollos Tecnológicos, en la UIDET CeTAD Y GridCom, en el marco de proyectos de extensión universitaria.

Palabras clave— *Articulación Escuela Media-Universidad, Competencias, Prácticas Profesionalizantes*

1. Introducción

La *articulación* en todos los niveles educativos y modalidades, superando los compartimientos estancos, es uno de los temas centrales para que el sistema educativo mejore sustancialmente su calidad, en un marco de diversidad y equidad [1].

Dice Aguerro[1]: “La articulación es una *cuestión de gestión institucional* que requiere un debate y análisis reflexivo desde una *perspectiva profesional* de los docentes, fundamentada en saberes expertos, estrategias, compromisos y disposición positiva para concretarla, además de políticas educativas y sociales adecuadas”.

La consecuencia lógica de la articulación entre niveles es la continuidad educativa, de modo que se genera una secuencia lógica de adquisición de saberes, contenidos conceptuales,

procedimientos y técnicas de estudio. Y también una continuidad en las competencias transversales, de la transición en las estrategias metodológicas; la graduación en las exigencias de trabajo y evaluación de los alumnos.

Respecto de la *articulación nivel medio y universitario* existen dificultades en la comprensión y producción de textos, dificultades en la resolución de problemas lógicos y matemáticos, falta de información sobre la oferta académica de las universidades y obstáculos relacionados con los procesos de orientación educacional y vocacional.

Se ha propuesto como alternativa para superar los problemas mencionados la generación de espacios de reflexión y encuentro profesores del nivel medio y universitario, para elaborar un *proyecto de articulación concertado*: identificar los problemas de los alumnos, diseñar materiales y estrategias pedagógicas, desarrollar programas de capacitación, difundir las ofertas universitarias.

Una forma de atacar el problema vocacional es tratar de promover el desarrollo de aptitudes científicas y tecnológicas, y para llevarla a cabo se debe contar con los espacios y las actividades que lo permitan.

En concordancia con lo anterior, el Ministerio de Educación de la República Argentina ha promovido desde el año 2012 el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016. Este asume entre sus objetivos principales aumentar la cantidad de graduados en carreras de Ingeniería. En este programa se proponen un conjunto de líneas de acción a seguir y se destaca “la generación de vocaciones tempranas”

Acompañando estas concepciones desde la UIDET UNITEC se generó un proyecto con el objetivo de despertar el interés por la ciencia y la tecnología en alumnos del último año de escuelas técnicas. En el mismo se trata de aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones reales, solucionando problemas vinculados con algunas necesidades de la sociedad, haciendo partícipe al alumno de su propio proceso de aprendizaje y aplicándolo a casos concretos. Al mismo tiempo, el alumno cumple con las horas correspondientes a las Prácticas profesionalizantes exigidas por la currícula para acceder al título de Técnico en Electrónica.

2. Las Prácticas Profesionalizantes

Fueron establecidas por la Ley de Educación Técnico Profesional N° 26058 y por tanto, son obligatorias para todos los alumnos que cursen la Escuela Técnica, es decir, que para poder recibir el título técnico, los alumnos deberán acreditar un mínimo de 200 horas de Prácticas Profesionalizantes (PP) que podrán cumplir a través de distintos tipos de actividades que organizará cada escuela.

La Resolución 112/13 de la Dirección General de Escuelas establece las pautas generales para su realización en la Provincia y en los Anexos se presenta el modelo de acta acuerdo.

Existe un Registro único de PP que es una base de datos registral que elabora el Consejo Provincial de Educación y Trabajo (COPRET) donde quedan asentadas todas las PP que se realicen en la Provincia de Buenos Aires. El Director de la escuela técnica tiene la obligación de elevar las planillas con la información de las PP que se hagan en su institución.

Los Directores de Escuelas pueden firmar Actas Acuerdo (Anexo 2 de la Res. 112) con las empresas o instituciones para la realización de PP. Estas actas acuerdo dan marco a la vinculación de modo general, por lo tanto pueden firmarse en un principio, antes de definir el plan exacto de la práctica. Escuela y Empresa elaboran conjuntamente el Plan de Práctica Profesionalizantes, que incluye todas las tareas que realizarán los alumnos en la misma. Éste

debe ser aprobado por la supervisión y elevado a la Dirección de Educación Técnica de la Provincia de Buenos Aires.

Entre la UIDET UNITEC (Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación en el uso de TIC) de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata y la Escuela Técnica N° 6 Albert Thomas de La Plata, se han firmado los acuerdos de colaboración correspondientes para la realización de Prácticas Profesionalizantes para la Tecnicatura en Electrónica.

3.2 Actividades que acreditan como PP

La actividad más conocida para la realización de las PP propuestas por las autoridades educativas son las pasantías, en empresas, organismos estatales o privados u ONGs. También se considerarán dentro de las PP los proyectos productivos articulados entre la escuela y otras instituciones o entidades, Proyectos productivos institucionales orientados a satisfacer demandas específicas de determinada producción de bienes o servicios, o destinados a satisfacer necesidades de la propia institución escolar, emprendimientos a cargo de los alumnos, actividades o proyectos para responder a necesidades o problemáticas de la comunidad.

Lo fundamental en todos los casos es que cualquier actividad que se elija debe cumplir con el objetivo principal de las PP: poner en práctica saberes profesionales sobre procesos productivos de bienes y servicios, relacionados con el futuro entorno de trabajo del estudiante. Es decir, deben estar relacionadas con la especialidad que el alumno estudia en la escuela y vincularlo con el tipo de trabajo que realizará cuando egrese.

Los alumnos podrán realizar todas las actividades que se hayan acordado con la escuela en el Plan de Prácticas y, por ende, que se correspondan al perfil profesional de egreso de la especialidad que cursa el alumno.

Los alumnos están cubiertos con el seguro escolar (Póliza Nro. 60.830 de la aseguradora Provincia Seguros). Esta incluye el itínere y todas las actividades que realice el alumno en la empresa, siempre que éstas estén incorporadas en el Plan de Prácticas.

3.2 PP en UNITEC

UNITEC puede ser considerado un laboratorio de ciencia solidaria, donde profesionales y futuros ingenieros de la UNLP decidieron disminuir la brecha hacia una sociedad más inclusiva y equitativa, desarrollando un espacio para brindar soluciones a bajo costo y de forma personalizada a personas con discapacidad.

Los prototipos desarrollados brindan soluciones efectivas para las personas con discapacidad, en especial, motrices y mentales, respondiendo a sus necesidades específicas y particulares, llevándolas a cabo en el menor tiempo posible. Con esta impronta se estableció UNITEC EDETEC, un proyecto de extensión de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata diseñado para ayudar y capacitar a través de ayudas técnicas para la discapacidad.

Estos proyectos partieron de la asistencia tecnológica para luego transformarse en un más amplio proyecto creativo, pedagógico y solidario que se sustenta en la integralidad científica, dada por la suma de la investigación, la extensión universitaria y la docencia.

El primer proyecto nació en 2008, cuando las maestras de la Escuela Especial n° 535 de La Plata solicitaron a profesionales de UNITEC la reparación de unas computadoras que, hasta entonces, no habían podido utilizar. Luego de su reacondicionamiento, el equipo de trabajo se dio cuenta de que había logrado algo más que un simple servicio técnico: se había realizado un trabajo solidario para la comunidad educativa y como consecuencia de ello se había logrado

que una alumna con inmensas dificultades por su retraso madurativo lograra escribir su nombre por primera vez.

A partir de esta experiencia, el grupo de alumnos y docentes de UNITEC fue generando distintos proyectos que buscan resolver problemáticas específicas de las diferentes manifestaciones de la discapacidad, a corto plazo y a bajo costo.

Así se forjaron los primeros lazos entre UNITEC y la Escuela Técnica Albert Thomas de La Plata, con la que se realizó un convenio de prácticas profesionalizantes para sus alumnos que, mientras aprenden a reparar, armar y reacondicionar PCs, tengan un primer contacto con el ámbito universitario y profesional, dando origen a UNITEC LATE Laboratorio de Asistencia Técnica a Escuelas de Educación Especial.

Pero el arreglo de computadoras fue tan solo el puntapié inicial. Una vez que las maestras observaron los resultados y se capacitaron para utilizarlas, comenzaron a demandar hardware y software más específico para acercar la tecnología a los alumnos que padecían diversas dificultades. Algunos de estos pedidos eran de fácil solución y, otros, ni siquiera se encontraban en el mercado.

De ahí que, por ejemplo, se desarrollaron diversas variantes de mouse de computadora para que personas con escasa movilidad lo pudieran manipular, o juguetes adaptados para enseñar la noción de “acción/reacción” o causa/efecto, entre otros elementos que debían cumplir con requisitos como la autoportabilidad, el bajo costo, la eficacia y, sobretodo, la urgencia, siempre teniendo en cuenta que la producción de hardware y software especializado para inclusión es, en cierta medida, incompatible con la manufactura en serie: Ante la misma discapacidad las personas se manejan de forma diferente. Las discapacidades son infinitas, y las necesidades, muy personalizadas.

3.2 Distribución de PP en los distintos espacios de UNITEC

Las actividades de las PP se realizan en diferentes espacios de la UIDET UNITEC y de unidades asociadas por acuerdos entre las mismas. Los alumnos pueden realizar sus PP en uno solo de estos espacios o ir rotando por los mismos con la única condición de cumplimentar las 200 horas exigidas.

Las PP se realizan en:

1. Espacios de la UIDET UNITEC donde se desarrollan las prácticas:
 - UNITEC LATE: Laboratorio de Asistencia técnica a Establecimientos de Educación Especial
 - UNITEC LabTIC: Laboratorio de desarrollo de Hardware y Software con orientación al uso de TICs
 - UNITEC EDETEC: Espacio de Desarrollos Tecnológicos
2. UIDET CeTAD por acuerdo con UNITEC
3. UIDET GriDCom por acuerdo con UNITEC

Las tareas realizadas en UNITEC LATE fueron las siguientes:

- Armado de PC: revisión y puesta a punto de computadoras donadas tanto en Hardware como en Software (instalación de Sistema Operativo).
- Revisión y reparación de partes de computadora: lectoras de CD, fuentes de alimentación, Memorias (prueba y clasificación), disqueteras, Discos rígidos.

- Estudio y búsqueda de drivers sobre distintas placas madres de PC (mothers)
- Armado de informes mensuales de tareas realizadas e informe trimestral final

Cursos realizados:

- Curso de nivelación sobre reparación de PC. Duración: 10 hs en aulas de la escuela y UNLP
- Capacitación en uso de programas de verificación de Hardware realizada por los supervisores (alumnos de Ingeniería de los últimos años) en el Laboratorio.

Las tareas realizadas en UNITEC EDETEC fueron las siguientes:

- Tareas de estudio, desarrollo y armado de una fresadora:
Dispositivo pensado para la realización de circuitos impresos (PCB) de armado simple, replicable y de un costo bajo. La fresadora está compuesta por una base por la cual un cabezal se desplaza en los ejes x, y (para el desplazamiento) y z (para decir cuándo y cuando no apoyar la punta del cabezal) mediante motores paso a paso comandados por los datos que interpreta el Arduino UNO del ordenador. Se basa en cuatro pilares principales que componen el proyecto, que son, la parte mecánica (motores paso a paso), diseño y cálculo del paso de cada motor; la parte electrónica (comunicación de los motores con el Arduino uno, diseño de fuente de alimentación regulada); la parte de programación (interpretación de los datos que envía el ordenador mediante el puerto serie o USB al Arduino uno) y los cálculos necesarios que deba realizar el Arduino para comandar los motores.
- Acondicionamiento y adaptación de distintos juguetes a través de Switchs para ser utilizados por personas con capacidades diferentes. Las tareas se realizaron tanto sobre juguetes acercados por maestras de distintas escuelas especiales, como sobre otros ya existentes en el Laboratorio a modo de prototipo.
- Adaptación de 12 Mouses con conexión a Switch para ser utilizados en el curso de capacitación a maestras por acuerdo CFAP- UNITEC.
- Estudio de distintos tipo de Switch para adaptar.
- Estudio de las plataformas de trabajo de ARDUINO UNO y Software de control del mismo. Motores Paso a Paso (PaP).
- Estudio de distintos tipo de varillas roscadas.
- Estudio de hoja de datos de regulador de voltaje LM350.

Cursos realizados:

- Curso de nivelación sobre reparación de PC. Duración: 10 hs en aulas de la UNLP

Las tareas realizadas en UNITEC LABTIC fueron las siguientes:

- En este Laboratorio se Instala Software (aplicaciones) para ser utilizados por personas con capacidades diferentes conforme la patología y la edad. También se hacen desarrollos prototípicos de alguno de ellos. Se cargan en las PC que entrega UNITEC LATE, las que también se verifican en el correcto funcionamiento tanto del SO como del Software instalado.
- Se trabajó sobre el Software “Virtual Magnifyng Glass” y “NVDA” en los equipos con Windows XP donde no funcionaba, dejándolos operativo.
- Se trabajó con distintos programas como Bitessense Instalmaker, Toca La Pantalla, Clic 3, EmuClic 1.6, armando los instaladores desatendidos .msi
- Se trabajó en la mejoras de los escritorios de las PC bajo Windows 98 – XP y Seven.

Alumno Fausto Celave, caso especial de alumno diagnosticado con Trastorno del Espectro Autista que colaboró para la realización de su PP y continuó haciéndolo después de obtener la Tecnicatura:

- Trabajó en la instalación de los distintos Software especiales en los equipos PC provenientes del LATE como: Clic 3, Click-N-Type, Descubrir, etc... También en el estudio del programa “Preparados-listo-Switch” para personas con dificultades en la escritura en PC.

Cursos realizados:

Curso de nivelación sobre reparación de PC. Duración: 10 hs en aulas de la UNLP

- Estudio y análisis de distintos Software y herramientas de instalación en PC. Prueba de los mismos.

Tareas en todos los Laboratorios

- Desguace de Impresoras en desuso por mal funcionamiento u obsolescencia para la reutilización de partes útiles (ejes, motores PaP, electrónica, etc)
- Se procedió a armar computadoras desde cero con sus distintos componentes para su reconocimiento.

Las tareas en la UIDET CeTAD consistieron en el reacondicionamiento de dispositivos electrónicos didácticos de Cátedras, reparación de fuentes, organización de material electrónico, verificación de funcionamiento de diferentes dispositivos y entrenamiento en el manejo de instrumentación de medición: voltímetros, multímetros, osciloscopio, generadores de onda, etc.

Las tareas en la UIDET GridCom consistieron en trabajos en la sala Limpia para desarrollo de equipamiento satelital, organización y clasificación de componentes de alta calidad y especificación espacial, soldado en sala limpia, etc.

3. Resultados y Discusión

En un todo de acuerdo con los conceptos de enseñanza por competencias se organiza el proyecto de articulación realizado en la UIDET UNITEC. En el mismo se trata que el alumno secundario adquiera conocimientos, se apropie de los mismos en la realización de una tarea concreta cuyo resultado se convierta en un objeto de repercusión social. De esta forma cumple con los tres aspectos: saber, saber hacer y saber ser que forman la educación por competencias.

Tal como se menciona en el trabajo de A. Tironi y otros, las competencias o características personales deseables para desarrollar una actividad laboral son:

- Competencias culturales
- Buena comunicación
- Independencia de criterio
- Facilidad de relacionarse con los demás
- Actitud reflexiva y conciente
- Comprensión de la función empresaria
- Entusiasta, proactivo
- Rapidez intelectual
- Experiencia en becas o pasantías
- Conciencia social solidaria
- Firme educación general básica
- Pensamiento crítico
- Cualidades de líder y de mediador

- Conocimientos de computación
- Interés por su perfeccionamiento
- Apariencia responsable y madura

La articulación entre la Universidad y la Enseñanza Media a través de la realización de una práctica conjunta genera nuevas expectativas en los futuros ingresantes al ponerlos tempranamente en relación con los requerimientos del nivel superior y el modo de trabajo universitario. De esta forma, ayuda a los estudiantes a definir los campos de interés sobre los cuales elegirán su futura carrera universitaria. Bajo estas consideraciones la UIDET UNITEC propicia un espacio articulador entre Escuela Media – Universidad por medio del diseño y ejecución de sistemas sustentados en la electrónica y la informática que permitan la inclusión social de personas con discapacidad.

La Tabla I brinda información de cómo ha aumentado el número de alumnos secundarios que participan de esta experiencia. La participación es voluntaria, dado que se pueden cumplimentar las horas de la práctica profesionalizante en otras organizaciones o empresas elegidas por el propio establecimiento escolar.

Tabla I. Cantidad de alumnos secundarios en UNITEC

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Alumnos secundarios	2	6	8	8	8	16	21

Desde que se está llevando a cabo este proyecto nueve alumnos han ingresado a carreras de Ingeniería, tanto en la Universidad Nacional de La Plata como en la Universidad Tecnológica Nacional, dos alumnos han ingresado en Informática y otros dos alumnos que obtuvieron el título de Técnico en Electrónica se encuentran desarrollando actividad profesional en empresas de la zona. Algunos otros han ingresado a carreras universitarias pero no del tipo científico-tecnológicas.



Figura 1. Alumnos realizando sus PP

4. Conclusiones

En el esquema de la sociedad del conocimiento y de la información, en el que las demandas a los profesionales se vinculan estrechamente con las competencias desarrolladas en los distintos niveles de formación, se hace necesario repensar las estrategias de enseñanza y de aprendizaje para que esta adquisición de competencias sea real y la articulación en la enseñanza sea una realidad que permita facilitar la inclusión laboral en todos los niveles.

Durante años los docentes han observado que los alumnos antes de entrar al mercado laboral no están totalmente conscientes de las habilidades y competencias que han desarrollado, y

tampoco saben cómo aplicarlas en el desempeño cotidiano del trabajo. Debido a esta realidad UNITEC ha basado las tareas de enseñanza-aprendizaje en las competencias, para tratar de que los egresados ingresen sin dificultades al mundo laboral.

Tal como se indica en el trabajo de Y. Argudín Vázquez, Educación basada en competencias, las competencias, igual que las actitudes, no son potencialidades a desarrollar porque no son dadas por herencia ni se originan de manera congénita, sino que forman parte de la construcción persistente de cada persona, de su proyecto de vida, de lo que quiere realizar o edificar y de los compromisos que derivan del proyecto que va a realizar. La construcción de competencias debe relacionarse con una comunidad específica, es decir, desde los otros y con los otros (entorno social), respondiendo a las necesidades de los demás y de acuerdo con las metas, requerimientos y expectativas cambiantes de una sociedad abierta. En el caso de UNITEC, esta relación se da con una comunidad poco atendida hasta estos días, como es el caso de las personas con discapacidad y las necesidades que se derivan de ellas.

El proceso de enseñanza-aprendizaje basado en competencias implica la creación y aplicación de métodos que permitan una nueva forma de relación docente-alumno, para que el estudiante asuma el protagonismo de las actividades que realiza en forma proactiva para llegar a ser el profesional competente que ansía la sociedad. En el caso de los alumnos secundarios que acceden a las PP en UNITEC se comprueba al final de cada año la construcción personal de las mencionadas competencias: trabajo en equipo, mejora en la comunicación verbal y escrita, desarrollo de aptitudes como la proactividad, la toma de decisiones, etc.

5. Referencias

- [1] AGUERRONDO, I. (2009) Niveles o ciclos. El reto de la articulación. IIPE/UNESCO Sede Buenos Aires. *Revista Internacional Magisterio*, N° 38 – Bogotá, Colombia
- [2] DÍAZ BARRIGA A. (2006). El enfoque de competencias en la educación. *Perfiles Educativos*, vol. XXVIII, núm. 111, 7-36
- [3] Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. (1998). La educación superior en el siglo XXI: Visión y acción, http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
- [4] ARGUDÍN VÁZQUEZ, Y (2001). Educación basada en competencias. *Revista de Educación*. Nueva Época N°16, 2001

FORMACIÓN PROFESIONAL: PRÁCTICAS PROFESIONALES SUPERVISADAS EN EL MARCO DE PROYECTOS DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

José Ignacio Gialonardo, Flavio Atilio Ferrari, UIDET UNITEC FIUNLP
Enrique Daniel Sanmarco, UIDET IAME FIUNLP

Mónica González, María Cristina Cordero, UIDET UNITEC FIUNLP

unitec@ing.unlp.edu.ar / uniteconline@gmail.com

Resumen— Se describen las experiencias y resultados en la formación de ingenieros implementadas a través de la realización de Prácticas Profesionales Supervisadas en el marco de Proyectos de Extensión Universitaria cuyo objetivo es posibilitar desarrollos de tecnologías adaptativas que permitan mejorar e incrementar la autonomía y calidad de vida de las personas con necesidades especiales. El trabajo presenta los resultados obtenidos en cuanto a las competencias y habilidades adquiridas, compromiso asumido, aportes innovadores y metodología empleada.

Se promueve de este modo la incorporación de la práctica de extensión en el currículum universitario para contribuir a la formación de graduados creativos, innovadores, emprendedores, y competentes con alto sentido de la solidaridad y compromiso social. Las mencionadas PPS, 4 de Ingeniería en Computación, 1 de Ingeniería Electrónica y 1 de Ingeniería Industrial, con una carga horaria de 200 horas, se llevaron a cabo durante el año 2015, en la UIDET UNITEC y en el marco de los Proyectos de Extensión: UNITEC LATE (Laboratorio de Asistencia Técnica a Establecimientos de Educación Especial) y EDETEC (Espacio de Desarrollos tecnológicos para la accesibilidad e inclusión), acreditados y subsidiados por la Universidad Nacional de La Plata.

Palabras clave— *Prácticas Profesionales Supervisadas, Competencias, Extensión Universitaria.*

1. Introducción

Al girar en torno a las nuevas tecnologías, la sociedad de la información promueve la aparición de nuevos sectores y necesidades laborales, la globalización de la cultura y la economía, la comunicación como eje rector y la necesidad de aprender como atributo competitivo por la velocidad en que las nuevas tecnologías se renuevan.

El profesional novel se enfrenta a los nuevos retos del mercado de la oferta y la demanda debiendo encarar temas que le exigen elegir, analizar y emplear la información, investigar y generar procesos y técnicas innovando los existentes. Esto evidencia la necesidad de un aprendizaje distinto y permanente. Habrá que seguir reflexionando sobre los conceptos básicos del planeamiento estratégico de las universidades y explorar las competencias que las instituciones de educación superior forzosamente requerirán para poder anticipar las exigencias a las que sus egresados se enfrentarán en los próximos tiempos.

En la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior para el Siglo XXI (1998) [1] se proclama que: “la educación superior debe reforzar sus funciones de servicio a la sociedad, y más concretamente sus actividades encaminadas a erradicar la pobreza, la intolerancia, la violencia, el analfabetismo, el hambre, el deterioro del medio ambiente y las enfermedades, principalmente mediante un planeamiento interdisciplinario y transdisciplinario para analizar los problemas y las cuestiones planteados”.

Bajo estos principios se fundó la UIDET UNITEC (Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación al uso de TIC) tratando de formar un grupo de trabajo que potenciara la articulación de saberes, agrupando profesionales de diferentes áreas temáticas: electrónica, sistemas, pedagogía, educación especial, psicología, comunicación, etc. Uno de estos objetivos es la promoción de actividades de Extensión e Investigación vinculadas con requerimientos de personas con distintos tipos de discapacidades a través del diseño y construcción de desarrollos tecnológicos de bajo costo, apoyados en la electrónica y la informática. A través de diferentes proyectos de extensión universitaria se trabaja en un área novedosa como emprendimiento universitario, dado que los desarrollos tecnológicos y la instrumentación en el campo de la discapacidad constituyen un espacio poco desarrollado en nuestro país.

1.1 La Extensión Universitaria y la Universidad Nacional de La Plata

En su discurso de inauguración de los cursos en la Universidad Nacional de La Plata, el 8 de abril de 1907, el Dr. Joaquín V. González [2] sienta las bases de la extensión universitaria, ya fijadas en 1905, al decir que “Las universidades no son solamente institutos de altas especulaciones ideales, ni sitios consagrados de conservación y progreso de las ciencias y las artes: son en primer término, focos de luz y de calor, donde germinan y toman formas prolíficas, los sentimientos de solidaridad social en que se funde el único patriotismo verdadero, aquel que no se diluye en palabras ni se pierde en movimientos o agitaciones estériles, sino que consiste en esa virtud de generar grandes inspiraciones del bien en cada ciudadano y en la colectividad ...”

En la página web de la Universidad Nacional de La Plata [3], y en su Estatuto, queda claramente expresado que la Extensión Universitaria es una de las funciones principales, definiéndola como la presencia e interacción académica mediante la cual, la Universidad aporta a la sociedad en forma crítica y creadora, los resultados y logros de su investigación y docencia, y por medio de la cual, al conocer la realidad nacional enriquece y redimensiona toda su actividad académica conjunta. Las actividades que permiten identificar los problemas y demandas de la sociedad y su medio, coordinar las correspondientes acciones de transferencia, reorientar y recrear actividades de docencia e investigación a partir de la interacción con ese contexto, constituyen la Extensión Universitaria.

La Extensión Universitaria no es una actividad unidireccional sino que debe producirse un "diálogo" permanente entre el que da (Universidad) y el que recibe (Sociedad y Medio), lo que significa que el sujeto que da, el que extiende, se enriquece en forma permanente.

Promueve estas actividades a través de la acreditación y subsidio de proyectos de Extensión anuales. UNITEC LATE, Producción de bienes y servicios para la inclusión educativa y desarrollo social en el Laboratorio de Asistencia Técnica a Establecimientos de Educación Especial y EDETEC, Espacio de Desarrollo de Rampas Tecnológicas para mejora de la accesibilidad e inclusión, son dos proyectos acreditados y subsidiados alternativamente y por diferentes períodos desde hace años, que tienen gran impacto dentro de la comunidad relacionada con la mejora de la calidad de vida y educación de personas con discapacidad.

También, la Facultad de Ingeniería de la UNLP desde el año 2015 presenta convocatorias a Proyectos de Extensión anuales para su acreditación, subsidiando un total de 10 proyectos para

las 12 Carreras de Ingeniería. El proyecto Laboratorio de Marcha de bajo costo con fines asistenciales ha sido acreditado y subsidiado en esta primera Convocatoria 2015.

1.2 El rol y los objetivos de las Prácticas Profesionales Supervisadas

El desarrollo de las Prácticas Profesionales Supervisadas tiene como objetivo acercar a los alumnos al ejercicio profesional en su real dimensión, permitiendo que los conocimientos aprehendidos en el transcurso de la carrera encuentren un correlato real con las prácticas en el campo laboral.

Se entiende por Práctica Profesional Supervisada a las tareas que deberán realizar los estudiantes de las distintas Carreras de la Facultad de Ingeniería de la UNLP “en los sectores productivos y/o de servicios, o bien en proyectos concretos desarrollados por la Institución para estos sectores o en cooperación con ellos” [4]. En la Facultad de Ingeniería de la UNLP se reglamenta a través de la Resolución **082/03** “Reglamento General de Prácticas Profesionales” que fuera modificada por Resolución 569/14 para incluir la posibilidad de su realización a través de tareas en Proyectos de Extensión [5].

Los alumnos de las carreras de Ingeniería deben cumplimentar un mínimo de 200 horas para completar las actividades correspondientes a estas prácticas.

La Universidad tiene como función fundamental la formación integral de sus educandos. Los profesionales competentes serán aquellos que demuestren capacidad en su desempeño y responsabilidad con la sociedad. La UNESCO [6] considera que habrá “competencia” cuando una persona disponga del conocimiento pertinente considerando como tal al conjunto del “saber, saber hacer, saber ser y saber aprender”.

Las competencias genéricas son importantes porque el mercado laboral requiere flexibilidad, iniciativa, decisión, proactividad y habilidad para emprender muchas tareas. Estas competencias no están tan claramente definidas como en el pasado y, generalmente, están más orientadas al servicio, por lo que las habilidades sociales y la producción de información son fundamentales.

Los profesionales necesitan demostrar su capacidad para el trabajo en equipo, para solucionar problemas, y para tratar con procesos no rutinarios. Deben también saber tomar decisiones, ser responsables y comunicarse eficazmente. Las habilidades en el amplio rango de competencias genéricas se han vuelto el principal requisito para el trabajador moderno [7].

Las empresas tratan de emplear y retener a los profesionales con estas habilidades; de modo que las universidades que ofrecen este tipo de planes de estudio y programas educativos basados en competencias le brindan a sus egresados una ventaja comparativa para el acceso al mercado laboral. Utilizar esta forma de enseñanza-aprendizaje en el desarrollo de las PPS constituye entonces un paso fundamental.

En aspectos generales, esta vinculación materializada a través de la PPS en un estudiante formado y lleno de expectativas, se enfrenta a lo real y realimenta la currícula, como un objetivo a cumplir también. De esta relación surgen nuevas áreas de interés, nuevos tópicos a abordar, nuevas experiencias de investigación y desarrollo, y elementos para la reformulación de las actividades prácticas de las carreras.

Muchos de los estudiantes han accedido a su primer puesto de trabajo a partir de la realización de las PPS en diferentes espacios laborales. Pero hay que remarcar que no siempre todos los sectores empresarios de la región están dispuestos a admitir en sus filas estudiantes noveles para cumplir este requisito de su formación como ingenieros. Es por ello que se han incluido

entre los posibles lugares de realización los centros e institutos de la universidad, y últimamente la realización de las PPS colaborando en Proyectos de Extensión acreditados.

Un elemento a mencionar son aquellas situaciones que se presentan en primera instancia como problemáticas y que se refieren a los momentos en que los estudiantes tienen que delimitar su trabajo de PPS. Aquí hay que considerar no sólo los aspectos relacionados con los intereses dispares de las organizaciones y la universidad, sino con aquellos que reflejan que estas actividades se desarrollan en un lapso de 200 horas y en forma individual.

Otro elemento es aquel que se refiere a las dificultades para la redacción de informes y por ende para la expresión en forma escrita y clara de los objetivos en relación a las incumbencias profesionales del título de ingeniero relacionadas con las actividades de la PPS.

Dentro de este marco y de acuerdo a Hirsch [8,9] los rasgos que caracterizan a los profesionales y que son de gran importancia a la hora de la inserción laboral, se pueden agrupar en cuatro grandes competencias:

- a) cognitivas y técnicas, donde se aglutinan rasgos concernientes a la adquisición de conocimientos tales como: la formación, preparación y competencia técnica; formación continua; innovación y superación.
- b) sociales, identificada por elementos como el compañerismo y las relaciones humanas; manejo de la comunicación y el saber trabajar en equipo.
- c) éticas: integrada por rasgos como responsabilidad, honestidad, ética profesional y personal, prestación de mejores servicios a la sociedad, respeto, principios morales y valores profesionales. Y por último,
- d) afectivo emocionales, tales como la identificación con la profesión y la capacidad emocional.

2. PPS dentro de los Proyectos de Extensión de UNITEC

2.1 Breve descripción de los proyectos

Las actividades que fueron desarrolladas por 4 alumnos de la Carrera de Ingeniería en Computación, 1 alumna de la Carrera de ingeniería Industrial y 1 alumno de la Carrera de Ingeniería Electrónica se inscribieron en alguno de los siguientes proyectos de extensión:

1) UNITEC LATE, *Producción de bienes y servicios para la inclusión educativa y desarrollo social en el Laboratorio de Asistencia Técnica a Establecimientos de Educación Especial*

UNITEC LATE es un proyecto multidisciplinario para la producción de dispositivos TIC para mejorar la calidad de vida y las NEE de personas con Discapacidad: Se logra mediante el reacondicionamiento y adaptación de PCs, obsoletas o en desuso, y periféricos para ser utilizados como elementos didácticos a requerimiento para resolver NEE que permitan la inclusión de niños y jóvenes con diferentes discapacidades para el desarrollo social de este sector de la comunidad. Es fundamental la adaptación de su uso a estas necesidades, produciendo y desarrollando hardware y software libre de forma de proporcionar un nuevo entorno de enseñanza-aprendizaje que facilite la comunicación, el acceso y procesamiento de la información, el desarrollo cognitivo y la autonomía, brindando también la posibilidad de realizar actividades laborales. UNITEC LATE ha sido acreditado sucesivamente desde 2008 y aún hoy es considerada un área de vacancia pues los requerimientos de los Establecimientos siguen siendo constantes en el tiempo con algunas variaciones. Por ejemplo, se han incorporado los Jardines de Infantes con educación inclusiva de niños con discapacidad. Se observa que no existe todavía ninguna institución nacional, provincial o municipal que proporcione estos dispositivos con los requerimientos que necesita y requiere la misma comunidad educativa. Se han firmado alrededor de 50 acuerdos de colaboración con las instituciones beneficiarias.

2) EDETEC, Espacio de Desarrollo de Rampas Tecnológicas para mejora de la accesibilidad e inclusión

El presente proyecto nació en 2013, de la inquietud de docentes de Educación Especial de la ciudad de La Plata y zonas aledañas que observaron la necesidad de contar con elementos didácticos y de ayuda técnica para las Necesidades Educativas Especiales (NEE) de sus alumnos con discapacidad, de modo de obtener dispositivos que facilitaran la comunicación con los alumnos con mayor grado de discapacidad en el habla y la motricidad. Actualmente se ha expandido a otras instituciones y también a particulares que solicitan adaptaciones. El uso temprano de estos dispositivos otorga mayores posibilidades de éxito para la inclusión en la comunidad de estos alumnos, niños y adolescentes con discapacidad, mejorando su calidad de vida, ya que para superar los obstáculos que se les presentan debido a su condición, necesitan herramientas innovadoras específicas para poder desenvolverse y lograr su inclusión en el medio.

Se sigue considerando un área de vacancia pues no existe ninguna institución nacional, provincial o municipal que proporcione estos dispositivos de bajo costo y replicables a la comunidad para mejora de la calidad de vida, apoyo terapéutico y soporte de la enseñanza-aprendizaje, a estos establecimientos de educación especial y demás que los requieran.

3) LABORATORIO DE MARCHA y Análisis del Movimiento de bajo costo para estudios diagnósticos y terapéuticos con fines sociales

A solicitud de APRILP (Asociación Pro Rehabilitación Infantil La Plata) se propone el desarrollo de un sistema de alta tecnología de bajo costo que permita registrar el movimiento, las fuerzas y la actividad muscular durante la marcha del paciente en forma tridimensional y sincronizada en el tiempo. El nivel de detalle y la calidad de la información provista, facilita el reconocimiento preciso de los principales problemas funcionales y su relación con la causa que los genera, información que es evaluada consensuando la interpretación de la disfunción. La adecuada interpretación diagnóstica sustenta la propuesta de tratamiento más efectiva para el paciente. La selección del tratamiento puede involucrar la planificación de programas de rehabilitación kinésica funcional, la planificación quirúrgica de alta precisión orientada al menor número de tiempos operatorios y de internaciones posibles, el diseño de programas de rehabilitación postoperatoria de gran efectividad, la decisión de un tratamiento farmacológico o la evaluación de equipamiento ortésico y de asistencia.

2.2 PPS para Ingeniería Industrial

El Plan de Trabajo presentado ante el Director de Carrera de Ingeniería Industrial de la FIUNLP para su factibilidad y evaluación se resume en los siguientes puntos:

- Análisis, revisión, verificación y mantenimiento del sistema de gestión de calidad del Laboratorio de Asistencia Técnica a establecimientos de Educación Especial (UNITEC LATE). Revisión de procedimientos y protocolos.
- Análisis de los distintos proyectos que se desarrollan en la organización
- Elaboración de un informe con los resultados obtenidos en cada uno de los proyectos. Incluir memorias técnicas de los desarrollos del proyecto EDETEC, circuitos asociados, hojas de datos, código fuente de software, etc.
- Informar no conformidades detectadas en proyectos y desarrollos de ayudas técnicas para la discapacidad.
- Control de la documentación referida a los distintos proyectos.
- Establecer plazos para el control de la documentación.
- Desarrollar informes de avance.
- Asistir a reuniones con los autores y supervisores de cada proyecto, obtener datos, discutir

protocolos, etc.

En la redacción del Plan de Trabajo a realizar se trabajó en conjunto con el alumno para determinar si las actividades se correspondían con las incumbencias profesionales de la Carrera.

Las incumbencias del Ingeniero Industrial, consideran que está capacitado para diseñar, realizar estudios de factibilidad, proyectar, dirigir, implementar, operar, evaluar, mejorar y administrar los sistemas productivos u operativos integrados por recursos humanos, materiales, económicos, de información y de equipos, de unidades productivas tales como las industrias, las organizaciones comerciales y de servicios, y las instituciones públicas y privadas.

La alumna comenzó la realización efectiva de la PPS habiendo aprobado un total de 40 materias de la Carrera de Ingeniería Industrial, restándole sólo el Proyecto Final de carrera.

La primera actividad realizada consistió en tomar contacto con los profesionales de UNITEC e interiorizarse en forma global de las diferentes actividades desarrolladas en cada área: Extensión, Desarrollos tecnológicos y Educación, y los proyectos en ejecución coordinados por ellas, para verificar el grado en que satisfacían los requerimientos de la norma de ISO 9001 bajo la cual fue redactado el Manual de la Calidad de la Unidad, ya que UNITEC había establecido un sistema de gestión en el año 2010. Un primer contacto le permitió realizar el diagnóstico, determinándose sólo realizar observaciones para que, en una posterior PPS se realizaran los cambios correspondientes para actualizar el sistema a la Norma ISO 9001: 2015, debido a que, en función de las necesidades del grupo, este único tema excedía las 200 horas de la PPS.

Se realizaron encuentros con supervisores para evaluar las actuales condiciones de trabajo y verificar si se correspondían con los protocolos y procedimientos, detectándose desviaciones menores a tener en cuenta al realizar los nuevos manuales. Entre las observaciones realizadas, se consideró que era necesaria una actualización del organigrama debido a los cambios producidos en el año 2013 a raíz de la readecuación de las Unidades a una nueva Ordenanza que regulaba su funcionamiento. También se encontraron desviaciones de algunos procedimientos operativos del UNITEC LATE en razón del aumento de la cantidad de alumnos secundarios que actualmente realizan otras prácticas profesionalizantes exigidas por leyes provinciales a las tecnicaturas secundarias, y se observó la necesidad de renovar otros en función de cambios producidos en la gestión.

Posteriormente se reunió con cada autor o responsable de dispositivos de ayuda técnica para la discapacidad y recabó información que fue volcando en un directorio específico para control de la documentación. Se almacenaron los resultados en un DVD y en la “nube”.

Esta información resulta invaluable para el ordenamiento y organización de las actividades de UNITEC, de modo de poder acceder fácilmente a toda la información de los prototipos desarrollados, que son de requerimiento permanente.

Al finalizar la PPS, la alumna entregó un informe de las actividades llevadas a cabo, junto con la evaluación del responsable de UNITEC que supervisó su PPS, al Director de Carrera, habiendo aprobado la misma en marzo de 2016, luego de una actividad que superó las 200 hs. de trabajo.

En la Figura 1 siguiente, se observa el Informe Final realizado por el Coordinador de UNITEC respecto de las competencias adquiridas por la alumna en la realización de su PPS.



Carrera Ingeniería Industrial

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA – Informe del Tutor de la Entidad

Alumno
Apellido y Nombres: PAZ, Juliana Nº de alumno: 62217/7
Evaluación – informe del tutor (evalúe del 0 al 10 las siguientes tareas, o no aplica las siguientes tareas) Comprendió el funcionamiento de la organización de la entidad? 10 Se adaptó a las atribuciones y responsabilidades de cada función? 10 Aprendió a manejar las relaciones humanas en los diferentes niveles jerárquicos? 10 Se adaptó a los métodos de trabajo utilizados? 9 Desarrolló habilidades para desempeñarse en tareas multidisciplinarias? 9 Asimiló las políticas de seguridad y calidad? 10 Planificación 9 Gestión N/A Identificación de problemas 9 Desarrollo de soluciones 8 Trabajo en equipo 10 Elaboración de informes 8 Supervisión N/A Aplicación de criterios 9 Manejo de idiomas 9 Respuesta a las indicaciones dispuestas por el Tutor de la Entidad 10 Respeto a las normas de concurrencia, actuación y conducta 10 Demostró capacidad para desarrollar sistemas/subsistemas/productos asociados con la actividad de un Ingeniero Industrial? 10 <u>Evaluación conceptual, sugerencias:</u> El alumno ha adquirido competencias en cuanto a adquisición de nuevos conocimientos y habilidades, ha sabido compenetrarse con el equipo de trabajo, se ha ubicado correctamente en el rol dentro de la organización, ha sido criterioso en la resolución de problemas y búsqueda de soluciones, ha aplicado lo aprendido en su Carrera, se ha comprometido con el objetivo de UNITEC en cuanto es una tarea netamente aplicada para un usuario con necesidades especiales ubicándose correctamente en el tema propuesto.
Firma Tutor de la Entidad
Tareas desarrolladas: • Análisis, revisión, verificación y mantenimiento del sistema de gestión de calidad del Laboratorio de Asistencia Técnica a establecimientos de Educación Especial (UNITEC LATE). Revisión de procedimientos y protocolos. Análisis de los distintos proyectos que se desarrollan en la organización Elaboración de un informe con los resultados obtenidos en cada uno de los proyectos. Incluir memorias técnicas de cada desarrollo, circuitos asociados, hojas de datos, código fuente de software, etc. Informar no conformidades detectadas en proyectos y desarrollos de ayudas técnicas para la discapacidad. Control de la documentación referida a los distintos proyectos. Establecer plazos para el control de la documentación. Desarrollar informes de avance. Asistir a reuniones con los autores y supervisores de cada proyecto, obtener datos, discutir protocolos, etc. Cantidad de horas cumplidas: 220 horas.
Firma Tutor de la Entidad

Figura 1. Informe del tutor de UNITEC

2.3 PPS para Ingeniería en Computación

Se llevaron a cabo 4 PPS de la carrera de Ingeniería en Computación dentro del Proyecto de Extensión EDETEC. Para su realización se verificaron algunas incumbencias a tener en cuenta: Realizar tareas de Investigación y Desarrollo en temas que vinculen la Electrónica con la Informática. Entender, planificar, desarrollar, dirigir y/o controlar la instalación y mantenimiento de sistemas electrónicos de procesamiento de datos/señales que requieran control por software. Supervisar la implantación de sistemas que integren hardware y software así como organizar y capacitar al personal afectado por dichos sistemas.

El Plan de Trabajo presentado ante el Director de Carrera de Ingeniería en Computación de la FIUNLP para su factibilidad y evaluación se resume en los siguientes puntos:

Plan Alumno 1 y 3:

Colaborar en el desarrollo de un Comunicador digital sobre plataforma Android (Alumno 1) y sobre plataforma JAVA (Alumno 3), basado en un dispositivo previo desarrollado en Labview, destinado al uso de personas con discapacidades severas imposibilitadas del habla. El alumno estará encargado específicamente del software de síntesis de voz. Se realizará en el marco del Proyecto de Extensión EDETEC (Espacio de desarrollo de rampas tecnológicas, para mejora de la accesibilidad en inclusión) de la UIDET UNITEC.

Las tareas previstas serán las siguientes:

- Desarrollo del software para el sintetizador de voz y voz en teclas de respuesta rápida basado en el intercomunicador realizado sobre la plataforma Labview
- Búsqueda bibliográfica y comparación con equipos comerciales actuales.
- Analizar mejoras que puedan desarrollarse sobre el software a desarrollar en Android.
- Desarrollar la aplicación en Android con la característica de que sea utilizable en múltiples dispositivos.
- Realizar informe documentando el trabajo realizado.

Concurrir a los Seminarios de Seguridad en el Trabajo e Introducción a los Sistemas de Calidad.

Plan Alumno 2 y 4:

Colaborar en el desarrollo de un Comunicador digital sobre plataforma Android (Alumno 2) y sobre plataforma JAVA (Alumno 4), basado en un dispositivo desarrollado en Labview, destinado al uso de personas con discapacidades severas imposibilitadas del habla. El alumno estará encargado específicamente del software de la interfaz gráfica. Se realizará en el marco del Proyecto de Extensión EDETEC (Espacio de desarrollo de rampas tecnológicas, para mejora de la accesibilidad en inclusión) de la UIDET UNITEC.

Las tareas previstas serán las siguientes:

- Analizar la funcionalidad del software Intercom-v1.3.
- Analizar la interfaz del software Intercom-v1.3.
- Determinar las funcionalidades de Intercom-v1.3 que pueden desarrollarse en la plataforma Android.
- Analizar mejoras que puedan desarrollarse sobre el software a desarrollar en Android.
- Desarrollar la aplicación en Android con la característica de que sea utilizable en múltiples dispositivos.
- Realizar informe documentando el trabajo realizado.

Concurrir a los Seminarios de Seguridad en el Trabajo e Introducción a los Sistemas de Calidad.

En las Figuras 2, 3 y 4 pueden observarse las aplicaciones desarrolladas y su utilización por un usuario final.

Estos desarrollos recibieron una Mención de Honor en el Premio a la Innovación 2015, Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de La Plata.



Figura 2. Comunicador Android para celular o Tablet



Figura 3. Comunicador JAVA para PC o tablet.

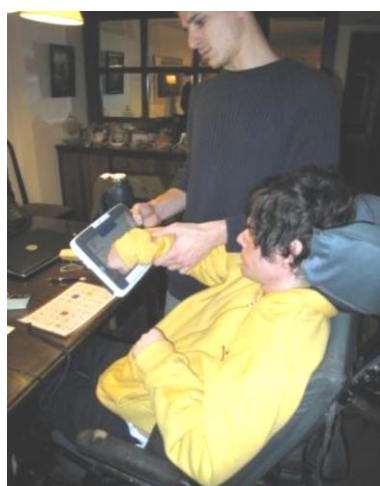


Figura 4. Juan Cobeñas, afectado de parálisis cerebral severa, haciendo uso del comunicador.



Carrera Ingeniería en Computación

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA – Informe del Tutor de la Entidad

Alumno

Apellido y Nombres:

Nº de alumno:

Evaluación – informe del tutor (evalúe del 0 al 10 las siguientes tareas, o no aplica las siguientes tareas)

Comprendió el funcionamiento de la organización de la entidad? 10
Se adaptó a las atribuciones y responsabilidades de cada función? 10
Aprendió a manejar las relaciones humanas en los diferentes niveles jerárquicos? 10
Se adaptó a los métodos de trabajo utilizados? 9
Desarrolló habilidades para desempeñarse en tareas multidisciplinarias? 9
Asimiló las políticas de seguridad y calidad? 10
Planificación 9
Gestión N/A
Identificación de problemas 9
Desarrollo de soluciones 8
Trabajo en equipo 10
Elaboración de informes 9
Supervisión N/A
Aplicación de criterios 8
Manejo de idiomas 9
Respuesta a las indicaciones dispuestas por el Tutor de la Entidad 10
Respeto a las normas de concurrencia, actuación y conducta 10
Demostró capacidad para desarrollar sistemas/subsistemas/productos asociados con la actividad de un Ingeniero en Computación? 10

Evaluación conceptual, sugerencias:

El alumno ha demostrado solvencia en la realización de las tareas encomendadas llegando a los objetivos propuestos originalmente. Ha adquirido competencias en cuanto a adquisición de nuevos conocimientos y habilidades, ha aplicado lo aprendido en su Carrera, y ha sabido compenetrarse de las competencias transversales en cuanto a saber trabajar en equipo, dirigirse adecuadamente a los asesores para la búsqueda de soluciones, ha demostrado iniciativa y ha sido proactivo en las actividades. Como aspecto positivo se debe mencionar que el dispositivo desarrollado será aplicado en varias personas con discapacidad de dos ONGs y que ha sido parte de los dispositivos reconocidos por una Mención de Honor por el Premio Innovación 2015 de la UNLP.

Firma Tutor de la Entidad

Figura 5. Informe Final del tutor para cada uno de los 4 alumnos de las PPS de Ingeniería en Computación.

2.4 PPS para Ingeniería Electrónica

Durante 2015 y por espacio de 240 horas se llevó a cabo una PPS para la Carrera de Ingeniería Electrónica.

El objetivo de esta carrera, de acuerdo a sus incumbencias, es formar profesionales capacitados para estudiar, diseñar, construir y mantener equipos, sistemas y dispositivos electrónicos y de procesamiento de señales electromagnéticas en general. Sobre esa base podrá desarrollar los conocimientos tecnológicos fundamentales para convertirse en un profesional competente y preparado tanto para crear tecnología como para operarla de la mejor manera. Proyectar, planificar, diseñar, estudio de factibilidad, dirección, construcción, instalación, programación, operación, ensayo, medición, mantenimiento, reparación, transformación, puesta en funcionamiento e inspección de sistemas electrónicos y sus partes.

El Plan de Trabajo presentado ante el Director de Carrera de Ingeniería Electrónica de la FIUNLP para su factibilidad y evaluación se resume en los siguientes puntos:

- Colaborar activamente en el Desarrollo de un Pedígrafo digital, parte componente de un Laboratorio de Marcha, utilizado para relevamiento de huellas plantares en tiempo real. Las actividades se desarrollarán en la UIDET UNITEC, en el Área de Desarrollos Tecnológicos y dentro del Proyecto de Extensión Laboratorio de Marcha de bajo costo con fines asistenciales.
- Las tareas previstas comprenden: Búsqueda bibliográfica sobre el tema en general, realización de un seminario en el grupo de trabajo, planeamiento estratégico de etapas del desarrollo especificado, asignación de actividades a los subgrupos de trabajo: Desarrollo pedígrafo, desarrollo Software, etc. Estudio de diferentes soluciones comerciales y ad hoc de pedígrafo existentes.
- Estudio, desarrollo y selección de configuraciones de sensores de presión.
- Estudio y ensayo de geometrías de electrodos y gomas conductivas.
- Interacción con otros grupos de trabajo de la Facultad de Ingeniería. Reuniones semanales de trabajo y de información de avances realizados. Elección de sensores, gestión de compras, evaluación de proveedores.
- Asistencia a seminarios de Seguridad en el Trabajo y de Sistema de Gestión de Calidad. Visita a FLENI, para observación y asesoramiento por parte del Sector de Bioingeniería de un Laboratorio de Marcha de altas prestaciones.
- Completar su formación en Software para diseñar circuitos impresos y criterios básicos para su fabricación. Criterios de buenas prácticas de soldado.

El alumno debió interactuar con un grupo de profesionales de la Ingeniería y Medicina debido a la aplicación elegida para desarrollar su PPS. Encontró diversas dificultades, tales como la elección de las gomas conductivas, debido a que las que más se adecuaban eran de difícil obtención por su precio y por obstáculos en la importación, tomando la decisión finalmente de utilizar un producto nacional que debió ser ensayado en el GEMA del Departamento de Aeronáutica.

Debido a la complejidad del proyecto debió trabajar en equipo con otros 2 estudiantes avanzados de la carrera.

Debió familiarizarse con el siguiente software: Proteus 7.7 – ISIS Programa diseño asistido para la simulación de circuitos, Proteus 7.7 – ARES Programa de diseño asistido para la realización de circuitos impresos y MATLAB 11^a, Programa matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio utilizado para realizar cálculos, simulaciones e interfaces con el usuario.

En la Figura 6 se muestra el prototipo final del pedígrafo digital y en la Figura 7 la pantalla de la interfaz gráfica desarrollada.

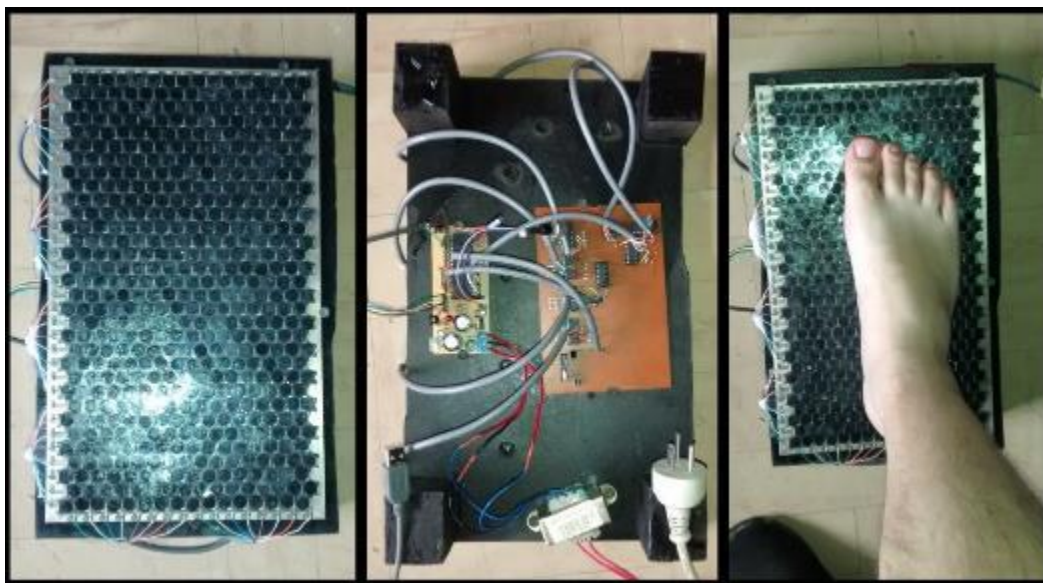


Figura 6. Prototipo final del Pedígrafo digital

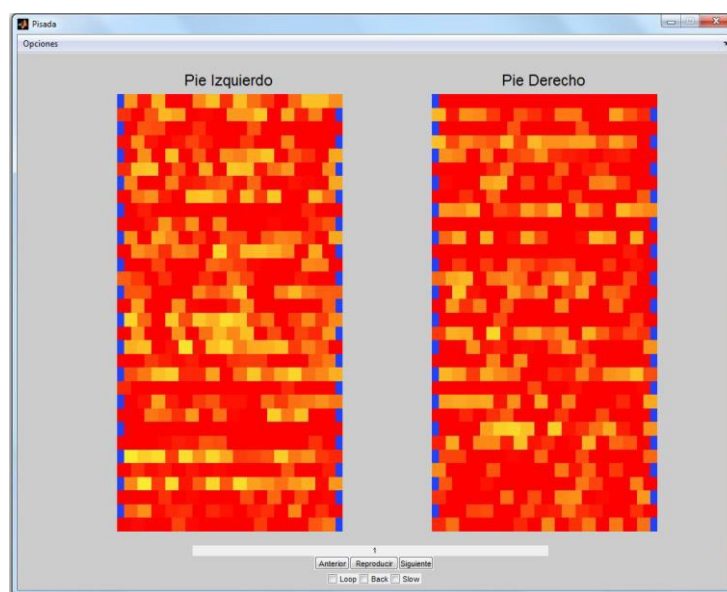


Figura 7. Pantalla de la interfaz gráfica del Pedígrafo digital

Como en los casos anteriores la evaluación conceptual del tutor de UNITEC consideró que el alumno ha demostrado solvencia en la realización de las tareas encomendadas llegando a los objetivos propuestos originalmente. Ha adquirido competencias en cuanto a adquisición de nuevos conocimientos y habilidades, ha aplicado lo aprendido en su Carrera, y ha sabido compenetrarse de las competencias transversales en cuanto a saber trabajar en equipo, dirigirse adecuadamente a los asesores para la búsqueda de soluciones, ha demostrado iniciativa y ha sido proactivo en las actividades.

Como aspecto positivo se debe mencionar que colaboró con la difusión del proyecto ante otras unidades de la FIUNLP que debían colaborar en otras áreas del proyecto.



Figura 8. Competencias del alumno para expresarse y difundir el trabajo realizado

3. Conclusiones y recomendaciones

En el desarrollo de PPS realizadas en los Proyectos de Extensión de UNITEC se han transitado diferentes caminos, y fruto de las actividades desarrolladas y de las opiniones de los estudiantes y docentes involucrados en ellas se puede concluir que es deseable que las instancias de progreso de las mismas sean revalorizadas por todos los actores involucrados.

Se han incluido instancias de elaboración en los planes de trabajo que demuestran por parte del alumno el ejercicio profesional en su total dimensión, no solamente abarcando aspectos técnicos.

Se ha tratado de fomentar el desarrollo de prácticas que se relacionen con actividades de I+D+i.

Ha permitido que los tutores y guías se comprometan en la tarea de revisión crítica de las producciones y en la delimitación correcta de la problemática a resolver.

Se ha tratado de apoyar la generación de competencias en la adecuada redacción de informes, la capacidad de juicio crítico, la innovación en el desarrollo de soluciones, la correcta delimitación de los alcances plasmados en adecuadas planificaciones, la capacidad de defensa oral de sus presentaciones, la claridad conceptual, el conocimiento del medio sociocultural de la organización en la que se desempeñan, aspectos relacionados con la ética profesional y la relación de las prácticas con las incumbencias de título vigentes en el plan de estudios.

La modalidad adoptada favorece el trabajo en equipo, la búsqueda de soluciones innovadoras, el desarrollo de capacidades técnicas y prácticas para construir conocimientos y habilidades profesionales. Resulta importante aclarar que no toda la comunidad formada por docentes y estudiantes conocen el enfoque de enseñanza-aprendizaje basado en competencias ni están familiarizados con él; sin embargo, los nuevos planes de estudio y la actual tendencia de desarrollo de los mismos utiliza esta filosofía de trabajo, por lo tanto, experiencias como la realizada son sumamente importantes para extender el conocimiento de la educación por competencias, y determinar si es la vía idónea para la formación de los profesionales que den respuesta a las necesidades y problemas del entorno laboral y social.

El manejo de estrategias didácticas para el desarrollo de competencias conlleva un proceso de apertura a nuevas formas de relacionarse con los alumnos, guiando a los estudiantes para que

ocupen un rol protagónico en los trabajos que realizan, para que dejen de lado actitudes pasivas y asuman una actitud activa y dinámica para el logro de los objetivos propuestos.

La experiencia desarrollada ha constituido una herramienta valiosa para la enseñanza universitaria, tanto para los estudiantes que han afianzado sus saberes y desempeño como futuros profesionales, como para los tutores en su papel de orientadores.

4. Agradecimientos

A los alumnos que realizaron sus PPS en UNITEC, la mayoría de ellos, hoy ingenieros o a punto de serlo: Juliana Paz, Fabrizio Gelsi, Leandro Cuvelo, Alan Toris, Nahuel Sarubbio y Martín Barrientos.

A la UNLP y a la FIUNLP por el apoyo recibido a través de la acreditación y subsidio de los Proyectos de Extensión llevados a cabo en UNITEC.

A miembros y colaboradores de UNITEC, y entre ellos a José Vargas y Ma. Inés Iparraguirre.

5. Referencias

- [1] Conferencia Mundial sobre la Educación Superior (1998). *La educación superior en el siglo XXI: Visión y acción*, http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm y unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345s.pdf y
- [2] Fragmento del discurso del Dr. Joaquín V. González, fundador de la UNLP, el 8 de abril de 1907, en la inauguración de los cursos. <http://labs.ing.unlp.edu.ar/congresos/~mtl2016/pt/> Acceso, junio 2016
- [3] Universidad Nacional de La Plata. www.unlp.edu.ar. Acceso Junio 2016
- [4] http://www.ing.unlp.edu.ar/practicas_profesionales Acceso Junio 2016
- [5] **082/03** Reglamento General de Prácticas Profesionales (modificada por Resolución 569/14). <http://www.ing.unlp.edu.ar/articulo/2016/4/21/legislacion>
- [6] <http://www.ibe.unesco.org/es/temas/enfoque-por-competencias>. Acceso Junio 2016.
- [7] Employability skills. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED523641.pdf>. Acceso Junio 2016.
- [8] Hirsch, A.; Actitudes y ética profesional en estudiantes de posgrado en la Universidad de Valencia y en la UNAM, Reencuentro, 43, 26-33, 2005.
- [9] Hirsch, A., Construcción de una escala de actitudes sobre ética profesional, Revista Electrónica de Investigación Educativa, 7 (1), 2005, <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-hirsch.html>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SIMULACIÓN DE SISTEMAS MECÁNICOS SIMPLES CON SCRATCH: UN ESTUDIO DE CASO EN INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA

Guillermo Luján Rodríguez, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura -
UNR, guille@fceia.unr.edu.ar

Natalia Monjelat, Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación -
IRICE: CONICET-UNR, monjelat@irice-conicet.gov.ar

Resumen— Actualmente son numerosos los problemas de ingeniería que se resuelven a través de simulaciones. Los costos de la construcción de prototipos y la peligrosidad de mecanismos complejos con posibilidad de accidente, hacen que éstas sean una forma segura y económica de resolución. Por otra parte, las simulaciones por computadora están siendo ampliamente utilizadas, desde diversos enfoques pedagógicos, para potenciar habilidades de aprendizaje en la resolución de problemas en diferentes áreas. Sin embargo, para ello suele ser necesario el manejo de nociones de programación informática complejas que no siempre son conocidas por el estudiante, sobre todo en primer año de la carrera. Este estudio presenta el primer análisis de una experiencia donde se utilizó Scratch para realizar simulaciones de sistemas mecánicos simples en el marco de un proyecto con alumnos del primer cuatrimestre de Ingeniería Mecánica. Scratch es una herramienta reconocida por contar con una interfaz sencilla por bloques, donde los estudiantes no solo crean sus propias simulaciones, sino que también tienen acceso a nociones sencillas de programación informática. Los primeros resultados demuestran que programar simulaciones con la herramienta Scratch, permite manipular y construir conceptos, potenciando la resolución autónoma de los problemas a partir de una situación real, generando modelos y simulaciones que pueden ser validados comparativamente con el fenómeno experimental.

Palabras clave— *Modelado y simulación, Introducción a la Ingeniería, Scratch, Educación Superior, TIC.*

1. Introducción

En el contexto educativo formal iberoamericano, diferentes países están priorizando la introducción de la programación en sus currículas educativas. A su vez, universidades argentinas nacionales y privadas han diseñado e implementado diversas propuestas de formación que contemplan el desarrollo de juegos digitales, el uso de robótica y de dispositivos móviles tendientes a facilitar el ingreso y la permanencia de los estudiantes en carreras que demandan la comprensión de lenguajes de programación.

Por tanto, las simulaciones por computadora están siendo ampliamente utilizadas, desde diversos enfoques pedagógicos, para potenciar habilidades de aprendizaje en la resolución de problemas en diferentes campos disciplinares y científicos [1] [2] [3].

Por otro lado, la creación de simulaciones resulta un aspecto destacado dentro del campo de la tecnología, donde los costos de la construcción de prototipos y la peligrosidad que puede implicar el manejo de mecanismos complejos con posibilidad de accidente, hacen que éstas sean una forma segura y económica de resolución. Considerando que la actividad permanente que desarrolla un ingeniero es diseñar, y que en su labor profesional se enfrentará a problemas abiertos que admiten múltiples soluciones, el uso de simulaciones permite un análisis rápido y accesible de las mismas.

En este sentido, esta tendencia educativa se comienza a observar también en las ingenierías [4], donde los modelos de simulación pueden ser beneficiosos para ilustrar conceptos propios de las diversas disciplinas, especialmente cuando se usan en combinación con modelos físicos [5] [6] [7]. De esta manera, al crear modelos virtuales, pueden ser testeados y re-diseñados tantas veces como se crea necesario.

Sin embargo, para construir simulaciones suele ser necesario el manejo de nociones de programación informática complejas que no siempre son conocidas por el estudiante, sobre todo en los inicios de sus carreras universitarias. Actualmente existen diferentes herramientas que facilitan el acceso a la programación informática, y que podrían ser empleadas para la construcción de simulaciones sencillas pero potentes. Dentro de las mismas se destaca Scratch, que propone un lenguaje de programación basado en bloques agrupados en categorías que son utilizados para manipular los atributos de los objetos (sprites). Esta herramienta comenzó a desarrollarse en el año 2003 [8] por el grupo "Lifelong Kindergarten" perteneciente al MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets).

En el año 2007 fue lanzada una primera versión, que incluía un software descargable para programar las producciones y una comunidad online que fomenta la colaboración entre los miembros [9]. Actualmente, se utiliza la versión Scratch 2.0, que fue lanzada en 2013. En la misma los usuarios pueden crear una cuenta y guardar sus proyectos en la "nube". Asimismo, permite acceder a toda la programación realizada por otros usuarios, lo cual ha dado lugar a una cultura en torno al "remix" (manteniendo la autoría del original).

En la figura 1, se presenta la interfaz desde la cual se programan los proyectos, a la cual se accede a través del enlace: <http://www.scratch.mit.edu>, ingresando en el apartado "crear". Como se observa en la imagen, la gramática visual de las formas de los bloques y las reglas de combinación (no todos los bloques se combinan con todos) tienen el mismo rol que la sintaxis en los lenguajes basados en texto [8]. De esta forma, la aproximación visual a la programación lo diferencia de otros lenguajes de programación, como C, Java o Python, que requieren que el programador escriba las instrucciones [9], o donde aparecen mensajes con errores.

Por otra parte, la comunidad online de Scratch facilita el trabajo colaborativo [10] donde las personas son consideradas creadoras activas formando parte de la denominada "cultura participativa" [11], dejando de ser solo consumidores de medios.

Considerando el potencial de los modelos de simulación en el campo de las Ciencias de la Ingeniería y las posibilidades que ofrece Scratch para programar simulaciones, se propuso un proyecto dentro de la cátedra "Introducción a la Ingeniería Mecánica" (1º año, carrera Ingeniería Mecánica) de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), que tuvo como objetivo general proponer un taller en el que los alumnos construyeran simulaciones de sistemas mecánicos simples utilizando la herramienta Scratch.



Figura 1. Interfaz para la creación de proyectos con Scratch.
Fuente: Elaboración propia, captura de pantalla desde la web de Scratch.

Es importante señalar que la asignatura plantea perspectivas pedagógicas activas y se construye sobre la modalidad de taller físico-virtual [12] abordando la práctica analítica sobre casos de la Ingeniería Mecánica, en el marco interactivo y comunicacional que brindan las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), como apoyo a los procesos de enseñanza y de aprendizaje. En este sentido, la práctica participante en las diversas actividades propuestas en función de los objetivos planteados, es constitutiva al propio contenido de la formación que se fundamenta, adoptando una dinámica constructivista dialéctica [13]. En este marco, los desarrollos teóricos y prácticos se trabajan interrelacionando contenidos, promoviendo el aprendizaje colaborativo y la producción cooperativa. De esta forma, la reflexión y discusión de los distintos temas se construyen a partir de exploraciones o producciones analíticas realizadas en pequeños grupos. Con este enfoque, se proponen una totalidad de diez trabajos a lo largo del cuatrimestre. La mitad de ellos son individuales y la otra mitad grupales. El último de los trabajos busca tener un carácter integrador de las diversas temáticas y ser propositivo en cuanto a las habilidades y actitudes señaladas como necesarias en la labor del ingeniero.

El taller con Scratch fue desarrollado como Trabajo final integrador de la asignatura, durante el primer cuatrimestre de 2016, planteando como consigna la realización de una simulación completa de un sistema mecánico sencillo (pelota rebotando sobre el suelo) con Scratch. Cabe mencionar que se optó por este ejemplos entre varios propuestos por tres razones: los conceptos necesarios para la construcción de la simulación son desarrollados en la actividad curricular "Introducción a la Física", que se dicta en paralelo. De esta forma, se fortalece la articulación entre actividades curriculares y no es necesario dentro de los encuentros propios el desarrollo de temas específicos. En segundo lugar, se contempló la facilidad en la realización experimental de la actividad: bajo costo y facilidad en la obtención de los materiales necesarios. Por último y no menos importante, este problema es retomado en tercer año en la asignatura "Dinámica de los Sistemas Físicos" con una complejidad mucho mayor, utilizando otro lenguaje de programación y simulación. De esta forma, se pretende generar una articulación longitudinal de la carrera y una visión espiralada en la resolución de los problemas de ingeniería, logrando mejoras en las soluciones a partir de la profundidad técnica.

En este trabajo se presenta un primer análisis exploratorio del taller, a través de la descripción inicial del grupo de trabajo, la identificación de los problemas encontrados a lo largo del proceso grupal en torno a la construcción del modelo, el relevamiento de la búsqueda bibliográfica específica realizada por el alumnado, la revisión de las simulaciones realizadas con Scratch, así como su posterior validación y ajuste. A continuación describiremos de manera general la experiencia en concreto, junto a los materiales y métodos de análisis propuestos. Luego se presentarán los resultados, para terminar con las conclusiones derivadas del estudio y los pasos a seguir en trabajos ulteriores.

2. Materiales y Métodos

En este trabajo se presenta un estudio de caso exploratorio [14] realizado en torno a la actividad-taller desarrollada en el marco de la asignatura "Introducción a la Ingeniería Mecánica", durante el primer cuatrimestre de 2016. Se ha optado por un estudio exploratorio, ya que permite obtener resultados preliminares que contribuyan al conocimiento sobre estas temáticas, que serán empleados para el diseño de futuras experiencias. Se propone una metodología de trabajo mixta, ya que para algunos aspectos se han tenido en cuenta técnicas cuantitativas (encuestas y datos estadísticos) y para otros se ha realizado un análisis desde un enfoque cualitativo (estudio del espacio virtual y de los proyectos realizados por los alumnos).

Los participantes del taller han sido el profesor titular de la cátedra, una investigadora y los alumnos de la asignatura, que se organizaron en pequeños grupos de hasta cinco alumnos cada uno. Particularmente se trabajó con los estudiantes de la comisión de la noche, conformada por 36 estudiantes, pero a través del desgranamiento propio del primer año participaron de la experiencia de manera completa 19 alumnos. Estos estudiantes se dividieron en seis grupos.

La experiencia comprendió seis encuentros presenciales de una hora y media cada uno, que tuvieron lugar dentro del laboratorio de informática, donde se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Presentación del trabajo práctico (una clase):** En este encuentro se presentó la consigna correspondiente al trabajo práctico, mostrando cuál es el sistema mecánico con el que se trabajará. Asimismo, se realizó una introducción a la herramienta Scratch a partir de las siguientes actividades: presentación de la herramienta (programación por bloques, posibilidades, usos y potencial), descripción de la página web de Scratch (menú inicial, proyectos, búsquedas, etc.), creación de cuenta para el trabajo online y descarga e instalación del programa para trabajar offline, explicación de los espacios colaborativos para la resolución de problemas (wiki, foros, etc.) y la realización del tutorial y recorrido por la página descubriendo otros proyectos. En relación al sistema mecánico simple se solicitó la filmación de una caída real de una pelota sobre una superficie.
- **Experimentación guiada (una clase):** En este encuentro se profundizó en el uso de Scratch, reconociendo los diferentes tipos de bloques y las formas de creación de escenarios y objetos. Partimos de la delimitación de las acciones que queríamos simular, para identificar los diferentes problemas a resolver. En relación con ello, se presentaron algunas nociones de programación que son básicas para el desarrollo del trabajo práctico: secuencia, iteración, variables, listas, hilos, sentencias condicionales, manejo de eventos, etc. En relación al sistema mecánico simple se avanzó en las nociones básicas de física que se integrarán al modelo para su

posterior simulación. Subrayamos aquí que en la asignatura “Introducción a la Física” (también dictada en el mismo cuatrimestre) también se trabajan contenidos de cinemática.

- Espacio de construcción compartida del sistema mecánico y la simulación en Scratch (dos clases): Este encuentro se planteó como un espacio para la puesta en común de actividades realizadas en torno a la comprensión del sistema mecánico y la realización de la simulación con Scratch. Respecto a la simulación, se relevó el estado actual del desarrollo, los objetos creados, cómo se han programado, qué escenario se ha utilizado, qué tipos de bloques se emplearon, etc. Asimismo, a partir de la puesta en común de los avances y obstáculos encontrados se generó un espacio común de intercambio y construcción de saberes compartidos.
- Puesta en común de avances-resolución conjunta de dudas (una clase, se intercala entre las dos anteriores): Este encuentro continuó generando un espacio para la puesta en común de avances tanto en la comprensión del sistema mecánico como en la realización de la simulación con Scratch. Nuevamente los estudiantes comentaron su desarrollo y contaron con los aportes de los demás participantes para avanzar en la construcción de la simulación. Se identificaron problemáticas a resolver de cara a finalizar el trabajo y redactar el informe final. Esta instancia fue evaluada como informe parcial del trabajo.
- Presentación de trabajos y mesa redonda (una clase): El encuentro final se planteó como un espacio donde poder compartir los saberes construidos al crear la simulación del sistema mecánico. Cada grupo mostró su desarrollo y comentó brevemente su experiencia, tomando como referencia el informe realizado. Los demás participantes realizaron preguntas y aportaron a las creaciones de los demás.

La evaluación del trabajo de los estudiantes se realizó teniendo en cuenta diferentes elementos: la asistencia a cada encuentro presencial del grupo (todos sus integrantes) en la fecha y hora establecida, la entrega en tiempo y forma de un informe parcial, las consultas realizadas a través de un foro específico abierto en el campus virtual, y la presentación del Informe final en el entorno virtual.

En cuanto a los datos recogidos para el análisis de la experiencia, pueden señalarse diferentes recursos. Como instrumento cuantitativo se propuso una encuesta al comienzo de la actividad. La misma tenía una finalidad descriptiva del grupo de trabajo y constaba de cinco preguntas (tabla 1). Se realizó en la plataforma educativa y fue de carácter anónimo.

Tabla 1. Encuesta 1: Preguntas descriptivas del grupo de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Número	Pregunta
1	Si tienes una duda en cuanto a cómo resolver un problema en tu vida diaria, ¿dónde buscas primero la respuesta?
2	¿Cómo te resulta más sencillo resolver un problema?
3	¿Utilizas los siguientes programas o aplicaciones?
4	¿Has utilizado entornos de programación que incluya algún tipo de recurso específico?
5	¿Conoces Scratch?

Desde el enfoque cualitativo se utilizaron como base de análisis los audios dado que todos los encuentros fueron grabados. Esto permite contar con un registro de la actividad desarrollada a lo largo de cada clase, pudiendo reconstruir la misma para su posterior análisis. Por otra parte, se recogieron datos en espacios virtuales: por un lado, se creó un estudio (<https://scratch.mit.edu/studios/1976294/>) utilizando herramientas propias de la plataforma Scratch, donde los participantes subieron sus proyectos, tanto en sus primeras versiones como en el formato final. Por otra parte, se configuró un foro específico dentro del espacio que la propia asignatura cuenta dentro del campus virtual universitario, para el seguimiento de las consultas, proponiendo a los estudiantes que solo evacuen sus dudas por este medio y no por otros canales como los mensajes internos de la plataforma o los mails personales a los docentes. De esta forma se busca que la consulta de uno sirva a todo el grupo en su respuesta, y por otra parte, lograr la resolución conjunta de las problemáticas planteadas de manera horizontal, proponiendo a los mismos estudiantes que ayuden a resolver las cuestiones planteadas por sus mismos compañeros.

Por último, se recopilaron los informes finales de cada grupo que siguen un protocolo específico de redacción planteado al comienzo de la actividad por la cátedra, que permite plasmar el proceso constructivo del modelo y de la simulación en su totalidad. Dicho protocolo recoge tanto la definición del problema como una copia del código final elaborado en Scratch, solicitando a su vez la explicitación de dificultades encontradas a lo largo del trabajo y su resolución por parte del grupo. La entrega se realizó a través del campus virtual, completando una tarea creada específicamente para tal fin.

3. Resultados y Discusión

Como se señaló previamente en el presente trabajo se expone un primer análisis exploratorio del taller. En línea con ello, se presenta una primera descripción del grupo y del taller, a partir del análisis de las encuestas, la participación en los foros y los informes finales presentados por cada grupo. Las respuestas obtenidas en la encuesta se agruparon en torno a dos temáticas, por un lado, se indagó sobre algunos conocimientos previos que permitieran relevar nociones relacionadas con el uso de tecnologías, el acceso a la programación y el conocimiento de la herramienta Scratch, por otro lado, se consultó al alumnado sobre su forma de aproximación y resolución de problemas. Estos datos recogidos durante el inicio de la actividad, ofrecen un punto de partida desde el cual estudiar las simulaciones realizadas y observar la apropiación de la herramienta, así como contrastar esta información con aquella señalada en los informes respecto a problemas encontrados a lo largo del desarrollo de la actividad.

Partiendo del análisis de las respuestas otorgadas por el alumnado (figura 2), se observan diferentes formas de aproximarse al problema y encarar su resolución. Por un lado, frente a una duda sobre cómo resolver un problema, un 72% de los estudiantes recurre a amigos, conocidos o familiares en búsqueda de respuestas, mientras que un 27% opta por consultar a buscadores web. Aunque contaron con un espacio web destinado a resolver dudas dentro del campus virtual de la asignatura, la gran mayoría de los alumnos no utilizó este espacio, ya que solo 3 estudiantes plantearon alguna consulta a través de este medio. Esto concuerda también con otras respuestas, ya que a la hora de resolver un problema, el 45% prefiere hacerlo en forma individual, el 31% con un compañero y el 25% en grupo.

Respecto a los conocimientos previos, se consultó sobre el uso de diferentes programas o aplicaciones para poder construir un perfil tecnológico del alumnado que permitiera

contextualizar sus acciones a lo largo de la actividad, donde se propuso el uso de diferentes tecnologías y recursos. En relación con ello, un 38% utiliza editores de texto, herramienta que puede ser empleada por ejemplo, para la redacción del informe final. Una minoría correspondiente utiliza editores de presentaciones (10%), formularios o plantillas, editores de imágenes o servicios de almacenamiento online (7% para cada caso). Solo un 3% utiliza editores de video, programa importante para resolver la parte de la consigna del trabajo integrador que requiere la grabación del sistema mecánico. Por otra parte, un 28% utiliza reproductores de contenido audiovisual, que también pueden ser utilizados para resolver esa parte del trabajo.

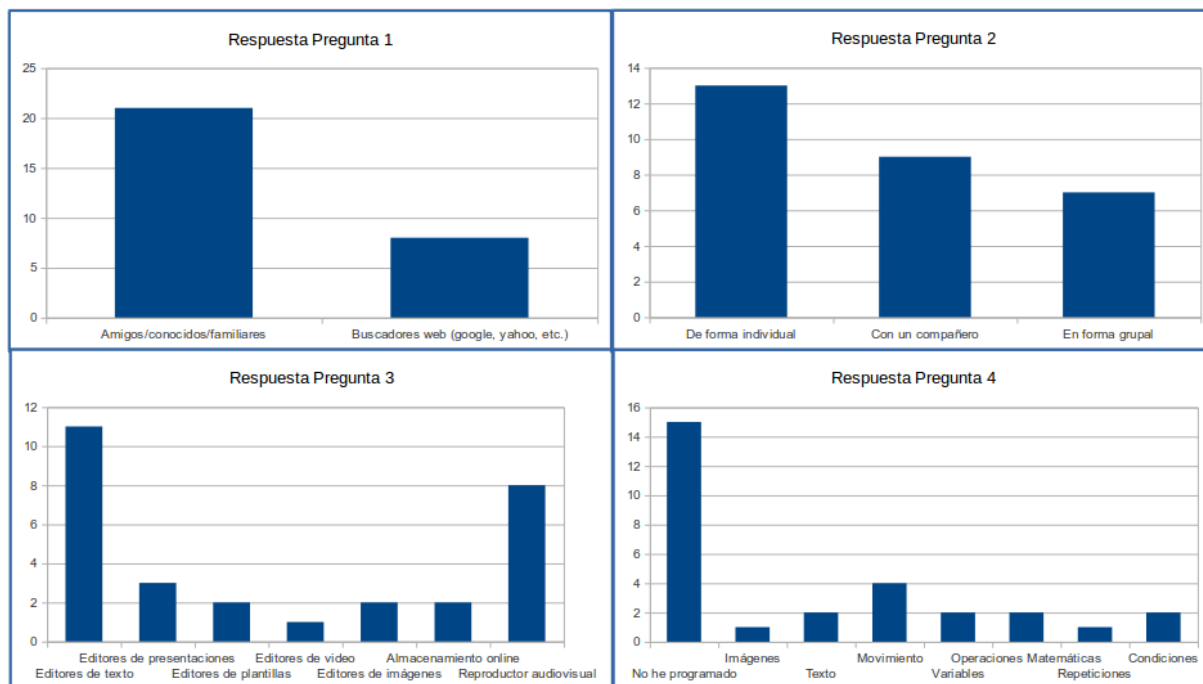


Figura 2. Resultado preguntas de la 1 a la 4.
Fuente: Elaboración propia.

En otro orden, se consultó sobre la utilización de entornos de programación y en caso positivo, sobre el tipo de programación realizada. Un 52% del alumnado manifestó no haber programado, mientras que del 48% restante que sí ha utilizado estos entornos, un 3% incluyó en sus programas imágenes y repeticiones, un 7% empleó texto, variables, operaciones matemáticas o condiciones, y un 14% movimiento. Asimismo, se consultó sobre el conocimiento de la herramienta Scratch, que resultó ser desconocida por un 90% del alumnado.

En torno a la participación en el Foro se pudo observar una muy baja cantidad de interacciones. La mayoría de las mismas fueron propuestas por los docentes semana a semana. Solo cuando se exigía alguna entrega, como por ejemplo la subida del video que debían realizar experimentalmente de la pelota rebotando, todos completaron las intervenciones.

Se crearon tres líneas de Discusión: Bienvenidos, Seguimiento de los proyectos, y Proyectos subidos al estudio. La línea de "Bienvenidos" se trabajó inicialmente cuestiones

relacionadas a la presentación de la actividad y del entorno Scratch. Se sucedieron cinco intervenciones en total de parte de los docentes y ninguna respuesta específica de los estudiantes.

La línea "Seguimiento de Proyectos" fue la más numerosa de intervenciones. Ahí se fueron semana a semana sucediendo las diversas propuestas de los docentes, y se realizó la presentación de los videos, uno por grupo.

La línea "Proyectos subidos al estudio" tuvo como finalidad de organizar el espacio común que se creó en Scratch para compartir las simulaciones generadas y sus procesos de construcción. Las participaciones estuvieron en torno a organizar el espacio online de los proyectos. Nuevamente la participación aquí fue solo de parte de los docentes.

En cuanto a los informes de los proyectos desarrollados, las simulaciones programadas y los ajustes propuestos por cada grupo, se observan cuestiones particulares de cada caso y otras generales a todo el curso.

El conocimiento previo de nociones de programación y/o de las fórmulas físicas que debían emplearse para resolver el problema generaron diferencias en cuanto a la aproximación a la problemática y su resolución. El momento en que realizaron el video experimental también influyó, ya que algunos lo hicieron antes de aproximarse a la simulación con Scratch, y otros luego.

En relación a la búsqueda bibliográfica los estudiantes no presentaron mayores inconvenientes. Como texto base en relación a los conceptos físicos necesarios, utilizaron el material provisto por la cátedra de "Introducción a la Física", y sumaron material complementario buscado en la web. En relación a la información específica vinculada al entorno Scratch tuvieron a disposición el manual propio de la plataforma (<https://scratch.mit.edu/about>) y unas diapositivas digitales introductorias desarrolladas por la cátedra.

Los grupos realizaron un trabajo autónomo de exploración de la plataforma Scratch, guiados por algunas nociones elementales que se señalaron durante los encuentros presenciales. En sus informes y en la presentación grupal señalaron que recurrieron a Wikipedia, a la propia Wiki de Scratch, a tutoriales online y a videos. Un dato interesante es que la mayoría no utilizó la propia ayuda que ofrece la plataforma.

Durante el desarrollo de la actividad, se identificaron diferentes problemas, de entre los cuales se destacan los siguientes:

- Identificación de las fórmulas matemáticas del modelo físico correspondiente: algunos estudiantes no habían tenido contacto con ellas durante su escolaridad secundaria, otros no las recordaban y algunos no sabían cómo utilizarlas dentro del problema planteado. Sin embargo, a medida que el cuatrimestre fue avanzando y se trabajaron dichos temas en la actividad curricular paralela "Introducción a la Física", se observó una mayor facilidad y comprensión. También la cátedra brindó un encuentro de consulta en torno a esto.
- Dificultad para comprender la lógica de Scratch: los estudiantes manifestaron que con tiempo pudieron aproximarse a la herramienta sin problema, pero que se requería cierta dedicación para comprender cómo funcionaba y ejecutaba los comandos. Los que sabían programar presentaron opiniones diferentes: algunos señalaron que los bloques impedían programar con facilidad, y otros agradecieron su presencia. Los que no sabían programar coincidieron en destacar la agilidad en la

programación al no tener que introducir texto. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes coincidió en que introducir las fórmulas en los bloques era complejo, así como la modificación de la misma una vez introducida, debido a la necesidad de anidar bloques, sin poder reconocer con facilidad cuál está dentro de cuál.

- Discordancia entre el video y la simulación, necesidad de ajustes: el último de los puntos del informe presentado por los grupos tenía que ver con la comparación entre la simulación y el video original, y los ajustes necesarios. Los estudiantes pudieron comprender mejor la fase experimental de los fenómenos físicos intervinientes, a la vez que profundizaron en el concepto de validar una simulación.

Otro elemento interesante, es que para la comprensión del fenómeno y del papel que cumplía la simulación en el mismo, consultaron videos en YouTube donde aparecían experimentos similares y realizaron búsquedas dentro de Scratch de problemas resueltos de este tipo. Se señalan en los informes, cuáles fueron los diferentes sub-problemas y cómo los resolvieron, combinando la información que obtuvieron en la fase experimental, con el trabajo de las fórmulas y la generación paso a paso de la simulación.

Un hecho importante a señalar es que dos grupos profundizaron agregando elementos adicionales a la resolución del problema, como que se pueda observar en cámara lenta el fenómeno para apreciar mejor el movimiento y relevar datos de las variables involucradas.

También se mencionó que el trabajo colaborativo virtual lo llevaron adelante a través de un grupo de Facebook que ellos mismos crearon ad-hoc para ello.

Los informes fueron discutidos en borrador con los docentes antes de su entrega final lográndose una buena calidad y orden en los mismos. También se entregó el video experimental y se presentó el link a la simulación final. En el encuentro de cierre, cada grupo presentó su trabajo y se discutieron cuestiones generales de enfoque y resolución.

4. Conclusiones y recomendaciones

Durante todo el proyecto pudimos observar en los encuentros presenciales un buen clima de trabajo, colaboración e intercambio de opiniones que enriquecieron tanto a los estudiantes como a los propios docentes. De manera general, los alumnos que participaron de la experiencia casi no poseían formación en programación y/o utilizaban de manera inicial las herramientas informáticas en general.

Como aspectos a destacar de la experiencia, de este primer análisis se concluye que los estudiantes:

- Pudieron descomponer el problema general en sub-problemas y abordar la resolución de los mismos, a través de la reflexión propia de conceptos.
- Lograron construir una simulación que se ajusta al modelo físico-matemático.
- Realizaron diferentes ajustes en la simulación, conforme identificaban elementos en la experiencia real del fenómeno.
- Trabajaron en equipo utilizando diversas herramientas TIC, con menor participación en las formales (Espacio del Campus Virtual de la cátedra), pero proponiendo nuevas opciones de intercambio en espacios no formales (grupo cerrado de Facebook).
- Desarrollaron un aprendizaje autónomo y programaron de manera diferente en cada caso dependiendo del bagaje previo, logrando el objetivo final de una manera u otra.

Por todo esto, creemos que es importante el desarrollo y fortalecimiento de una formación en el modelado y simulación, vinculado a la programación en entornos sencillos. Actualmente estamos trabajando en el análisis en profundidad de los audios recabados, para realizar una reflexión vinculada a los procesos de construcción de los conceptos y simulaciones, a fin de proponer sugerencias para experiencias posteriores.

5. Referencias

- [1] Chang, K.-E., Chen, Y.-L., Lin, H.-Y., & Sung, Y.-T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486–1498. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.01.007>
- [2] Holzinger, A., Kickmeier-Rust, M. D., Wassertheurer, S., & Hessinger, M. (2009). Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator. *Computers & Education*, 52(2), 292–301. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.008>
- [3] Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- [4] Bowen, B. D., DeLuca, V. W., & Franzen, M. M. S. (2016). Measuring how the degree of content knowledge determines performance outcomes in an engineering design-based simulation environment for middle school students. *Computers & Education*, 92-93, 117–124. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.005>
- [5] Ernst, J. V., & Clark, A. C. (2009). Technology-based content through virtual and physical modeling: a national research study. *Journal of Technology Education*, 20(2), 23e36.
- [6] Jaakkola, T., Nurmi, S., & Veermans, K. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation- laboratory contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71e93.
- [7] Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120e132.
- [8] Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch Programming Language and Environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 1–15. doi:10.1145/1868358.1868363
- [9] Monroy-Hernández, a. (2012). *Designing for remixing: supporting an Online community of amateur creators*. Tesis de Maestría. Massachusetts Institute of Technology. Retrieved from <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/78202>
- [10] Aragon, C., Poon, S., Monroy-Hernández, A., & Aragon, D. (2009). A tale of two online communities: fostering collaboration and creativity in scientists and children. In *III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016*

- Proceeding of the seventh ACM conference on Creativity and cognition* (pp. 9–18). Berkeley, California: ACM Press. doi:10.1145/1640233.1640239
- [11] Jenkins, H. (2009). *Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st century*. MacArthur Foundation.
- [12] San Martín, P. (2013). Aspectos sociales y tecnológicos del Dispositivo Hipermedial Dinámico desarrollados en diferentes contextos educativos. *Revista de Educación*, Año 4, N° 5, 81-98.
- [13] Braccialarghe, D., Introcaso, B. & Rodríguez, G. (2015). Hacia la construcción de la modalidad de taller como propuesta de integración entre introducción a la ingeniería y las ciencias básicas. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, Año 4, N° 9, 41-50.
- [14] Yin, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (Vol. Applied so). London: Sage.



III CADI
IX CAEDI
2016



FORMACION DE INGENIEROS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Karina Cecilia Ferrando, UTN-FRA, kferrando@fra.utn.edu.ar

Olga Haydée Páez, UTN-FRA, opaez@fra.utn.edu.ar

Jorge Eduardo Forno, UTN-FRA, jforno@gmail.com

Resumen— Para el CONFEDI Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales. Siguiendo esta definición, consideramos que la incorporación de contenidos del enfoque de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS) en la formación es recomendable para desarrollar en los estudiantes una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías o la implantación de las ya conocidas, transmitiendo a la vez una imagen más realista de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología.

En este trabajo describiremos algunos ejes del enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) que creemos favorecerá a comprender la relación entre la ciencia, la tecnología y su contexto socio-ambiental; además de ser una propuesta educativa innovadora de carácter general con la finalidad de dar formación en conocimientos y especialmente en valores que favorezcan la participación tanto como ciudadanos o profesionales de la Ingeniería en la evaluación y el control de las implicaciones sociales y ambientales.

Palabras clave— *ingeniería, desarrollo sustentable, medio ambiente*

1. Introducción

Para el CONFEDI Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales. Siguiendo esta definición, consideramos que la incorporación de contenidos del enfoque de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS) en la formación es recomendable para desarrollar en los estudiantes una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías o la implantación de las ya conocidas,

transmitiendo a la vez una imagen más realista de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología.

En este trabajo describiremos algunos ejes del enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) que creemos favorecerá a comprender la relación entre la ciencia, la tecnología y su contexto socio-ambiental; además de ser una propuesta educativa innovadora de carácter general con la finalidad de dar formación en conocimientos y especialmente en valores que favorezcan la participación tanto como ciudadanos o profesionales de la Ingeniería en la evaluación y el control de las implicaciones sociales y ambientales

2. Importancia de la formación en Ciencia, Tecnología y Sociedad y Medio Ambiente

La formación profesional en la actualidad contempla un conjunto de contenidos y competencias a desarrollar compartidas por todas las carreras. Uno de ellos es el eje Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (MADS). La importancia del desarrollo de esas competencias se funda en el impacto que dichas problemáticas plantean a toda la humanidad y, en particular, a los profesionales en formación y en ejercicio.

De modo particular, las carreras de ingenierías, guardan una importante vinculación con estos temas, debido a que su oficio implica la intervención en base a las lógicas de las ciencias naturales y exactas para la creación e innovación de productos y servicios tecnológicos al servicio de necesidades de la sociedad. De allí, que los diseños curriculares deben (o, en algunos casos deberían) contemplar el desarrollo de dichos contenidos y la generación de capacidades reflexivas y éticas no sólo en asignaturas específicas, sino a lo largo de toda la carrera.

3. Educación de ingenieros hoy

Para el CONFEDI Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales.

La Práctica de la Ingeniería comprende el estudio de factibilidad técnico económica, investigación, desarrollo e innovación, diseño, proyecto, modelación, construcción, pruebas, optimización, evaluación, gerenciamiento, dirección y operación de todo tipo de componentes, equipos, máquinas, instalaciones, edificios, obras civiles, sistemas y procesos. Las cuestiones relativas a la seguridad y la preservación del medio ambiente, constituyen aspectos fundamentales que la práctica de la ingeniería debe observar. [1]

La formación inicial en ingeniería implica el desarrollo de un conjunto de contenidos y la formación de capacidades integrales en orden al ejercicio profesional de este oficio. Majorman señala, al respecto, que la ingeniería “necesita autopromoverse como disciplina adecuada para solucionar los problemas contemporáneos, convertirse en una actividad

socialmente responsable y vincularse a las cuestiones éticas que guardan relación con el desarrollo (...), esto contribuirá también a atraer a los jóvenes” [2]. Promoviendo el crecimiento de la profesión, el tratamiento de los nuevos desafíos socio-tecnológicos que plantea el siglo XXI y el intercambio entre formadores, ingenieros, investigadores y jóvenes estudiantes, a lo largo del mundo se viene realizando el Foro Mundial de Enseñanza de la Ingeniería (WEEF), habiéndose efectuado en el año 2013 en la República Argentina. En consonancia con las metas planteadas anteriormente, este 2015 se realiza en Florencia, Italia, bajo el lema “Educación de la ingeniería para una sociedad resiliente”.

4. La formación en Ciencia, Tecnología y Sociedad y el Medio Ambiente

La formación en carreras tecnológicas en general y de ingenieros en particular, implica prestar especial atención a la inclusión de contenidos de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS).

Siguiendo a García Palacios, López Cerezo y otros [3] algunos de los objetivos que se persiguen desde dicho enfoque son:

- a) La alfabetización para propiciar la formación de amplios segmentos sociales de acuerdo con la nueva imagen de la ciencia y la tecnología.
- b) El desarrollo de una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías o la implantación de las ya conocidas, transmitiendo a la vez una imagen más realista de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología, así como del papel político de los expertos en la sociedad contemporánea.

Los aportes regionales del enfoque CTS al estudio de los problemas regionales se nutren de diversas matrices teóricas y en los últimos años han generado una rica producción académica en torno a los problemas ambientales y el desarrollo sustentable.

Un elemento clave del cambio de la imagen de la ciencia y la tecnología propiciado por los estudios CTS consiste en la renovación educativa tanto en contenidos curriculares como en metodología y técnicas didácticas.

Se trata, por un lado, de proporcionar una formación humanística básica a estudiantes de ingenierías y ciencias naturales. El objetivo es desarrollar en los estudiantes una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías o la implantación de las ya conocidas, transmitiendo a la vez una imagen más realista de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología, así como del papel político de los expertos en la sociedad contemporánea

Martínez y otros [4] caracterizan al enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) en primer lugar como un campo de estudio e investigación que permite que el estudiante comprenda la relación entre la ciencia con la tecnología y su contexto socio-ambiental; en segundo lugar, es una propuesta educativa innovadora de carácter general con la finalidad de dar formación en conocimientos y especialmente en valores que favorezcan la participación ciudadana en la evaluación y el control de las implicaciones sociales y ambientales.

En apoyo a la incorporación de contenidos y actividades enmarcadas en este enfoque de educación CTS, se propone el diseño de materiales y propuestas didácticas que posean ciertos criterios en su elaboración:

- Potenciar la responsabilidad desarrollando en los estudiantes la comprensión de su papel como miembro de la sociedad, que a su vez debe integrarse en el conjunto mas amplio que constituye la propia naturaleza, contemplar las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad y promover puntos de vista equilibrados para que los estudiantes puedan elegir conociendo las diversas opiniones, sin que el profesor tenga necesariamente que ocultar la suya. (Esto contribuye a que los estudiantes se ejerciten en la toma de decisiones y en la solución de problemas).
- Promocionar la acción responsable, alentando a los estudiantes a comprometerse en la acción social, tras haber considerado sus propios valores y los efectos que pueden tener las distintas posibilidades de acción. Además se persigue buscar la integración, haciendo progresar a los estudiantes hacia visiones más amplias de la ciencia, la tecnología y la sociedad, que incluye cuestiones éticas y de valores.

5. Asignatura electiva para Ingeniería Química: Desarrollo Sustentable

En 2015, luego de haber discutido con autoridades de la Facultad, acerca de la necesidad de proporcionar a nuestros futuros Ingenieros una formación comprometida no sólo con la sociedad, sino también con el medio ambiente, se diseñó un proyecto para incorporar la asignatura Desarrollo Sustentable con electiva del área de Ciencias Sociales, esto fue aprobado y se incorporó para el quinto año de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda (UTN-FRA) a partir de la oferta académica del ciclo lectivo 2016.

La asignatura es de carácter anual, y tiene una carga horaria semanal de dos horas.

Tecnología, ambiente y sociedad constituyen los vértices de un triángulo que describe el mundo en que vivimos, esto es algo que sostienen varios especialistas y nosotros consideramos que entender esta interrelación es fundamental para la formación de los futuros ingenieros.

El propósito de la incorporación de esta asignatura en el diseño curricular de Ingeniería es introducir a los estudiantes en el estudio de las nuevas problemáticas que trajo aparejado el desarrollo tecnológico. Señala Buch [5] que hasta hace pocos años, por ejemplo, se tomaba tácitamente como válida la hipótesis de que la capacidad de mares, ríos y lagos para la absorción y digestión de residuos era ilimitada. La toma de conciencia sobre este tipo de problemas y el estudio de diferentes abordajes o estilos de desarrollo tendientes a remediar (o no) algunas de las consecuencias antes mencionadas son uno de los pilares de la asignatura.

A partir de las herramientas teóricas brindadas por sociología y la economía de la tecnología se abordan propuestas para atender el cuidado de las personas y del medio ambiente. Además se ofrecen alternativas decrecentistas y desde la economía sostenible, entre otras.

Estas nuevas corrientes, que vienen apareciendo con fuerza en Europa, proponen una visión alternativa, que pretende lograr sus resultados a partir de reconsiderar los conceptos de poder adquisitivo y nivel de vida. Para Latouche [6], el decrecimiento no es un concepto, es un simple eslogan mediático creado para escandalizar, para crear impacto. La situación en la que

está el planeta es muy preocupante, y el objetivo no es tomar medidas para ir reduciendo el consumo a largo plazo, sino buscar una solución ya, puesto que el problema ya está entre nosotros.

Además de profundizar en los alcances de la problemática, el desarrollo sostenible es objeto de estudio y preocupación en grandes organismos multinacionales, como las Naciones Unidas [7], de modo que las políticas nacionales y mundiales también juegan un rol importante en esta dinámica.

Los objetivos que se proponen son que el alumno logre:

- ❖ Valorar de manera crítica el concepto de desarrollo.
- ❖ Conocer diferentes estilos de desarrollo en relación con la valoración de la problemática ambiental que cada uno plantea.
- ❖ Comprender la vinculación que existe entre las innovaciones tecnológicas y los estilos de desarrollo.
- ❖ Ser consciente de la necesidad de hacer un uso racional de los recursos naturales no renovables.
- ❖ Identificar la problemática del desarrollo sostenible en el contexto mundial.
- ❖ Conocer planteos alternativos a la economía de materiales.
- ❖ Asumir un compromiso ético – social en el ejercicio responsable de su profesión.

Los Contenidos del programa son:

Unidad I: DESARROLLO Y ESTILOS DE DESARROLLO.

- ✓ Conceptos generales y teorías relevantes.
- ✓ Sustentabilidad.
- ✓ Desarrollo sustentable.
- ✓ Sustentabilidad ambiental.
- ✓ Ciencia, tecnología y sustentabilidad ambiental del desarrollo.

Unidad II: DESARROLLO INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

- ✓ Medio ambiente y agricultura.
- ✓ Conflictos ambientales en América Latina y Argentina.
- ✓ Política y medio ambiente.
- ✓ Planificación y gestión ambiental.
- ✓ Responsabilidad Social Empresaria.

Unidad III: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

- ✓ Documentos oficiales de Naciones Unidas
- ✓ Temas o problemas básicos implicados.
- ✓ Educación y desarrollo sostenible.
- ✓ Posiciones a favor y críticas.

Unidad IV: TECNOLOGÍA Y DESARROLLO.

- ✓ Tecnología y sociedad.
- ✓ Tecnologías para la inclusión social.
- ✓ De las tecnologías apropiadas a las tecnologías para la inclusión social.
- ✓ Sistemas tecnológicos sociales.

Unidad V: ALGUNAS RESPUESTAS HACIA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

- ✓ Relaciones sociedad, economía, naturaleza.
- ✓ Consumismo y sustentabilidad.
- ✓ Obsolescencia programada y obsolescencia percibida.
- ✓ Teorías decrecentistas. Objetivos. Críticas. Principales autores.
- ✓ Economía social, ecológica, sostenible. Fundamentos y perspectivas. Huella ecológica.

Un dato interesante, que da cuenta del interés que despierta la temática, es que hubo una cantidad de inscriptos elevada, en relación con el resto de las asignaturas electivas, que, por lo general oscila entre 5 y 10, en este caso contamos con 27 alumnos inscriptos (La especialidad Ingeniería Química, en nuestra Facultad, cuenta con una única división en quinto año y ofrece una gran cantidad de asignaturas electivas).

Durante la primera clase, se realizó una dinámica grupal con la intención de conocer las motivaciones respecto de la asignatura, los alumnos pudieron comentar, en pequeños grupos, sus intereses en el momento de elegir entre la oferta de electivas, y surgió el siguiente listado:

- ❖ Complementar los conocimientos de esta asignatura con sus experiencias laborales, dado que trabajan en áreas relacionadas con la protección del medio ambiente o higiene y seguridad.
- ❖ Su preocupación por conocer las razones que han generado los nuevos fenómenos climáticos percibidos aquí, y en otros lugares del mundo.
- ❖ Su interés por cuidar, o proteger el medio en el cual vivimos desde su formación como futuros ingenieros químicos.
- ❖ Investigar temáticas propias del área de la ingeniería química tales como: el empleo de agroquímicos, minas a cielo abierto, empleo de energías renovables, el método de fractura hidráulica, etc.
- ❖ Mejorar la calidad de vida de sus futuras familias.

La asignatura tiene carácter teórico práctica, con la modalidad de trabajo aula – taller.

Los trabajos prácticos se desarrollan durante las clases, en forma grupal, consisten en:

A. Lectura, análisis, comentario y “reproducción” de los textos que constituyen la bibliografía obligatoria para las diferentes unidades.

B. Producción de informes.

C. Elaboración, análisis, discusión y fundamentación de los elementos conceptuales que surgirán a partir de la lectura.

D. Exposición oral de las conclusiones

Trabajamos con bibliografía específica, pero incorporamos, además, el uso de distintos tipos de materiales: documentales, videos cortos, material fílmico, artículos científicos (papers),

recortes de diarios y revistas, etc., todo relacionado con los contenidos de la asignatura, y, complementamos nuestros encuentros presenciales con el aula virtual y las redes sociales.

Teniendo en cuenta el uso frecuente de redes sociales, como Facebook por parte de los estudiantes, se ha creado un Grupo cerrado de “Desarrollo Sustentable UTN-FRA”, si bien esta actividad es opcional cuenta con activa participación y nos permite compartir de manera efectiva materiales que circulan en las redes sociales, a veces propuestos por nosotros y, en otras oportunidades presentado por los mismos alumnos. Cabe destacar que, a fin de no constituirse en un simple reservorio de materiales, se ha pedido que cada elemento que se poste, incluya un comentario para indicar la intención de compartir ese material y cómo ven la relación entre ese tema o problema con su desempeño profesional.

En el quinto año de la carrera, son muchos los estudiantes que ya trabajan, muchos en áreas relacionadas con la problemática abordada por la asignatura. Por ejemplo, han referido su vinculación en áreas de gestión de residuos, prácticas de reciclado y normas de cuidado ambiental en empresas privadas y organismos públicos.

En las clases se realizan diferentes actividades en las cuales, a partir de lecturas, videos o presentaciones los alumnos participan de debates (que se fundamentan a partir de los aspectos teóricos abordados). Han realizado también exposiciones grupales sobre temas como el automóvil eléctrico o la determinación y mitigación de la huella de carbono, en los que demostraron entusiasmo, interés y compromiso.

Del desarrollo mismo de la cursada surgió, en algunas oportunidades, que los alumnos han planteado la necesidad de la existencia de asignaturas cuyos objetivos y contenidos atiendan al estudio del problema ambiental y del desarrollo sustentable expresando que les parecería interesante que tengan el carácter de obligatorias para todos los futuros profesionales.

Al inicio de las clases hemos propuesto la realización de una investigación, que dará como resultado la elaboración de una monografía, cuya presentación será durante el segundo cuatrimestre. La elección del tema tendrá relación con los ejes y conceptos trabajados.

Como perseguimos desarrollar habilidades de expresión oral y escrita, esta actividad nos permite, a partir de una breve investigación empírica en torno a una temática por ellos elegida, la elaboración de un informe final y la exposición oral utilizando recursos multimediales.

6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo hemos presentado la problemática del desarrollo sustentable como un desafío impostergable que es estudiado y teorizado por diferentes especialistas, así como también ha despertado el interés de Organismos Internacionales, que han diseñado planes a mediano y largo plazo con el objetivo de atenderla.

Entendemos que conocer acerca de estos temas es algo inherente a la práctica profesional de los Ingenieros, y, en este sentido, propusimos la incorporación de un espacio curricular específico, el mismo se caracterizó como asignatura electiva con el nombre de: Desarrollo Sustentable, y se ha ofrecido en el quinto año de la carrera de Ingeniería Química en el ámbito de la UTN-FRA, a partir de 2016.

De esta primera edición, más allá de describir los objetivos de formación, en cuanto a la experiencia de aula propiamente dicha observamos que:

- La asignatura despertó el interés de los estudiantes de la especialidad ya que contamos con un elevado número de inscriptos.

- La actitud de los estudiantes es crecientemente participativa, tanto en los debates planteados en clase, como en las exposiciones orales que tuvieron lugar durante las clases y en el grupo de Facebook.
- Los estudiantes valoran la presencia de estos tópicos en el currículo de su carrera, considerando el aspecto del desarrollo sustentable y el cuidado del ambiente como una cuestión fundamental en su formación profesional.

El enfoque CTSA es muy adecuado como herramienta analítica y educativa en el dictado de esta materia, tanto en los contenidos como en estímulo creciente del interés y participación de los alumnos.

La experiencia recogida por especialistas de otras instituciones respecto al trabajo con el enfoque CTSA da cuenta de haber propiciado una reflexión sistemática acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y esto ha devenido en una transformación de los roles que asume el profesor y el estudiante en el aula, en este sentido, el estudiante se reconoce a su vez como “ciudadano en formación”, y, como tal requiere del conocimiento científico y tecnológico no solo en su lógica interna (cuerpos teóricos, conceptos, metodologías y productos) sino desde sus implicaciones sociales y ambientales.

Si bien este enfoque requiere de una dinámica de interacción con los estudiantes diferente a la tradicional e incorpora el uso de otros espacios asincrónicos, como el aula virtual o las redes sociales, ha tenido, en nuestra incipiente experiencia, resultados favorables, que se traducen en un aprendizaje significativo que podemos observar de una clase a la otra. Esperamos, con el tiempo, integrar en la oferta académica al resto de las especialidades que se cursan en nuestra Facultad, ya que, como afirmamos a lo largo de nuestro trabajo, la formación de Ingenieros para el desarrollo sustentable debería ser un objetivo general, y no específico de una especialidad por sobre las demás. Habida cuenta del impacto que ha tenido el desarrollo tecnológico, el cual no atiende diferencias, consideramos que estos contenidos deberían ser parte de la formación integral de todo Ingeniero.

7. Referencias

- [1] CONFEDI, (2001) *Estudio del vocablo Ingeniería*. Informe del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, Buenos Aires 24/8/01.
- [2] MAJORMAN, T. (coord.) (2010). *Engineering: Issues, challenges and opportunities for development*. Paris, Unesco, ISBN 978-92-3-104156-3.
- [3] GARCÍA PALACIOS, E.M., LÓPEZ CEREZO, J.A. y otros (1996) *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una aproximación conceptual*. Cuadernos de la OEI. Tecnos. España
- [4] MARTINEZ, L. y otros (2006) *Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados*. Disponible en: <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p24.pdf> (Consultado en abril de 2016)
- [5] BUCH, T. (2013). *Desarrollo y Ecopolítica. Los grandes debates de la tecnología, el ambiente y la sociedad*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- [6] LATOUCHE, S. en: *De... Crecimiento*. (2011): Sitio web, disponible en: <http://teoriadeldecrecimiento.jimdo.com/>
- [7] NACIONES UNIDAS, 2012, Rio+20, *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible*. Río de Janeiro, Naciones Unidas.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA Y ENTRENAMIENTO EN LA OPERACIÓN DE UN REACTOR NUCLEAR

Walter Miguel Keil, F.C.E.FyN. - UNC, walter.keil@unc.edu.ar

Jorge Osvaldo Odetto, F.C.E.FyN. - UNC, jorgeodetto@gmail.com

Sebastián Triviño, F.C.E.FyN. – UNC - trivino.sebastian@gmail.com

Norma Adriana Chautemps, F.C.E.FyN. - UNC, achautemps@unc.edu.ar

Laura Cecilia Díaz Dávila, F.C.E.FyN. - UNC, laura.diaz@unc.edu.ar

Resumen -- El objetivo de esta presentación consiste en difundir los resultados de las experiencias en formación y capacitación para actividades relacionadas con Física de Reactores Nucleares y de Radio Protección, temas de interés relevante en Ingeniería.

Se resumen los aspectos involucrados en estas actividades de experiencias educativas, que se vienen desarrollando desde el Centro Universitario de Tecnología Nuclear de la Universidad Nacional de Córdoba, haciendo énfasis en la evolución de las tecnologías educativas utilizados a lo largo del tiempo.

Palabras clave— *Educación, Innovación, TIC, Laboratorio de Energía Nuclear.*

1. Introducción

La Universidad Nacional de Córdoba cuenta con un reactor de investigación de baja potencia denominado RA-0 (Reactor Argentino número cero) destinado a la formación de recursos humanos en el ámbito de las radiaciones ionizantes y ciencias nucleares. El reactor RA-0 está equipado con dispositivos experimentales educativos y de formación específicos, siendo único en su tipo en la región para su uso en educación, investigación y entrenamiento. La sala de control está provista de un espacio interactivo y además cuenta con instalaciones conexas como lo son: un laboratorio de radionucleídos, un laboratorio de electrónica y un laboratorio en proyecto aún, para el análisis de activación de neutrones; todos ellos constituyen los elementos

indispensables para las actividades educativas y de formación específica que se ofrecen a los interesados en el campo de la medicina y de la energía nuclear.

A esta instalación asisten para su formación específica personal ingresante y en reentrenamiento de la Central Nuclear Embalse, estudiantes universitarios de las áreas de ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería biomédica y también profesionales médicos donde se capacitan en la metodología y aplicación de radionucleídos para su uso en el diagnóstico en el área de la medicina nuclear.

Los operadores y oficiales de protección radiológica de la Central Nuclear de Embalse se han capacitado en esta institución utilizando las instalaciones del reactor desde 2005. La instrucción y formación se basa en unidades teóricas y prácticas. Su duración depende de las necesidades de los temas de los usuarios o destinatarios y cubren aspectos de la física nuclear, protección radiológica y teoría de reactores nucleares. Se realizan prácticas en el reactor con una duración de aproximadamente 4 días (8 horas de funcionamiento por día).

En un reactor de investigación la formación académica es una disciplina específica diferente al trabajo de investigación que se lleva a cabo en forma rutinaria en este tipo de instalaciones. Los costos de funcionamiento del reactor son muy altos comparados con otros laboratorios, razón por la cual el necesario utilizar el tiempo de actividad del reactor de la manera más eficiente posible [1]

1.1 Historia

Finalizada la década de 1950, y a instancias de la empresa de provisión de energía eléctrica de Córdoba, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) inicia los estudios de factibilidad para la instalación de una central nucleoelectrica en esta provincia.

Previendo la necesidad de formación de personal local en el área de reactores nucleares, la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) y la CNEA firman en 1969 un convenio por el cual el Reactor Nuclear RA-0 es trasladado a la capital de la provincia. Su finalidad es la formación de nuevos técnicos y profesionales en el área de la energía nuclear.

2. Descripción de las facilidades disponibles

2.1 Infraestructura y equipos

El reactor está actualmente en un edificio especialmente preparado en la Universidad Nacional de Córdoba. La estructura de la sala es sismo resistente, de hormigón armado. Los blindajes en la misma están formados por un laberinto de hormigón baritado de 60 cm de espesor.

El Reactor Nuclear RA-0 es un reactor de los denominados de potencia cero. Esto significa que trabaja normalmente a potencias muy bajas (del orden de 1 watt). Esta característica hace que no necesite sistema de refrigeración, pues el calor producido en el núcleo es muy poco.

El núcleo del reactor tiene una geometría de corona circular formada por dos tanques concéntricos y separables de aluminio anodizado. El tanque interior es postizo y desmontable para permitir eventuales trabajos laterales que requieran configuraciones cilíndricas o no anulares.

Los elementos combustibles son de una mezcla en peso de 70% de óxido de uranio enriquecido al 20,09 % en uranio 235 (U_{235}), 15% de brea aglutinante y 15% de grafito.

Limitando la zona activa del núcleo, existen dos volúmenes de reflector de grafito de pureza nuclear, que tiene perforaciones en las cuales se alojan los instrumentos de medición.

Como moderador, se usa agua liviana desmineralizada, la cual es almacenada en un tanque de reserva ubicado a nivel del piso.

La cañería de impulsión tiene una estrangulación de modo que la velocidad de llenado está limitada a valores compatibles con los requerimientos de seguridad. Esto es así pues el llenado implica adición de reactividad.

La válvula de seguridad conectada en la línea de descarga que va desde el tanque del núcleo al tanque de reserva, se abre mediante la acción de una serie de resortes tensionados que garantizan la falla de la misma hacia la condición más segura. El cierre se efectúa mediante electroimanes cuando se dan las condiciones lógicas para la inundación del núcleo.

Figura 1: Núcleo del reactor

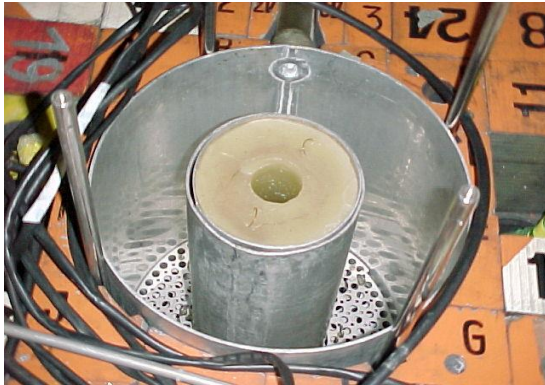
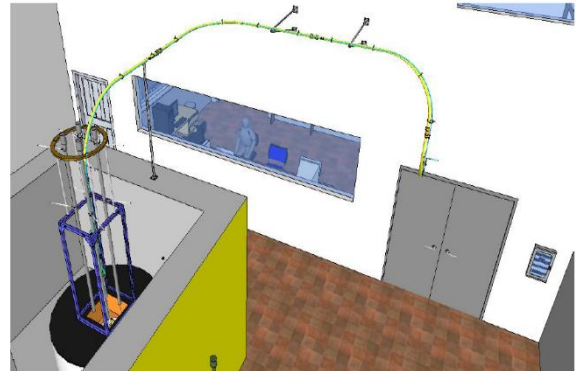


Figura 2: Vista aérea del núcleo



Para ello se dispone de espacios propios del reactor nuclear, como otros de uso común en el ámbito de la facultad

2.2 Mecanismos de Control

La reactividad del reactor se controla por un sistema de cuatro barras de cadmio envainadas en acero inoxidable, cuyo movimiento se realiza desde sala de control por medio de pulsadores manuales.

Para el arranque del reactor, se dispone de una fuente de neutrones que inicia las reacciones necesarias para el funcionamiento del mismo.

Todos los sistemas de control se comandan desde una sala separada del núcleo propiamente dicho.

3. Descripción de las actividades de enseñanza

Los Disparadores que, como se describió anteriormente, dieron luz a la necesidad de constitución del CUTEN y sus actividades, surgieron como necesidad de difundir la ciencia y la tecnología nuclear en el ámbito de la Universidad a solicitud de la CNE dado el desarrollo de la Tecnología Nuclear en el país, conforme a los Requerimientos del Ente Regulador en cuanto a capacitación para obtención de permisos individuales. En relación a la Radio Protección, a solicitud de las áreas de salud sobre entrenamiento en el manejo de radioisótopos y radiaciones por parte de los profesionales.

Los cursos fueron diseñados para ser dictados con diferentes modalidades tales como: a distancia, presenciales o semi-presenciales, siendo esta última la metodología más utilizada.

Los cursos están destinados a profesionales de las áreas de salud e ingeniería fundamentalmente y la capacitación es impartida por docentes especializados en materias teórico-prácticas, y por operadores del reactor para los aspectos de laboratorio. Por otra parte se desarrollan recursos en tecnología educativa tendientes a mejorar la forma de transmitir conocimientos.

La principal actividad es presencial y se brinda a la Central Nuclear Embalse en razón de su proximidad geográfica. Las demás modalidades están en continua evolución a través del desarrollo de aulas virtuales y simuladores.

3.1 Como ejemplo se detallan algunos de los cursos (blended learning) modalidad presencial con apoyo de recursos virtuales:

- Curso de Acceso a Área Controlada: se han dictado 25 cursos en dos años cuya duración es de 72 horas, destinados a 30 alumnos por cursos. Los participantes pertenecen a la referida Central y requieren formación específica en física de las radiaciones y seguridad radiológica o convencional. Este curso tiene una introducción sobre física nuclear y luego un fuerte contenido de temas de radioprotección.
- Curso de Licenciamiento: para la obtención de licencia y autorización específica para desempeñarse como operadores y oficiales de radioprotección. Los permisos individuales los otorga la Autoridad Regulatoria Nuclear a través de un examen escrito y oral. En la última evaluación el éxito en obtener la licencia individual fue del 75 % de los alumnos. Este curso tiene una introducción sobre física nuclear y luego un fuerte contenido de temas en física de reactores y de radioprotección, su duración es de 80 horas
- Iniciación a Centrales Nucleares: curso destinado a técnicos que necesitan mantener actualización en temas referidos a la física nuclear, física de reactores y radioprotección. Este curso incluye prácticas de operación de reactores en el Reactor Nuclear RA-0 de la mencionada facultad. Este curso tiene una introducción sobre física nuclear y luego un fuerte contenido de temas en física de reactores y de radioprotección. La formación se completa con prácticas en el reactor utilizando la instrumentación del operador. Duración de clases teóricas: 12 días (6 horas por día), 72 horas en total. Total de Alumnos en clase: 30 alumnos

Duración de prácticas en el reactor: 2 días (8 horas por día). 16 horas en total.
Total de alumnos en cada práctica: 7 alumnos

- Curso sobre Operación y Funcionamiento de Centrales Nucleares: curso destinado a profesionales. Abarca contenidos con mayor profundidad en temas de física de reactores, radioprotección y seguridad nuclear de Centrales Nucleares. La formación se completa con prácticas en el reactor utilizando la instrumentación del operador. Duración de clases teóricas: 12 días (6 horas por día), 72 horas en total. Duración de prácticas en el reactor: 2 días (8 horas por día). 16 horas en total
- Curso sobre Metodología y Aplicación de Radionucleídos: este curso abarca las necesidades en el ámbito de la Salud, es impartido a Profesionales de la Salud y se dicta a nivel regional abarcando las provincias del centro y norte del país. Este curso otorga créditos para que el profesional obtenga una licencia para uso de radioisótopos en el diagnóstico en el área de la salud. Duración de clases teóricas: 7 meses (16 horas por mes). Duración de prácticas en laboratorio de radioisótopos conexo al reactor: 2 meses (16 horas por mes)

3.2 Descripción de una jornada de un caso de experiencias para alumnos de la CNE

Algunos de los cursos enumerados se complementan con una jornada consistente en dos días de trabajo con experiencias como las que se muestran a continuación (Ilustración 3, 4, 5 y 6):

Figura 3: Jornada de dos días de trabajo

CRONOGRAMA	
DÍA 1	
MAÑANA:	
<ul style="list-style-type: none">• Bienvenida• Recorrida por el Reactor• Teórico: Laboratorios• Teórico: Operación del Reactor• Práctico 1: Aproximación a crítico por nivel de moderador	
TARDE:	
<ul style="list-style-type: none">• Práctico 2: Relación Nivel de Moderador - Reactividad	
DÍA 2	
MAÑANA:	
<ul style="list-style-type: none">• Práctica de Operación: Puesta a crítico con Barras de Control• Práctico 3: Calibración de Barra (Tramo Superior) - Método del Período Asintótico	
TARDE:	
<ul style="list-style-type: none">• Práctico 4: Determinación del Coeficiente de Reactividad por Vacío• Práctico 5: Determinación del Coeficiente de Reactividad por Temperatura• Conclusiones• Despedida	

Figura 4: entrenamiento en el reactor



Figura 5: Prácticos en el reactor



Figura 6: Visita a la instalación



3.3 Otras actividades

Por otra parte se realizan actividades relacionadas con la operación del reactor nuclear tales como:

- Demostraciones para alumnos que visitan la instalación.
- Prácticas para los alumnos de la materia Física III, dentro del módulo de Física Nuclear.
- Pruebas instrumentos para otras instalaciones como Sistema Electrónico de Adquisición de Datos (SEAD).
- Operaciones On Line, es decir a través de video conferencia alumnos de la Facultad de Matemática Astronomía y Física presencia la operación, realizan consultas a los operadores y observan las variaciones del reactor a través del SEAD.

4. Investigación y Desarrollo

En lo referido a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico vinculadas a otras instituciones universitarias y de ciencia y tecnología, se mencionan las siguientes:

- Implementación en el RA-0 del primer reactímetro digital en Subcrítico del país.
- Desarrollo de un Sistema Electrónico de Adquisición de Datos (S.E.A.D.) el cual se instaló en otros reactores del país y Chile.
- Desarrollo de instrumentación para reactores de investigación.
- Desarrollo de instrumentos portátiles de medición y detección de radiaciones ionizantes.
- Proyectos de investigación aprobados por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNC.

El Reactor Nuclear RA-0 se utiliza principalmente para actividades académicas tanto en materias de grado (física, transferencia de calor, centrales nucleares) de las carreras de ingeniería, como en posgrado (maestría en ambiente, doctorado en medicina nuclear), y en actividades de extensión (curso para medicina nuclear, uso de radionucleidos en industria, investigación, y aplicaciones tecnológicas).

La capacitación en centrales nucleares cubre áreas de nivel técnico y profesional, tanto para ingreso a planta como para adquirir licencias para operación y radioprotección. La ventaja que ofrece el estar insertos en un ámbito educativo, es que se otorgan certificados emitidos por la Universidad Nacional de Córdoba, con el respaldo académico que eso implica. Por otra parte, reduce costos por parte de la central nuclear dado que los cargos docentes los cubre la universidad, siendo el aporte del costo de los cursos destinados a mejorar la infraestructura y tecnología del reactor nuclear.

En cuanto a la investigación, se ofrece la instalación a otras dependencias de la universidad para realizar tesis de maestría, doctorados, grado y prácticas supervisadas. Esta es una ventaja al vincular diferentes disciplinas de la ciencia y la tecnología, fortaleciendo lazos académicos. El reactor dispone de canales de irradiación donde se colocan muestras a irradiar para su posterior estudio. Las aplicaciones van desde las ciencias naturales hasta pruebas de materiales sometidos a flujos de radiaciones ionizantes.

5. Incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en las actividades del reactor.

La modalidad utilizada en el dictado de cursos en el reactor nuclear fue evolucionando, desde pizarrón y tiza hasta el proyector de diapositivas y el retroproyector como herramientas complementarias para el desarrollo de las clases teóricas. En todos los casos y en lo referido a Física de las Radiaciones, como principal asignatura, se realizaban trabajos prácticos de laboratorio utilizando instrumentos portátiles de detección y medición de las radiaciones, como la operación del reactor.

Con el devenir de la tecnología informática el dictado de las clases se fue modificando paulatinamente. Eso ha facilitado la capacitación a alumnos que cumplen turnos de trabajo y por tanto tienen dificultades para asistir en determinados horarios. Por otra parte evita el traslado de personas que no pueden abandonar la asistencia a la jornada laboral. En vista a esas limitaciones se diseñaron cursos con modalidad a distancia utilizando aulas virtuales disponibles en un servidor propio de la instalación.

El principal desafío con esta nueva modalidad fue la generación de contenidos educativos aplicables a las plataformas educativas. Tal es el caso de videos, mapas conceptuales, objetos de aprendizajes, hipertextos, como así también confeccionar el aula teniendo en cuenta aspectos de colaboración y cooperación para la enseñanza en línea.

5.1 Desarrollo de herramientas educativas

En busca de mejorar las actividades de capacitación y entrenamiento en las carreras de grado y en los cursos de posgrado, tanto de la industria nuclear como de la salud, se desarrollaron algunas herramientas educativas virtuales, y en otros casos se incorporaron las que se encuentran disponibles en internet con la consabida adaptación y evaluación de la misma.

Uno de los softwares desarrollado por el grupo de trabajo del reactor, es un simulador de detector de radiaciones ionizantes que interactúa con una fuente de radiación y permite advertir la presencia de material radiactivo para estimar la exposición a la que se somete un individuo presente en el lugar. Con la aplicación de este software se pretende evaluar el entrenamiento desarrollado por los estudiantes en situaciones de riesgo, detectar errores a fin de subsanarlos y evitar daños tanto en las personas que trabajan con radiaciones como en el instrumental que utilizan para las prácticas de laboratorio. Este tipo de herramientas evita disponer de radioisótopos que suelen ser de elevado costo y decaen rápidamente en el tiempo por lo que se las debe reponer periódicamente. Por otra parte, evitan dañar los instrumentos de medición por errores cometidos en la manipulación de los mismos. Por ello, el aprendizaje mediante la implementación de un software de simulación de un laboratorio virtual ofrece un abordaje educativo a la vez preventivo y seguro en la manipulación de una amplia variedad de datos que al mismo tiempo facilita la verificación cualitativa y cuantitativa de las leyes científicas implicadas en la manipulación de material radiactivo [2].

Con un simulador de laboratorio los futuros practicantes se habrán de encontrar ante situaciones reales para las cuales la ocurrencia de errores no habría de provocar daños al manipular instrumentos sofisticados, delicados y escasos. De esta manera se puede potenciar sin riesgos la adquisición y desarrollo de destrezas cognitivas, habilidades y competencias procedimentales dadas las ventajas que ofrece el aprendizaje por simulación para la comprensión y comprobación del funcionamiento de los sistemas implicados que no son posibles de experimentar en un laboratorio real. Como sostienen Guaralnick y Levy, “se torna factible investigar tanto conceptos teóricos como el poder centrarse de manera reflexiva en situaciones prácticas mediante la recreación específica de operaciones de funcionamiento”[3].

5.2 Incorporación a redes educativas

El dictado de cursos o materias en la modalidad a distancia se apoya en la utilización de la plataforma CLP4NET del sitio de LANENT (URL:<https://plms.lanentweb.org>) correspondiente a la Red Latinoamericana de Educación a Distancia.

Esta plataforma permite subir material de estudio para los alumnos, además de mantener un vínculo permanente entre los mismos y los docentes de cada materia, fundamental durante el período de estudio a distancia.

La implementación de esta plataforma para su utilización por parte de los docentes ha representado una ventaja significativa, ya que liberó a los mismos de las tareas inherentes a la instalación y mantenimiento de una plataforma educativa (tareas que no son propias de su ámbito), permitiendo a los mismos centrarse en las cuestiones pedagógicas de la enseñanza.

- La utilización de una pizarra electrónica con su software asociado (Mimio Studio), lo que permite grabar las clases tal como serían desarrolladas en una pizarra real.
- Software de edición de imágenes y video (en general se utiliza GIMP para el primer caso y MovieMaker para edición de video).
- El canal de Youtube del C.U.Te.N.

(URL :<https://www.youtube.com/channel/UCAqYymDRTTeJQuciTp2LygA>).

Por otra parte se utiliza para diseñar aulas virtuales la plataforma Moodle diseñada por el Centro Universitario de Tecnología Nuclear (CUTeN) disponible en <http://www.ra0.efn.uncor.edu/moodle/>

En ese espacio se diseñaron aulas como las que se muestran a continuación:

Figura 7: aulas virtuales



5.3 Implementación de TIC para la accesibilidad virtual a las actividades de operación

La operación del Reactor Nuclear RA-0 se realiza para entrenamiento y capacitación de profesionales que se encuentran desempeñando tareas en una central nuclear. Ante la necesidad de fortalecer las prácticas a distancia, se desarrolló un software web de Simulación del Reactor Nuclear RA-0 como instrumento de entrenamiento en la operación de Reactores Nucleares y de enseñanza de Física de Reactores. Se trabaja con esta tecnología con los ingresantes a la CNE que están tomando los cursos que dicta el RA-0, bajo la guía de un supervisor. El uso del simulador permite modificar las condiciones de entorno y aplicar los conocimientos teóricos en el análisis de los resultados alcanzados, para luego de haber demostrado destreza y conocimientos suficientes, pasar a la etapa de operación del reactor propiamente dicha. Los practicantes se encuentran ante situaciones reales pero con la ventaja que los errores cometidos no afectan el funcionamiento de la instalación. Por otra parte permite hacer comprobaciones o pruebas que no son factibles en un reactor en funcionamiento.

Disponer del simulador desarrollado permite complementar las prácticas de estudio y realizar ensayos previos a la operación. Esto es factible debido a las características del reactor a simular, que es de potencia cero, sin sistema de refrigeración y sin componentes termohidráulicos. Estas

características favorecen la comprensión del funcionamiento y el comando de las componentes neutrónicas.

Otras experiencias realizadas consistieron en una operación a distancia realizada con alumnos de otra facultad desde donde daban indicaciones por medio de una cámara web a los operadores y desde donde observaban la evaluación del reactor a través de un sistema electrónico de adquisición de datos.

6. Conclusiones

Las clases teóricas y cursos en las universidades se complementan con prácticas experimentales, esa metodología se ha puesto en práctica particularmente en nuestro reactor nuclear ya que ha sido diseñado como “facilidad crítica”. Los reactores de investigación en general pueden ser usados para la formación de los estudiantes en todos los niveles académicos, no sólo en la ingeniería nuclear, sino también en diversas carreras tecnológicas o en el área de la salud. Las actividades de formación en el reactor RA-0 cubren una amplia gama de cursos para distintos usuarios como lo son los futuros operadores y oficiales de radioprotección de reactores de centrales nucleares de potencia.

Con más de 10 años de operación del reactor de entrenamiento RA-0 revelan que la instalación ofrece un papel clave en el orden nacional y regional de educación en el área de la energía nuclear como también en el ámbito de usos de las radiaciones en medicina nuclear y está más ampliamente involucrado en la formación de los estudiantes de Latinoamérica.

El desarrollo e inserción de aulas virtuales y espacios de educación a distancia mejoró la transferencia de conceptos básicos en la preparación de las prácticas y su internalización por parte de los participantes en formación.

Por último, las experimentaciones vivenciales de instrumentación, mandos y de acceso al núcleo, contribuyeron a visibilizar la realidad en la dimensión práctica de las habilidades en el mejor desempeño de las acciones en su lugar de trabajo específico.

7. Referencias

- [1] L. Sklenka¹, J. Rataj (2014, November 21th) Education and Training at Low Power Research Reactor VR-1 for National and International Students and Trainees. The 16th

IGORR CONFERENCE / IAEA TECHNICAL MEETING, Bariloche Argentina.
<http://www.igorr.com/scripts/home/publigen/content/templates/Show.asp?P=899&L=EN>.
Consultada en febrero 2016.

- [2] Gómez. B. (1997, 1 de setiembre). Pensamientos de Albert Einstein sobre Educación [*Versión electrónica*], Talleres sobre Tópicos de Física Contemporánea. Taller, 1. Colombia: Universidad de Los Andes. Consultado en setiembre de 2016
http://www.prof.uniandes.edu.co/~bgomez/einstein_edu.html
- [3] Guaralnick, D., y Levy, C. (2009, February 1st.). Putting the Education into Educational Simulations: Pedagogical Structures, Guidance and Feedback [*Versión electrónica*], Kaleidoscope Learning, 2(1), 10-15. New York, NY: USA. <http://www.online-journals.org/index.php/i-jac/article/view/693/792> Consultado en octubre 2015.

LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE (OA) COMO DINAMIZADORES DE LAS CLASES DE INGENIERÍA

Liberto Ercoli y Virginia Azurmendi

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca

Departamento Ingeniería Mecánica

libercoli@frbb.utn.edu.ar; vazurmendi@frbb.utn.edu.ar

Resumen— El trabajo introduce a los denominados objetos de aprendizaje (OA) como herramientas movilizadoras de los alumnos haciendo foco en la relación teoría-práctica. Se aborda el concepto de objetos de aprendizaje como recursos educativos digitales amplios que, además de abarcar contenidos, contemplan características que son necesarias para el óptimo desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Se presenta una experiencia innovadora a partir de la inclusión de estos “objetos” en la forma de contenidos ampliados publicados en línea e insertados mediante códigos QR en el libro de texto tradicional de la asignatura Mecánica Racional del tercer nivel del diseño curricular de Ingeniería Mecánica. Los materiales, de elaboración propia, consisten por una parte en videos didácticos explicativos conceptuales y/o ilustrativos filmados en ambientes industriales y relacionados con la práctica de la ingeniería en relación a los temas estudiados. Por otra parte, se provee material didáctico en formato texto, como problemas ejemplos resueltos haciendo hincapié en la relación entre las herramientas desarrolladas en la teoría y su aplicación para la resolución de los problemas propuestos en las guías de trabajos prácticos.

Palabras clave— *Objetos de aprendizaje (OA), Contenidos ampliados, Educación de Ingeniería.*

1. Introducción

Los estudiantes ya no encuentran atractivas las modalidades tradicionales de actividades en el aula, ni la estructura lineal y universal de los libros de texto. Los nativos digitales que llegan a las universidades demandan métodos de aprendizaje más interactivos y en tiempo real. Los contenidos se mueven a tal velocidad que para dar respuesta, los libros actuales deberían ser más flexibles y personalizados, y por otra parte los docentes no terminan de adaptarse a los cambios tecnológicos y culturales.

En concordancia con estas necesidades, la explosión de sofisticadas tecnologías de información y comunicaciones (TICs) en los últimos años, tales como tabletas y teléfonos inteligentes, puestas al alcance de la mano de una gran franja de la población en los distintos ciclos de formación, está impactando fuertemente en las aulas. Al respecto, Podestá y Shelenkova [1] sostienen que el uso de TICs dentro de las universidades ayudó a aumentar efectivamente la calidad de la educación superior; y que [2] el uso de dispositivos móviles

combinado con la enseñanza tradicional y con medios de aprendizaje en una facultad técnica mejora la satisfacción de los estudiantes. La Referencia [3] describe el uso de tabletas en clases de matemática.

Paralelamente, una creciente cantidad de docentes intenta la incorporación de videos y libros digitales como estrategias para hacer más atractivas sus clases [4-5].

La abundante producción global de materiales multimediales ha dado lugar a la necesidad de evaluarlos para medir su calidad, haciendo que los mismos se encuadren en el concepto de “objetos de aprendizaje (OA)” como recursos educativos amplios que, además de abarcar contenidos, contemplan los procesos que son necesarios para el óptimo desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje [6-8].

En este trabajo se presenta una experiencia innovadora a partir de la inclusión de estos “objetos” en la forma de contenidos ampliados publicados en línea e insertados mediante códigos QR en un libro de texto tradicional.

2. Objetos de Aprendizaje (OA)

La Universidad Politécnica de Valencia [7], define en su ámbito al OA como la unidad mínima de aprendizaje, en formato digital, que puede ser reutilizada y secuenciada. Así, estos pequeños componentes se conciben como elementos integrados e integradores del proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de mejorar su rendimiento y nivel de satisfacción.

Siguiendo la misma Referencia, los OA deben poseer una serie de características para que sean considerados como tales:

Formato digital: tienen la capacidad de actualización y/o modificación constante, son utilizables desde Internet, accesibles a muchas personas simultáneamente y desde distintos lugares.

Propósito educativo: el objetivo de estos objetos es asegurar un proceso de aprendizaje satisfactorio. El OA no sólo incluye contenidos sino que también guía el propio proceso de aprendizaje del estudiante.

Contenido interactivo: posibilitan la participación interactiva de cada individuo (docente – alumno/s) en el intercambio de información. Para ello estos objetos incluyen actividades (ejercicios, simulaciones, cuestionarios, diagramas, videos, gráficos) que permiten facilitar el proceso de asimilación y el seguimiento del progreso de cada alumno. Para que se produzca el aprendizaje, el estudiante debe estar activo cognitivamente, en este sentido, los objetos de aprendizaje deben favorecer esa activación cognitiva por parte del alumno ya sea por medio de su enfoque o a través de los elementos que componen el objeto, entre otras cosas.

Indivisibles e independientes: deben poseer sentido en sí mismos y ser autocontenidos. No pueden descomponerse en partes más pequeñas.

Reutilizables: son utilizables en contextos educativos distintos a aquel para el que fueron creados.

Según Serrano Islas [9] se pueden observar dos áreas de conocimiento relacionadas con los objetos de aprendizaje, la pedagógica y la tecnológica. La primera se encarga de los aspectos pedagógicos asociados al diseño y desarrollo de contenido educativo basado en el concepto de objetos de aprendizaje que debe ser funcional para varios contextos de aprendizaje; mientras que la segunda aborda los retos tecnológicos relacionados con el desarrollo de sistemas y plataformas educativas fundadas en este concepto.

3. OA en Mecánica Racional

Tomando en cuenta las definiciones y criterios de los OA, los autores han desarrollado materiales didácticos multimediales que se adicionan al libro de texto de la asignatura Mecánica Racional [10] del tercer nivel del diseño curricular de Ingeniería Mecánica. Los materiales didácticos, de elaboración propia, consisten tanto en videos como en documentos de formato texto.

El acceso a los materiales complementarios se facilita a los usuarios del libro de texto mediante el código QR de la Figura 1 que se provee al inicio del mismo.



Figura 1. Código QR para acceso a los OA

Con el objeto de garantizar una mayor accesibilidad, los materiales en web también se alcanzan mediante el hipervínculo:

http://www.edutecne.utn.edu.ar/mec_racional/mec_racion-anexos.html

La identificación de los videos comienza con el capítulo del libro al cual corresponden, siguiendo con el título del tema con el que se relacionan y finalizando con la extensión “teoría”, “ejercitación” o “aplicaciones” ya sea que se utilicen para reforzar cuestiones teóricas, explicar ejercicios o mostrar mecanismos respectivamente [11]. Hasta el presente se han desarrollado e incluido los siguientes videos:

Capítulo 1. Marco de referencia y sistemas coordenados – Teoría (4:16 min). Explica la diferencia entre el objeto o partícula respecto del cual se desea estudiar un movimiento y los distintos sistemas coordenados que se adoptan para expresar las magnitudes vectoriales.

Capítulo 2. Movimiento absoluto y relativo – Teoría (3:36 min). Explica la diferencia entre el método denominado absoluto para el estudio del movimiento y el método relativo, aplicados a sistemas materiales rígidos.

Capítulo 2. Clasificación de los Movimientos – Aplicaciones (11:33 min). Ejemplifica mediante máquinas y mecanismos los movimientos simples y compuestos definidos en la teoría.

Capítulo 2. Engranajes planetarios y cajas de engranajes – Aplicaciones (14:11 min). Ejemplifica con cajas reductoras planetarias de inyectores turbo, diferenciales y cajas automáticas. Visualizan mecanismos propuestos como problemas en la práctica.

Capítulo 4. Giróscopo – Aplicaciones (20:40 min). Ilustra el comportamiento del giróscopo. Se explica el caso de precesión estable normal como aplicación industrial.

El material didáctico en formato texto desarrollado hasta el presente consiste en resoluciones detalladas de ejercicios tipo de Cinemática del Cuerpo Rígido trabajando con los métodos absoluto y relativo y con ternas fijas y móviles:

Capítulo 2. Ejemplo resuelto - Rotaciones concurrentes. Archivo PDF.

Capítulo 2. Ejemplo resuelto - Rotaciones alabeadas. Archivo PDF.

4. Experiencias con los OA

La metodología docente ha consistido en el dictado de clases teóricas y prácticas convencionales, bajo la modalidad expositiva dialogada, promoviendo a la vez que los alumnos utilicen los videos y materiales complementarios fuera del horario de clase, con el doble propósito de enriquecer sus momentos de estudio de la materia y disminuir las consultas previas a exámenes parciales y finales.

Se ha observado que una amplia mayoría de los alumnos posee la tecnología necesaria y valora la herramienta. La utilización del libro con complementos en web comenzó en el ciclo lectivo 2015, produciendo una mejora en los procesos de aprendizaje en la medida que los mismos posibilitan que los estudiantes puedan observar varias veces un mismo tema. Por otro lado, resignifican procesos de la clase cuando ven resultados adecuados al desarrollarse bajo esta modalidad. Los sistemas simbólicos de los videos son un aspecto relevante de los mismos como medio didáctico, ya que interaccionan con determinadas habilidades cognitivas de los alumnos y se insertan dentro de un diseño curricular que determina su diseño y estrategia de utilización.

Hay actividades en las que se aprecia una mayor utilización de los complementos. Ejemplo de ello es el video sobre giróscopos, el cual es evaluado por los alumnos como “el más destacado”, atribuyéndole que “está muy bien explicado” por la dificultad que significa “imaginar el fenómeno”.

Los complementos de texto, en cambio, tratándose de problemas resueltos en detalle, son más utilizados en días previos a exámenes parciales y finales. Al respecto, se ha podido constatar una disminución de clases de consulta presenciales previas a los exámenes y un incremento del flujo de consultas por email y aula virtual en relación a las interpretaciones de los complementos en línea.

Sin embargo, en la modalidad de uso propuesta para las clases, consistente en la visualización fuera del aula del material con anticipación a las mismas, no se advierte una mejora en los resultados que se acerque a las expectativas de la cátedra. Este hecho evidencia la necesidad de un cambio para la utilización más intensiva de los contenidos aportados por los materiales multimediales durante las clases, promoviendo la cultura de un uso más regular y masivo, migrando de la metodología tradicional de clase a nuevas prácticas alternativas.

Al efecto, y con el doble objetivo de investigación y docencia, se han planificado para finales del presente ciclo lectivo clases integradoras con el modelo de aula invertida (flipped classroom). Si bien se admite que no hay un único modo de implementación, en este modelo pedagógico los estudiantes observan videos cortos en el hogar previo a la clase, mientras que en la misma el tiempo se dedica a ejercicios, proyectos o discusiones. El desarrollo de un tema en video se ve a menudo como el ingrediente clave en la aproximación invertida; las clases pueden ser elaboradas por el docente y puestas en línea o seleccionadas de algún repositorio.

La noción de clase invertida se relaciona automáticamente con conceptos tales como aprendizaje activo y compromiso del estudiante. El valor de esta metodología estriba en la reformulación del tiempo dedicado a la clase, que se convierte en un taller donde los estudiantes pueden preguntar sobre los contenidos de los temas a aprender, probar sus habilidades en la aplicación del conocimiento e interactuar entre todos en actividades prácticas (hands on). Durante las clases, los docentes funcionan como tutores o consultores, alentando a los alumnos en las preguntas individuales y en el esfuerzo colaborativo. En este modelo los estudiantes participan activamente de la construcción del conocimiento y asumen la mayor parte de la responsabilidad del aprendizaje.

A modo de ejemplo, se presentan a continuación los principales aspectos de una de las clases planificadas.

Tema-problema (a aprender por los alumnos e investigar por los docentes). Estudio cinemático del movimiento de los cuerpos rígidos.

Objetivos de aprendizaje. Objetivo general: Comprender la cinemática del movimiento del cuerpo rígido. Objetivos específicos: Entender la cinemática del cuerpo rígido desde el punto de vista de un observador absoluto; Interpretar los conceptos de marco de referencia y sistema coordinado (fijo y móvil); Aprender las expresiones de vectores absolutos en ternas móviles y de las derivadas de sus versores (fórmulas de Poisson); Interpretar los conceptos de configuración, velocidad y aceleración absolutas; Aprender y aplicar las expresiones propias e impropias de las leyes de distribución de velocidades y aceleraciones; Entender el concepto de centro de reducción; Visualizar la cinemática del cuerpo rígido desde el punto de vista de un observador relativo; Entender los conceptos de velocidad relativa, de arrastre; aceleración relativa, de arrastre y complementaria; Aplicar las expresiones del movimiento absoluto y del movimiento relativo en la resolución de problemas; Integrar los conceptos.

Objetivos de investigación. Objetivo general: Investigar el impacto y eficacia del modelo pedagógico del aula invertida en la enseñanza de Mecánica Racional. Objetivos específicos: Implementar una experiencia pedagógica de integración entre dos temas claves de la asignatura; Analizar las principales debilidades y fortalezas de la metodología experimentada; Comparar la eficiencia de la actividad mediante contrastación de resultados entre dos grupos de alumnos (cada uno integrado por la mitad del registro): uno que realiza la experiencia aula invertida y otro que toma la clase práctica convencional; Contrastación de resultados de exámenes parciales entre las dos comisiones; Contrastación de resultados de un cuestionario implementado en el Aula Virtual, entre ambas comisiones; Observar y medir mediante encuestas la respuesta motivacional de los alumnos; Utilizar los resultados de la experiencia para replantear, planificar y ejecutar nuevas implementaciones del método.

Actividades de enseñanza y aprendizaje. Participación en las clases teóricas expositivo dialogadas y prácticas del primer semestre; Visualización extra-clase de videos de cinemática provistos en línea por el libro de la asignatura; Aula invertida (flipped classroom); Visualización en el aula de dos problemas integradores de cinemática resueltos provistos en línea por el libro de la asignatura; Resolución práctica de problemas; Discusión grupal sobre los conceptos y formulaciones utilizadas; Contrastación de contenidos teórico-conceptuales; Recursos necesarios: Libro de la asignatura con material complementario en línea (videos más problemas resueltos); Equipamiento TIC (individual o grupal) para acceso a internet (smartphone, tablet, notebook); Aula Virtual (AV); Aplicación de escaneo de códigos de respuesta rápida (QR); Provisión de internet wi-fi; Mobiliario áulico dispuesto en círculos de no más de seis lugares por grupo.

Actividades de investigación. Técnicas: Implementación simultánea con dos grupos de alumnos diferenciados. Uno en clase convencional y otro en aula invertida; Tutorio docente;

Observación como participantes; Evaluaciones parciales; Encuesta y cuestionario en AV. Instrumentos: Registros de observación abiertos; Cuestionarios estructurados con secciones semi o abiertas; Tipos de datos (mixtos): cuantitativos, cualitativos. Población destinataria: alumnos; Fuentes de recolección de información: estudiantes, docentes; parciales de los alumnos; cuestionarios estructurados, semi o abiertos en AV a los alumnos; registros de observación abiertos; informes de los docentes participantes.

5. Conclusiones

En su aspecto más destacado la utilización de los materiales complementarios hasta el presente reconoce amplia aceptación para su consulta durante los procesos de preparación de exámenes finales, observándose un uso intensivo y una valoración muy positiva, constatándose una disminución de clases de consulta presenciales previas a los exámenes y un incremento del flujo de consultas por email y aula virtual en relación a las interpretaciones de los complementos en línea.

Los contenidos ampliados se manifiestan como una muy buena alternativa de acercamiento entre docentes y alumnos, así como para mantener “vivo” al libro, posibilitando la actualización permanente del texto mediante la regeneración de los videos a medida que las tecnologías evolucionan en el mundo de la producción.

Asimismo, la generación de estos materiales resulta laboriosa y compleja, requiriendo tanto de tiempo para el guionado y recopilación de casos, como equipamiento y software específico y personal especializado para la producción de los mismos.

La utilización de los materiales presentados es reciente y su impacto en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura está en proceso de evaluación. Se pronostica que las experiencias de clase invertida previstas proveerán información de utilidad para la mejora continua tanto de los contenidos de los materiales en web como de la modalidad más eficiente para su utilización.

6. Referencias

- [1] PODESTA, L; SHELENKOVA, I.V. (2012). ICT for teaching and learning within technical faculties: evolution and trends. *Proceedings of the International Congress on Information Technologies (ICIT)*. Saratov, Russian Federation, June 6-9.
- [2] PODESTA, L; SHELENKOVA, I.V. (2012). How to improve students' satisfaction using mobile devices. *SEFI 40th annual conference*. Thessaloniki, Greece, September 23-26.
- [3] PRECIADO BABB, A. P. (2012). Incorporating the iPad2 in the Mathematics Classroom: extending the Mind into the Collective. *iJEP International Journal of Engineering Pedagogy*. <http://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/2084>.
- [4] HOCKIKO, P. (2012). Attractiveness of learning physics by means of video analysis and modeling tools. *SEFI 40th annual conference*. Thessaloniki, Greece, September 23-26
- [5] RODÉS, V. et al (2012). Percepciones, actitudes y prácticas respecto a los libros de texto, digitales y en formatos abiertos por parte de estudiantes de universidades de América Latina. *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação CBIE* <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/1893>
- [6] MARTÍNEZ NAHARRO, S. et al (2007). Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de objetos en la Universidad Politécnica

- de Valencia”. *Actas del IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables*. Bilbao: Universidad del País Vasco. ISBN: 978-84-8373-998-1.
- [7] UNIV. POLITÉC. DE VALENCIA (2006). *Los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria: criterios para su elaboración*. Plan de acciones para la convergencia europea (PACE). http://www.aqu.cat/doc/doc_22391979_1.pdf
- [8] FRACCHIA, C; ALONSO, A.; MARTINS, A. (2015) Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación* N°16 | ISSN 1850-9959, págs. 7-15.
- [9] SERRANO ISLAS, M. (2010). Objetos de Aprendizaje. *Revista e-FORMADORES*. http://red.ilce.edu.mx/sitios/revista/e_formadores_oto_10/articulos/angeles_serrano_nov10.pdf
- [10] ERCOLI, L.; AZURMENDI, V. (2014). *Mecánica Racional*. edUTecNe, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-1896-23-3. http://www.edutecne.utn.edu.ar/mec_racional/mec_racional.html
- [11] ERCOLI, L; AZURMENDI, V. (2015). Educación de ingeniería: utilización de contenidos ampliados en Mecánica Racional. *Anales de la X Conferencia Latinoamericana de Educación, Tecnologías y Objetos de Aprendizaje*. Maceió, Brasil, octubre 26 – 30. <http://www.br-ie.org/pub/index.php/teste/article/view/5780>

7. Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca en el proyecto de investigación y desarrollo "La formación en carreras tecnológicas en contextos profesionales. Identificación, análisis, propuesta y evaluación de experiencias formativas profesionalizantes". Código PID PLATEC II: TEUTIBB4558TC.

Un especial reconocimiento a las críticas constructivas y sugerencias de los colegas Mercedes Marinsalta y Omar Cura.

DESGRANAMIENTO Y DESERCIÓN DE ALUMNOS EN LOS DOS PRIMEROS AÑOS DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

Darío Rodolfo Echazarreta, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concepción del Uruguay, echazad@frcu.utn.edu.ar

Norma Yolanda Haudemand, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concepción del Uruguay, haudemann@frcu.utn.edu.ar

Jorge Eduardo Gianera, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concepción del Uruguay, jorgegianera@gmail.com

Resumen

La problemática del ingreso, permanencia y graduación de los estudiantes universitarios ha despertado el interés de investigadores en las principales Universidades.

Este trabajo se enmarca dentro de las líneas de investigación institucional y está en concordancia con el Plan Estratégico de la Facultad Regional Concepción del Uruguay (FRCU) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), siendo su principal interés el conocer y comprender los factores que influyen en la deserción y desgranamiento de alumnos de los dos primeros años de las carreras de ingeniería que se dictan en esta Facultad, a los efectos de poder delinear estrategias que contribuyan a la mejora de este problema.

El enfoque metodológico de la presente investigación se inscribe en la Lógica Cualitativa.

El universo de análisis son los alumnos que han cursado asignaturas de primero y segundo año de las carreras de ingeniería en la FRCU de la UTN.

El estudio que se realiza es descriptivo, correlacional y explicativo. Es considerado descriptivo porque se analiza y manifiesta como es el desgranamiento y deserción en las carreras de ingeniería, el aspecto correlacional se establece por la vinculación entre desgranamiento y deserción, y finalmente, explicativo porque tratamos de establecer las razones o causas de los problemas estudiados. Las conclusiones parciales nos muestran la existencia de factores internos y externos que intervienen en el problema planteado.

Palabras Clave: deserción universitaria, desgranamiento universitario, carreras de ingeniería

1. Introducción

El problema de los alumnos ingresantes, la permanencia y graduación universitaria es considerada de interés para los investigadores en las casas de altos estudios (universidades), tanto en el ámbito nacional como internacional

Esto se debe, entre otros factores, a las características que ha adoptado la cultura planetaria, en tanto sociedad del conocimiento, lo cual ha generado un aumento considerable de la demanda de educación en el nivel superior, trayendo aparejado un nuevo desafío para las universidades: retener a sus estudiantes y lograr su graduación en tiempo y forma.

Simultáneamente al fenómeno del crecimiento de la matrícula, se ha dado gradualmente en las universidades, y en especial en los países latinoamericanos, un considerable aumento en la deserción y en el desgranamiento de alumnos durante el cursado de los dos primeros años, razón por la cual se viene planteando como uno de los problemas prioritarios a ser investigado. En esta línea se ha pronunciado el Ministerio de Educación Argentino al sostener que:

“Se deberán proponer instancias que sean capaces de diseñar estrategias pedagógicas adecuadas a las situaciones que se presentan de retraso, desgranamiento y deserción: tutorías, seguimiento pedagógico y otras que se presentan. Además, deberán prever en su estrategia contar con información adecuada, certera y confiable acerca del rendimiento de los alumnos, causas de deserción y retraso, llevando adelante actividades de evaluación de calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje en forma permanente.

A través de los mecanismos de gestión académica que se propongan, se deberán detectar causas de retraso, desgranamiento y deserción: sistemas de ingreso inadecuados, reglamentos académicos excesivamente laxos y permisivos, trabajos finales que sobrecargan a los alumnos de exigencias y los retrasan en la graduación, falta de actividades curriculares en las que se integren los contenidos y competencias adquiridos en las asignaturas, carencia de experiencias de aprendizaje basado en problemas y otras problemáticas que planteen las unidades académicas.” (PROMEI 2005/2007: 9)

El presente proyecto se enmarca dentro de estas líneas políticas y de investigación y está en concordancia con el Plan Estratégico de la F.R.C.U. de la U.T.N. y su principal interés es conocer y comprender los factores que influyen en la deserción y en el desgranamiento de los alumnos de los dos primeros años de las carreras de grado que se dictan en esta Facultad, a los efectos de poder delinear estrategias que contribuyan a la mejora de esta problemática

2. Materiales y Métodos

Este trabajo pretende difundir los resultados obtenidos por el grupo de investigación sobre los factores intrínsecos y extrínsecos relacionados con la deserción y el desgranamiento de los alumnos que cursan las carreras de ingeniería los dos primeros años en esta FRCU.

Además, describir algunas características de los alumnos referidas a nivel socioeconómico y académico de los alumnos desgranados o desertores, como así también problemáticas académicas qué constituyan posibles causas de desgranamiento o deserción.

2.1 Antecedentes

Desde la segunda mitad del siglo XX hasta nuestros días, el escenario de la educación superior en América Latina experimentó cambios considerables, tanto en la expansión significativa de la matrícula como en la diversificación de la oferta de carreras universitarias; pasamos "...de tener 75 universidades en 1950 a más de 1500 en la actualidad. El número de estudiantes pasó de 267.000 en 1950 a 12 millones en el año 2000: se multiplicó por 45 en 50 años" (UNESCO, 2005: 4).

Nuestro país no fue ajeno a este fenómeno, en los últimos 30 años del siglo XX "... la población estudiantil creció de 275.000 a 1.290.000 estudiantes, de los cuales el 58 % de los alumnos de las carreras de grado son mujeres y 50.000 son estudiantes de posgrado. A ellos se suman unas 450.000 personas que cursan en instituciones de educación superior no universitaria. El especialista Víctor Sigal advierte que ello representa una tasa bruta de educación superior del 58 % para la franja de 20 a 24 años, un índice comparable al de muchos países europeos y muy superior a la de Brasil, que llega al 18 %" (UNESCO, 2005: 6).

Asimismo, en la Argentina no solo se produjeron modificaciones en el aumento de la matrícula y en la diversificación institucional, sino que también hubo importantes cambios en el marco legal que rige el sistema educativo. Esto ocurrió con la promulgación de la ley Federal de Educación en el año 1993, que luego fuera reemplazada por la Ley de Educación Nacional N° 26.606, sancionada el 14 de Diciembre de 2006, y la Ley de Educación Superior N° 24.521 en el año 1995.

Este nuevo marco legal sentó las bases para una importante reforma del sistema educativo y estableció ciertos parámetros. Así por ejemplo, la Ley de Educación Nacional establece en su artículo 3° que "La educación es una prioridad nacional..." y la Ley 24.521 dice en su artículo 4° inciso "d" que son objetivos de la Educación Superior –entre otros- "Garantizar crecientes niveles de calidad y excelencia en todas las opciones institucionales del sistema".

Ante este panorama, por un lado crecientes demandas de educación en el nivel superior y por otro los compromisos del estado de darle prioridad y calidad a la educación, surgieron desafíos, que se fueron materializando en cada universidad y sus respectivas facultades, de brindar educación de excelencia y lograr que sus alumnos culminen sus estudios dentro de los márgenes temporales previstos y con las competencias correspondientes a sus incumbencias profesionales.

2.2 Situación actual

Cumplir con los desafíos antes mencionados implica, entre otros aspectos, disminuir los niveles de deserción y de desgranamiento, lo cual impactaría favorablemente tanto en las propias personas como en la universidad, el sistema educativo y la sociedad en general.

En este trabajo entendemos que deserción implica el abandono de las actividades académicas y, en la F.R.C.U., se considera desertor a aquel alumno que en el período de dos años

académicos consecutivos no registra ninguna actividad académica. En tanto que desgranado es todo alumno que ha prolongado en por lo menos un año la duración de su carrera, en relación con lo que indica su plan de estudio correspondiente.

La F.R.C.U. de la U.T.N. ha decidido darle alta prioridad a esta problemática, teniendo en cuenta que los índices de deserción y de desgranamiento en los últimos cinco años son del orden del 15% y del 60%, respectivamente. En virtud de ello, y para poder definir políticas y estrategias que permitan disminuir dichos índices, no solo es necesario un conocimiento general de tal cuestión sino, fundamentalmente, conocer las particularidades de las problemáticas que afectan a la población estudiantil que abandona sus estudios o bien prolonga su permanencia en la facultad por un tiempo que excede lo previsto por su correspondiente plan de estudios, como así también el impacto de las respuestas que esta Facultad brinda a tal problema.

2.3 Metodología

La muestra se seleccionó tomando como parámetro, en primer lugar, la condición de “desertor” o de “desgranado” y luego en la muestra tomar como criterio un arbitrario racional, en función de las características demográficas, socio-económico-culturales y académicas de dichos alumnos.

Para la recolección de los datos se recurrió a los registros que la Facultad posee por medio del Sistema SIU “Guaraní” y a las entrevistas individuales en profundidad, puesto que es considerada una técnica adecuada a los objetivos de esta indagación.

Para el análisis de los datos se trabajó tomando como referencia la Teoría Fundada (anidada o entrañada), a la que se describe como una metodología general para desarrollar teoría a partir de datos que son sistemáticamente recogidos y analizados (Sandoval, C. 1997).

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis de resultados

3.1.1 Unidades y Categorías de análisis

Con la intención de obtener la información necesaria para conocer sobre los diferentes aspectos de la investigación, consideramos de fundamental importancia las unidades “alumno desertor” y “alumno desgranado”. Además estas unidades de análisis se subdividen en sub unidades tales como: rendimiento académico, características demográficas y socio-económicas.

Cada una de las Unidades y subunidades de análisis son medidas en dos niveles; estos niveles son de medición nominal y de medición ordinal. Estos niveles de medición tienen dos o más categorías de variables las que se presentan con la siguiente escala: (MB) Muy Bueno, (100% - 90%); (B) Bueno o suficiente, adecuado (80% - 70%); Regular o insuficiente (60% - 50%) y finalmente Malo o muy insuficiente (40% o menos).

3.1.2 Instrumentos para el análisis

Los instrumentos utilizados para recoger los datos y realizar el análisis de las propuestas consisten en entrevistas y cuestionarios. A modo de ejemplo el cuestionario de alumnos es como muestra la (Fig. 1).

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL CONCEPCION DEL URUGUAY

GRUPO DE ESTUDIO Y SEGUIMIENTO DEL DISEÑO CURRICULAR
PROYECTO: DESERCIÓN Y DESGRANAMIENTO DE ALUMNOS

CUESTIONARIO PARA ALUMNOS

Datos Personales

- Apellido y nombre:
- Fecha de nacimiento:
- Domicilio durante la cursada:
- Medio de transporte a la facultad:
- Colegio del que proviene:
- Orientación:

(Marca con una cruz, el que corresponda)

Arte	Ciencias Sociales y Humanidades
Comunicación	Turismo
Ciencias Naturales	Técnico Profesional
Economía y Administración	Otro:

- Tipo de escuela secundaria

Pública	
Pública de Gestión Privada	
Privada	
- Año de egreso de la escuela secundaria:
- Año de ingreso a la universidad:
- Carrera que cursa

Ingeniería Civil	Ingeniería Electromecánica
Ingeniería en Sistemas de Información	Lic. En Organización Industrial

Figura 1

Con respecto a los datos obtenidos de los alumnos ingresantes y cursantes del primer y segundo año de la FRCU podemos decir:

Aspectos personales

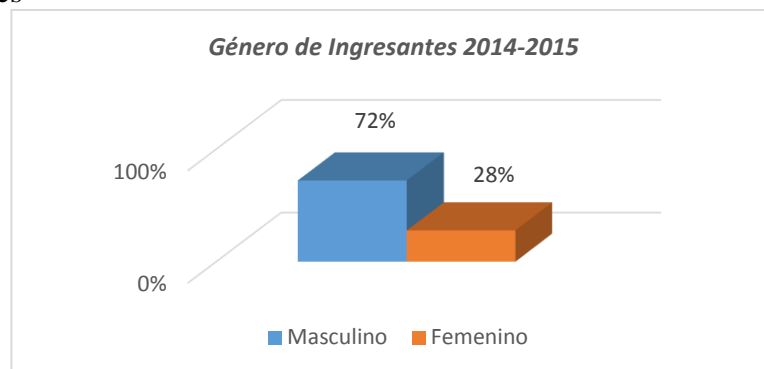


Figura 2

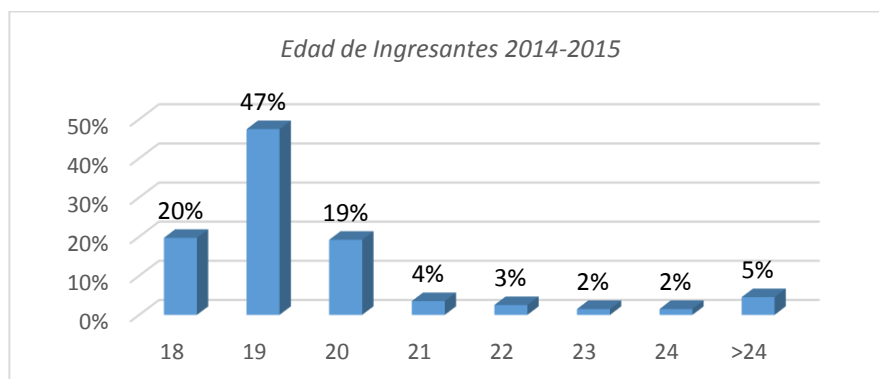


Figura 3

De acuerdo a los datos obtenidos (Fig 2 y 3) podemos decir que el mayor porcentaje de ingresantes en la FRCU corresponde al género masculino (72%), en tanto que la participación del género femenino corresponde al resto (28%).

Las edades de los ingresantes (18, 19 y 20 años) se corresponden con la continuidad de los estudios preuniversitarios, esto significa que los alumnos ingresan a la FRCU una vez finalizados los estudios de la escuela media, sea esta última de 6 o 7 años de duración. Exceptuando casos particulares donde pudimos constatar que los alumnos superan la edad media de ingreso.

Aspectos Académicos

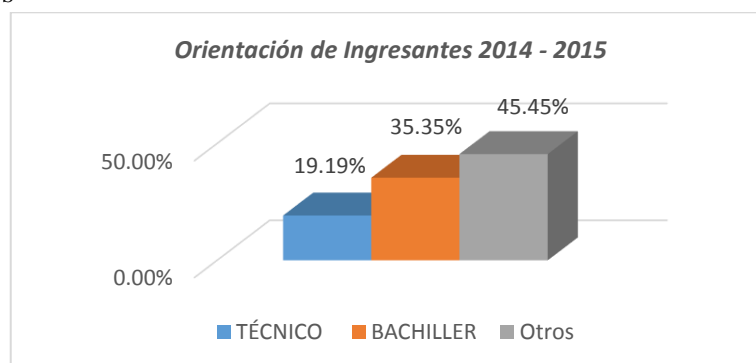


Figura 4



Figura 5

La orientación básica de los alumnos ingresantes a la FRCU están distribuidos como muestran los gráficos (Fig 4 y 5), esta distrubución deja en evidencia que de acuerdo a los porcentajes una gran mayoría no tiene orientación técnica, solo el 20% aproximadamente proviene de escuelas o colegios técnicos.

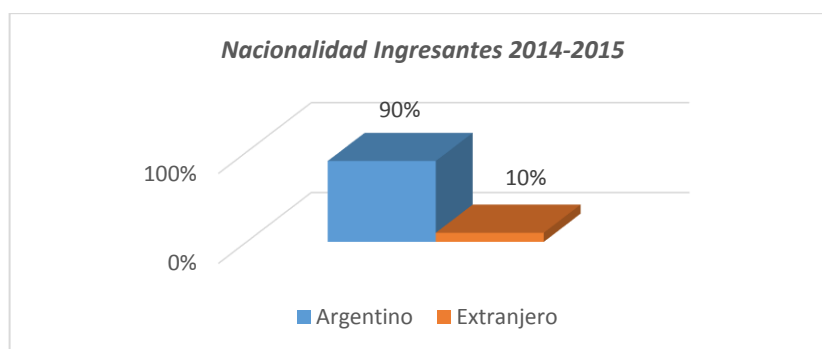


Figura 6

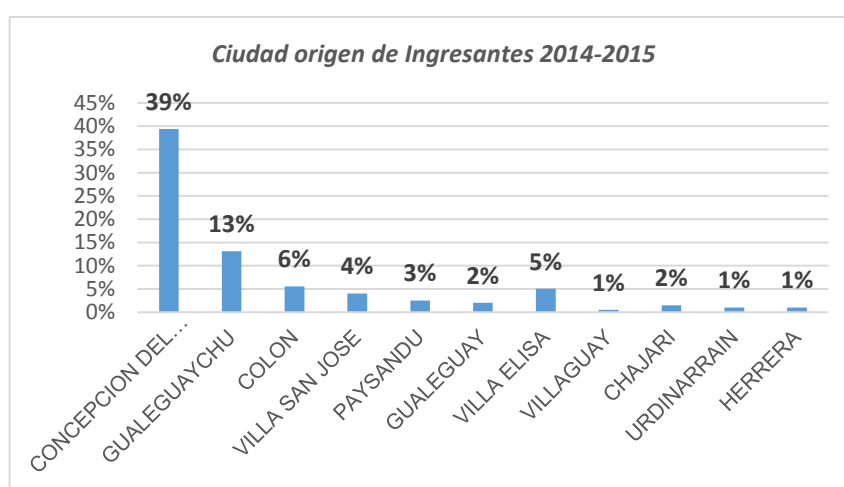


Figura 7

Respecto a la nacionalidad podemos observar (Fig 6) que la generalidad (90%) son de nacionalidad Argentina y una baja participación de alumnos de la República Oriental del Uruguay (10%).

El porcentaje más alto de aporte de alumnos (Fig 7) a la FRCU corresponde a la ciudad de Concepción del Uruguay (39%), Gualeguaychú (13%), Colon (6%), etc. Las ciudades de las que provienen los alumnos distan entre 80 km y 20 km de distancia a la sede de la FRCU.

La información referida a la situación laboral y relación familiar fue obtenida por entrevistas programadas con los alumnos ingresantes y cursantes.

De la misma manera la información referida a los aspectos académicos sobre los estudios preuniversitarios (preparación previa) y relación con los docentes de la FRCU en el ciclo básico se obtuvieron con entrevistas personales realizadas a los alumnos ingresantes-cursantes.

Otra información de aspectos personales y académicos se encuentran actualmente en procesamiento, sin resultados parciales para evidenciar en el presente trabajo.

4. Conclusiones parciales

Las mediciones de desgranamiento y deserción no se centran exclusivamente en indicadores de eficiencia o que surjan exclusivamente de la medición del desempeño académico, sino que requieren la utilización de otras medidas que puedan dar cuenta de las dificultades del proceso de enseñanza y aprendizaje, como así también de las características de la vida universitaria en cuanto a las dificultades que deben afrontar.

El estudio y seguimiento del diseño curricular por parte de este equipo de trabajo posibilita el abordaje de distintas estrategias en la recopilación de datos, para dar cuenta apropiada de las dificultades que enfrentan los estudiantes en el ámbito personal, pero también en la dinámica del aula y en la estructura curricular.

De los datos obtenidos podemos concluir parcialmente que:

Aspectos personales

- La edad de los estudiantes se corresponde con el sistema de egreso de los colegios de nivel medio, sean escuelas técnicas u otra especialidad.
- La participación en cuanto a género es mayoritaria del sexo masculino.
- La situación ocupacional de los ingresantes y cursantes de los primeros años es nula, los estudiantes no trabajan, sostienen una vida académica sin una relación laboral.

Aspectos académicos

- La procedencia de los alumnos es en un gran porcentaje de bachilleratos e instituciones de orientación humanística
- La cantidad de materias que cursan los alumnos son las requeridas por el diseño curricular vigente en la FRCU.
- El material de estudio frecuentemente utilizado por los estudiantes, se encuentran las fotocopias y apuntes de clase, bibliografía sugerida por el docente y red (internet)
- Consideran que su preparación previa es insuficiente para lograr un desempeño efectivo y desarrollar hábitos de estudio, como así también en la distribución de tiempo (cursada y estudios).
- La relación con los docentes según los alumnos es apropiada permitiéndole una relación cordial y amena.

Las cuestiones expuestas con anterioridad describen un incipiente trabajo en la búsqueda de factores que afectan el rendimiento académico y situación personal de los estudiantes, en la caracterización especialmente en aquellos factores del proceso enseñanza y aprendizaje que se relacionan con aspectos académicos y no académicos. Los estudiantes perciben como propias gran parte de las problemáticas familiares (no académicas), aunque también le adjudican una parte al diseño curricular (tiempo académico) especialmente en el ciclo básico.

Las conclusiones parciales nos describen un estudiante preocupado por los hábitos de estudio, consideran adecuado el material de estudio que brinda la FRCU.

5. Referencias

- ANTONI, E. J. (2003) *Alumnos universitarios: el porqué de sus éxitos y fracasos*. Miño y Dávila. Buenos Aires.
- BAQUERO, R. y otros (1996) *El alumno ingresante a la Universidad. Un abordaje Psico educativo*, en Espacios en Blanco. Nº 3-4. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil.
- BRUNNER, J. (1997) *La educación puerta de la cultura*. Morata. Madrid.
- CLARK, B. (1983) *El sistema de educación superior*. Nueva Imagen. México.
- COULON, A (1995) *Etnometodología y Educación*. Paidós. Buenos Aires.
- KISILEVSKY, M. y VELEDA C. (2002), *Dos estudios sobre el acceso a la educación superior en Argentina*. UNESCO. Buenos Aires.
- ORTIZ, E. (1998) *La deserción en la Universidad Nacional de Sur*. Ed UNS. Bahía Blanca.
- POIACINA, M. y otros (1983), *Deserción, desgranamiento, retención, repitencia*. Kapelusz. Buenos Aires.
- REAL, L. y VICO, L. (1999), *Deserción universitaria en el primer año de carreras vinculadas*. Ed UNS. Bahía Blanca.
- TOER, M y otros (2003), *El perfil de los estudiantes ingresantes a la Universidad de Buenos Aires. Un inicio de comparación con los estudiantes que ingresan a la Educación Superior en los EEUU*. Instituto de Investigaciones Gino Germani. Facultad de Ciencias Sociales. UBA.
- GOETZ, J. y LE COMPTE, M. (1984), *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata. Madrid.
- JICK, T. (1994), *Mezclando métodos cualitativos y cuantitativos: Triangulación en acción en Metodología de Investigación cualitativa*. Colección Documentos de trabajo 5. IICE. Facultad de Filosofía y Letras. UBA. Buenos Aires
- SANDOVAL, C. (1997). *Investigación cualitativa*. Santa Fe de Bogotá: Corcas
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1998). Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. Universidad Tecnológica Nacional.
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1999). Ordenanza 908: Reglamento de estudios. Argentina. Universidad Tecnológica Nacional.
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (2000). Propuesta de autoevaluación de la Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. Universidad Tecnológica Nacional.
- VASILACHIS DE GIALDINO, I. (1993), *Métodos cualitativos I*. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires. ISBN 978-987-604-050-13

IMPACTO DE LA COMUNICACIÓN CON TIC'S EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR. EL CASO DE LAS REDES SOCIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA (UNLZ)

Novellino, Hilda¹, novellinohilda@gmail.com ; Rodríguez, María Soledad²,
solerodriguezbianchi@gmail.com; Gil Vitek, Mariela³, mgilvitek@hotmail.com

^{1,2,3} *Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería. Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación (IIT&E)*

Resumen

El nuevo contexto socio-tecnológico ha alcanzado el mundo académico creando nuevas formas de generar y transmitir conocimiento. Surge la necesidad de “replantear el binomio enseñanza-aprendizaje y utilizar nuevas tecnologías a fin de mejorar la inserción de los alumnos al mundo académico”. [1] En este contexto, la tarea del docente universitario comprende “el diseño y la elaboración de entornos sociales virtuales interactivos, en los cuales el verdadero protagonista de los procesos formativos sea el estudiante”. [2]

Frente a este desafío, nos proponemos explorar los factores clave para el diseño de un Modelo Académico de Gestión de la Comunicación y de la Información con soporte en la estructura de las Redes Sociales en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ). A tal fin, analizaremos el tipo y nivel de participación de los alumnos en el desarrollo de actividades de trabajo colaborativo a través del uso de Redes Sociales con fines académicos. La metodología utilizada comprende un diseño de investigación de carácter exploratorio y descriptivo correlacional, incluyendo el relevamiento de las Redes Sociales existentes, el diseño de un instrumento de recolección de datos y su administración a los alumnos de la FI-UNLZ a fin de evaluar los componentes que debería tener una Red Social que con fines didácticos se utilice en ámbitos de la enseñanza universitaria.

Palabras clave — Gestión de la Educación Universitaria. Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's). Redes Sociales.

1. Introducción

Históricamente el mundo del aprendizaje y la enseñanza académica dentro del contexto universitario se basaba en la asistencia a clases y el contacto personal que se podía generar durante la cursada de una materia, tanto con profesores como con nuestros alumnos. Es decir, que toda la experiencia de enseñanza-aprendizaje era presencial.

En el nuevo contexto socio-tecnológico, muy diferente a aquel que estuvo presente en las décadas pasadas, la nueva era de las comunicaciones y las relaciones virtuales se han hecho presentes dentro del mundo académico. Los alumnos que ya venían incorporando esta virtualidad a sus vidas cotidianas sólo expandieron su aplicación al entorno académico, de manera simple y natural, y por otra parte, las universidades tuvieron que adaptarse a este cambio, para incorporar esta nueva forma de comunicación. Tal como menciona Diéguez [1], “hubo una necesidad de cambios en las metodologías docentes, el requerimiento de replantear el binomio enseñanza-aprendizaje, enfocándolo en una relación más cercana con el alumnado. Adicionalmente, la utilización de nuevas tecnologías se hace indispensable, no sólo por ser un

factor cultural inherente a las nuevas generaciones, sino también para mejorar la inserción y comunicación de los alumnos al mundo académico”.

Las “Redes Sociales” pueden ser definidas como “comunidades virtuales”, plataformas de Internet que agrupan a personas que se relacionan entre sí y comparten información e intereses comunes. Generalmente se consideran como “servicios basados en la web que permiten a sus usuarios relacionarse, compartir información, coordinar acciones y en general, mantenerse en contacto”. [2]

En este sentido, reconocemos el nuevo fenómeno de las redes sociales en el ámbito universitario y la necesidad de incorporarlas al binomio enseñanza-aprendizaje. De esta manera, podemos afirmar que la tarea del docente universitario se ve transformada comprendiendo “el diseño y la elaboración de entornos sociales virtuales interactivos, en los cuales el verdadero protagonista de los procesos formativos sea el estudiante y él un dinamizador de procesos de reflexión didáctica y generador de acciones sociales innovadoras.” [3]

Se observa que las redes sociales han arribado a la universidad, en virtud de que los jóvenes las han incorporado enteramente en sus vidas, y se han transformado en un espacio ideal para intercambiar información y conocimiento de una forma rápida, sencilla y cómoda. Tal como afirman Alonso & Muñoz de Luna [4], "el uso de redes sociales, blogs, y aplicaciones de vídeo implica llevar la información y formación al lugar que los estudiantes asocian con el entretenimiento, y donde es posible que se acerquen con menores prejuicios".

Al respecto, De la Torre [5] afirma que ya no es una pérdida de tiempo para los jóvenes navegar por Internet o el uso de redes sociales, ya que están asimilando competencias tecnológicas y comunicativas muy necesarias para el mundo contemporáneo. Así, junto al uso meramente social, como espacio y vía de comunicación, información y entretenimiento, las redes poseen un enorme potencial para el ámbito educativo, encontrándose evidencias de que los estudiantes presentan una actitud favorable al uso académico de las redes sociales.

Se señala también que en la implementación de redes sociales al mundo académico, los profesores deberían hacer un análisis de la situación que desean mejorar e identificar si las mismas son la mejor solución; de ser así, deberían aprovechar al máximo las capacidades y cobertura de dichas redes, para que las generaciones de estudiantes que se encuentran en este momento en las escuelas y universidades puedan tener acceso a contenidos y herramientas que les ayuden a lograr sus objetivos de aprendizaje y a egresar con las competencias necesarias para enfrentar los cambios tecnológicos del mundo actual. [6]

Como resultado de estas transformaciones, se ha generado un fuerte debate debido al avance de la tecnología y la discusión en torno a su inclusión o no dentro del ámbito académico, donde se plantean cambios en los modelos pedagógicos, planes de estudios, la metodología de enseñanza y las formas presenciales o virtuales aplicadas a diferentes clases de la universidad. Este debate ha generado una multiplicidad de opiniones. Los jóvenes, en general, llegan a las universidades portando tecnología tanto en el plano material como en sus mentes. Pertenecen a una generación que se presenta como preparada de modo natural para manejar la interfaz, gestionar su agenda de amistades y contactos, discriminar la información y navegar por la Red. [7]

En este contexto, el fenómeno de las redes sociales ha trasladado al ambiente académico universitario nuevos desafíos tanto para los docentes como los alumnos, replanteando completamente el binomio enseñanza-aprendizaje, el cual se ha visto transformado por el uso de nuevas tecnologías que los alumnos se han acostumbrado a usar fuera de este ambiente. El verdadero desafío para los docentes y universidades es hoy el diseño de entornos virtuales que favorezcan el aprendizaje, elaborando herramientas que podrían competir con las redes informales utilizadas con fines de entretenimiento, o bien, complementarse con ellas. Frente a

este desafío, nos proponemos explorar los factores clave a tener en cuenta para el diseño de un Modelo Académico de Gestión de la Comunicación y de la Información con soporte en la estructura de las Redes Sociales en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ).

2. Materiales y Métodos

Este modelo supone comprender no sólo los requerimientos de adaptación al modelo pedagógico y los planes de estudios vigentes, sino entender cuáles son las funcionalidades o componentes clave que colaborarían en el aprendizaje, en función de las actividades que los alumnos realizan en las redes sociales con fines académicos. Asimismo, supone una evaluación de los factores que motivan a los alumnos a usar estas redes “formales” que pone a disposición de ellos la universidad como soporte a los procesos de aprendizaje.

En este sentido, nos hemos propuesto analizar en primera instancia, cuáles son las redes sociales disponibles en la actualidad e indagar su dinámica respecto del trabajo colaborativo de los alumnos en ellas. Asimismo, investigar cuáles son sus funcionalidades o componentes principales en general, y en particular, aquellos que tengan potencial de ser utilizados en el ámbito académico. Este relevamiento inicial, nos ha permitido el diseño de un instrumento de recolección de datos (encuesta) que hemos administrado entre los alumnos de la FI-UNLZ, a fin de analizar el tipo y nivel de participación en el desarrollo de actividades de trabajo colaborativo a través del uso de las Redes Sociales con fines académicos. Nos propusimos, como objetivo último, indagar sobre las funcionalidades y componentes que, desde la perspectiva de los alumnos debería tener una Red Social que con fines didácticos se utilice para la enseñanza universitaria en la FI-UNLZ, a fin de identificar los factores clave que favorecerían la implantación de una Red institucional, aportando elementos para el diseño de un modelo comunicacional con soporte en las Redes Sociales en la FI-UNLZ.

A tal fin, trabajamos sobre la base de tres hipótesis o premisas principales, a saber:

1. Existen diferencias y regularidades significativas en las actitudes y uso académico que los alumnos hacen de las redes sociales.
2. Existen factores clave que favorecerían la implantación de una Red Social con fines académicos en el ámbito universitario, y con ello contribuirían al diseño de un modelo Académico de Gestión de la Comunicación y de la Información con soporte en la estructura de las Redes Sociales.
3. El uso de redes sociales “informales” en la vida cotidiana dificulta la implantación de redes “formales” con fines académicos en el ámbito universitario (institucionales), en la medida en que los alumnos prefieren la integración de distintas actividades, académicas - no académicas en una misma red social.

La metodología utilizada para el presente análisis comprende un diseño de investigación de carácter exploratorio y descriptivo correlacional incluyendo, tal como mencionamos anteriormente, el relevamiento de las redes sociales existentes, el diseño de un instrumento de recolección de datos (encuesta) y su administración a alumnos de la FI-UNLZ. De esta manera, en una primera instancia se realizó un relevamiento de las redes sociales existentes cuyas funcionalidades permitiesen el trabajo colaborativo de alumnos con fines académicos. Este análisis incluyó una breve descripción de cada red social, su dinámica y funcionalidades relevantes con respecto al uso de las mismas con fines académicos.

Basado en los resultados de este relevamiento inicial, se elaboró un instrumento de recolección de datos (encuesta) con el objetivo de relevar el tipo y el nivel de participación de los alumnos

de la FI de la UNLZ en Redes Sociales con fines académicos. Con la administración de esta encuesta se buscó, asimismo, indagar sobre los factores críticos que, desde la perspectiva de los alumnos, aportarían a la construcción de un modelo que incluya a las Redes Sociales como canal comunicacional para la enseñanza universitaria, así como también sobre los factores clave que favorecerían la implantación de una red Social con fines académicos en el ámbito universitario, en particular en la FI de la UNLZ.

3. Resultados y Discusión

A fin de evaluar cuáles son las redes sociales existentes, y en base a una búsqueda exhaustiva en internet, enumeramos las mismas analizando sus componentes y funcionalidades con el propósito de determinar cuáles de ellos podrían tener potencial uso académico para los alumnos sujeto de estudio. Como resultado, obtuvimos la siguiente tabla que sirvió de base para elaborar el instrumento de recolección de datos (encuesta), determinando cuáles redes sociales serían incluidas para el relevamiento en base a su potencial uso académico y cuáles serían los componentes o funcionalidades sobre los que indagaríamos al administrar la encuesta a los alumnos de la FI de la UNLZ.

Tabla 1. Relevamiento de redes sociales existentes y sus componentes

* En rojo las funcionalidades con potencial uso académico

Red Social	FUNCIONALIDADES / COMPONENTES								
	Chat / mensajes	Compartir fotos/videos /links/audio	Juegos en línea	Crear grupos, eventos	Crear Fanpage	Crear eventos	Crear blog, foro	Compartir enlaces, archivos, apuntes	Crear calendario
FACEBOOK	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
SCRIBD								✓	
SOCIAL GO	✓	✓		✓			✓		
EDMODO (PROFESOR-ALUMNO)	✓			✓				✓	✓
COM8S	✓	✓		✓			✓	✓	✓
BRAINLY									
DOCSITY		✓						✓	
GOOGLE +	✓	✓		✓		✓		✓	✓
BLOGSPOT								✓	
SKYPE	✓	✓						✓	
TWITTER		✓						✓	
DROPBOX				✓				✓	
SLIDESHARE								✓	
YOUTUBE		✓							
LINKEDIN	✓			✓					
REDDIT		✓		✓				✓	
INSTAGRAM	✓	✓							
PINTEREST	✓	✓							
TUMBLR		✓					✓	✓	
FLICKR		✓		✓					
VIMEO		✓							
SOUNDCLOUD		✓		✓					
WHATSAPP	✓	✓		✓				✓	
TAGGED	✓	✓	✓						
MY SPACE	✓	✓							

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Relevamiento de redes sociales existentes y sus componentes

* En rojo las funcionalidades con potencial uso académico

Red Social	FUNCIONALIDADES / COMPONENTES						
	Crear/gestionar tareas, actividades	Realizar encuestas / calificación	Biblioteca virtual	Videoconferencia, llamadas	Realizar/responder preguntas académicas	Almacenar archivos	Compartir CV / buscar empleo
FACEBOOK							
SCRIBD							
SOCIAL GO							
EDMOD (PROFESOR-ALUMNO)	✓	✓	✓				
COM8S	✓	✓		✓			
BRAINLY					✓		
DOCSITY							
GOOGLE +				✓			
BLOGSPOT		✓					
SKYPE				✓			
TWITTER							
DROPBOX						✓	
SLIDESHARE							
YOUTUBE							
LINKEDIN							✓
REDDIT							
INSTAGRAM							
PINTEREST							
TUMBLR							
FLICKR						✓	
VIMEO							
SOUNDCLOUD							
WHATSAPP				✓			
TAGGED							
MY SPACE							

Fuente: elaboración propia

Al indagar cuáles son las redes sociales que en la actualidad utilizan los jóvenes universitarios encontramos un abanico inmenso de posibilidades, que ofrece diferentes formas de interactuar, estar en contacto y compartir, pudiendo utilizar de cada una las herramientas más atractivas a la hora de buscar utilidades. Asimismo, tal como puede observarse en las tablas 1 y 2, las redes sociales existentes, en su mayoría, poseen innumerables funcionalidades que podrían ser utilizadas con fines académicos, tal como crear un grupo de estudio, compartir documentos, enviar chats/mensajes, crear foros, entre otros.

Este relevamiento sobre las redes sociales existentes nos ha permitido identificar cuáles de ellas poseen potencial uso académico, y en base a esta información, diseñar y administrar la encuesta a los alumnos de la FI-UNLZ para cumplir con los objetivos propuestos. En total, 84 alumnos fueron encuestados conformando la muestra objeto de análisis, cuya composición se detalla a

continuación, prevaleciendo dentro de la muestra los alumnos menores a 24 años y los estudiantes de Ingeniería Industrial.

Tabla 3. Composición por edades

Rango de edad	Frecuencia relativa porcentual
Menor a 24 años	72,6%
Mayor a 24 y menor de 30	16,7%
Mayor de 30 y menor de 36	6,0%
Mayor de 36 años	4,8%
Total	100%

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Composición por carrera

Carrera	Frecuencia relativa porcentual
Ingeniería Industrial	58%
Ingeniería Mecánica	23%
Ingeniería Mecatrónica	19%
Total	100%

Fuente: elaboración propia

Es preciso mencionar que el 98% de los encuestados respondió ser usuario de redes sociales. Asimismo, al ser consultados sobre la frecuencia de uso de las redes sociales se observa que el 89% de los encuestados las utiliza todos los días, sea con fines de entretenimiento o con fines académicos, pudiendo contemplar un uso mayor o menor de 10 veces al día, tal como se observa en la tabla debajo.

Tabla 5. Frecuencia de Uso de Redes Sociales

Frecuencia de uso de las redes sociales	Frecuencia relativa porcentual
Una vez al mes	1%
Una vez a la semana	10%
Menos de 10 veces al día	44%
Más de 10 veces al día	45%
Total	100%

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, observamos que las actividades que realizan los alumnos de la FI-UNLZ en las redes sociales, ya sea con fines académicos o de entretenimiento se concentran principalmente en el uso del chat/servicios de mensajería, la consulta de noticias/información sobre la actualidad y el intercambio de fotos, música, videos y links de interés. En todos los casos mencionados más del 45% de los encuestados afirmaron emplear las redes sociales utilizando dichas funcionalidades, alcanzando en el caso de los servicios de chat/mensajería al 93% de los encuestados.

Tabla 6. Actividades realizadas en las redes sociales por los alumnos de la FI-UNLZ

Actividad	Frecuencia relativa			
	SI	NO	N/C	Total
Chat/Mensajería	92,9%	4,8%	2,4%	100%
Fotos	65,5%	32,1%	2,4%	100%
Video	57,1%	40,5%	2,4%	100%
Música	46,4%	51,2%	2,4%	100%
Eventos	27,4%	70,2%	2,4%	100%
Noticias	63,1%	34,5%	2,4%	100%
Link de interes	45,2%	52,4%	2,4%	100%
Juegos	13,1%	84,5%	2,4%	100%
Compartir Intereses	26,2%	71,4%	2,4%	100%
Establecer Relaciones	16,7%	81,0%	2,4%	100%
Foros, Blogs	21,4%	76,2%	2,4%	100%
Juegos en linea	10,7%	86,9%	2,4%	100%
Llamadas	26,2%	71,4%	2,4%	100%
Otros	7,1%	90,5%	2,4%	100%

Fuente: elaboración propia

Al trasladar el foco de análisis al uso de las redes sociales exclusivamente con fines académicos, cabe destacar que 90% de la muestra respondió ser usuario de redes sociales con dichos fines. Dentro del 10% de los encuestados que afirmaron no ser usuarios de redes sociales con fines académicos, encontramos una mayor proporción de alumnos menores a 24 años y estudiantes de Ingeniería Industrial, aunque esto puede deberse en gran medida a la propia composición de la muestra.

En este sentido, si comparamos el total de encuestados que respondieron que no utilizan redes sociales con fines académicos según el rango de edad, encontramos que este aspecto no ejercería mayor influencia sobre el uso o no de las redes sociales con fines académicos, ya que en todos los estratos observamos que la mayoría de los encuestados utiliza redes sociales con los fines mencionados, aunque entre los mayores de 36 años el porcentaje de alumnos que no utiliza las redes sociales es mayor, alcanzando el 25% de los encuestados para ese rango de edad, tal como lo demuestra la tabla número 7.

Tabla 7. Uso de Redes Sociales con Fines Académicos. Composición por edad

Edad	Usuario redes con fines académicos					
	Frecuencia absoluta			Frecuencia relativa porcentual		
	SI	NO	Total	SI	NO	Total
Menor a 24 años	55	6	61	90%	10%	100%
Mayor a 24 y menos de 30	13	1	14	93%	7%	100%
Mayor de 30 y menor de 36	5	0	5	100%	0%	100%
Mayor de 36 años	3	1	4	75%	25%	100%
	Total		84			

Fuente: elaboración propia

Asimismo, si comparamos el total de encuestados que respondieron que no utilizan redes sociales con fines académicos por carrera, encontramos que el porcentaje de usuarios que no utilizan redes sociales con estos fines es levemente mayor en el caso de los estudiantes de Ingeniería Industrial aunque la diferencia no es significativa como para afirmar que existe una relación entre ambas variables, tal como lo demuestra la tabla número 8.

Tabla 8. Uso de Redes Sociales con Fines Académicos. Composición por carrera

Edad	Usuario redes con fines académicos					
	Frecuencia absoluta			Frecuencia relativa porcentual		
	SI	NO	Total	SI	NO	Total
Ingeniería Industrial	43	6	49	88%	12%	100%
Ingeniería Mecánica	18	1	19	95%	5%	100%
Ingeniería Mecatrónica	15	1	16	94%	6%	100%
	Total		84			

Fuente: elaboración propia

Con todo, cabe mencionar que el 80% de los encuestados cree que el uso de las redes sociales con fines académicos ha contribuido positivamente a la cursada de su carrera, siendo un avance positivo y beneficioso para su desempeño académico.

Se puede observar que las redes más utilizadas con fines académicos por los alumnos de la FI-UNLZ son Facebook, YouTube y Whatsapp, en todos los casos con un porcentaje mayor al 60% de los encuestados que afirman utilizar estas redes con esta finalidad. En el caso de Whatsapp y YouTube, y en base a las funcionalidades o componentes relevados anteriormente, podemos deducir que estas redes contienen múltiples componentes que pueden ser utilizados en el ámbito académico como crear grupos de estudio o consulta, compartir archivos, enviar mensajes (en el caso de Whatsapp) y acceder a videos para facilitar el aprendizaje interactivo (en el caso de YouTube). Por último, destacan las redes como Google drive y Google+, en segundo lugar, por permitir el almacenamiento de grandes cantidades de información y documentos que luego podrán ser compartidos a través de Google + que integra funcionalidades de email, chat, video llamadas, creación de grupos, calendarios, eventos, etc. así como también la posibilidad de compartir los documentos almacenados de gran tamaño que no podrían ser compartidos vía email. Por este motivo, también destaca Dropbox, por la posibilidad de almacenar y compartir documentos, aunque su uso no se encuentra extendido a todos los alumnos (sólo un 21% de ellos afirma utilizarlo), lo cual podría indicar que los alumnos prefieren las redes sociales integradas, donde poder compartir información a la vez que comunicarse con su compañeros y profesores, todo en un mismo lugar o red social.

Tabla 9. Redes Sociales utilizadas con Fines Académicos por los alumnos de la FI-UNLZ

Red Social	Frecuencia relativa			
	SI	NO	N/C	Total
Facebook	62%	31%	7%	100%
Scribd	5%	88%	7%	100%
Slideshare	13%	80%	7%	100%
Youtube	77%	15%	7%	100%
Socialgo	0%	93%	7%	100%
Edmodo	1%	92%	7%	100%
Google+	35%	58%	7%	100%
Blogspot	8%	85%	7%	100%
Skype	14%	79%	7%	100%
Twitter	6%	87%	7%	100%
Brainly	0%	93%	7%	100%
Doccity	0%	93%	7%	100%
Dropbox	21%	71%	7%	100%
COM8S	0%	93%	7%	100%
Reddit	0%	93%	7%	100%
Tumblr	2%	90%	7%	100%
Vimeo	2%	90%	7%	100%
Whatsapp	75%	18%	7%	100%
Google Docs	14%	79%	7%	100%
Google Drive	54%	39%	7%	100%
Otros	7%	86%	7%	100%

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta a las actividades relacionadas con lo académico que dichos alumnos realizan en las redes sociales, hallamos que buscar información; solucionar dudas sobre temas vistos en clase; enviar/recibir mensajes; intercambiar apuntes, documentos, enlaces; y estudiar, investigar, consultar temas mediante videos explicativos, interactivos, son las actividades que más realizan los alumnos de la FI-UNLZ, lo cual coincidiría con las redes sociales que más dicen utilizar con fines académicos (Facebook, YouTube y Whatsapp) y, en segundo lugar, con las redes más utilizadas con el fin de almacenar y compartir archivos, así como interactuar con sus compañeros (Google +, Google drive y Dropbox).

Cabe destacar, que en algunas áreas no se observa una participación activa de los mismos en dichas redes sociales. Por ejemplo, el caso de los foros de debate sobre temas académicos, 29% de los alumnos los consultan, pero sólo el 7% participa activamente de ellos. Otro ejemplo lo encontramos en lo que respecta a las dudas sobre temas vistos en clases que los alumnos intentan resolver mediante el uso de las redes sociales. Podemos observar que el 85% de ellos afirman que usa las redes para buscar información, el 71% lo hace para solucionar dudas sobre temas vistos en clase, y el 56% lo hace para solucionar dudas previas a un examen. Sin embargo, sólo el 40% utiliza las redes sociales para contactar a los profesores para consulta de temas relacionados con la materia. Por último, 67% de los encuestados afirma utilizar las redes sociales investigar o estudiar mediante videos explicativos o interactivos, pero sólo el 11% publica o comparte videos.

En este sentido, el tipo de participación de los alumnos de la FI-UNLZ en las redes sociales con fines académicos impondría un desafío con vistas a la implantación de una Red Social en la FI-UNLZ en la medida en que es preciso analizar cuáles son los factores que motivarían a estos alumnos a tener una participación más activa, generando un aprendizaje de tipo colaborativo donde el estudiante sea el verdadero centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Tabla 10. Actividades realizadas en redes sociales con fines académicos por alumnos de la FI-UNLZ

Actividad	Frecuencia relativa			
	SI	NO	N/C	Total
Buscar informacion	85%	8%	7%	100%
Solucionar dudas sobre temas vistos	71%	21%	7%	100%
Solucionar dudas previas a un examen	56%	37%	7%	100%
Crear grupos de estudio	57%	36%	7%	100%
Estudiar en grupos mediante una red social	24%	69%	7%	100%
Intercambio de apuntes, documentos, enlaces	69%	24%	7%	100%
Publicar, compartir videos	11%	82%	7%	100%
Enviar/recibir mensajes	68%	25%	7%	100%
Consultar sobre alguna clase a la que se ha faltado	44%	49%	7%	100%
Resolver trabajos prácticos	51%	42%	7%	100%
Consulta de libros	30%	63%	7%	100%
Consultar foros sobre distintos temas académicos	29%	64%	7%	100%
Participar en debates sobre distintos temas académicos	7%	86%	7%	100%
Estudiar, investigar, consultar temas mediante videos explicativos, interactivos	65%	27%	7%	100%
Realizar videoconferencias, chats, llamadas grupales	12%	81%	7%	100%
Contactar a profesores para consulta de temas relacionados con la materia	40%	52%	7%	100%
Informarse sobre cambios o actividades que realiza la universidad	50%	43%	7%	100%
Organizar actividades extra académicas con compañeros o prof.	31%	62%	7%	100%
Otros	4%	89%	7%	100%

Fuente: elaboración propia

Por último, trasladando el foco de análisis a las herramientas tecnológicas brindadas por la FI-UNLZ para favorecer el aprendizaje colaborativo y la comunicación alumno-alumno, alumno-docente, y alumno-docente-autoridades (Biblioteca virtual, Sitio Web, Aula Virtual Plataforma e-ducativa), encontramos que en la mayoría (un 87% de los alumnos encuestados) utiliza estas herramientas. De su grado de utilización surge que esas herramientas son las que favorecen el aprendizaje, contribuyendo positivamente a la experiencia académica, y que esto es algo que los alumnos valoran aceptando ampliamente su uso. De todas maneras, es válido contemplar la posibilidad de que el alto grado de utilización sea motivado por el hecho de que los alumnos se vean forzados a emplearlas para obtener bibliografía, realizar actividades o como medio de comunicación con los docentes. Por tal motivo, a fin de poder extraer conclusiones, deberíamos analizar cuántos de estos usuarios tienen participación realmente activa en dichas redes, utilizando todas sus funcionalidades, más allá de la necesidad u obligación dictada por la modalidad de cursada y los requerimientos para aprobar la materia.

Con todo, existe un 13% de los encuestados que aún no ha adoptado el uso de las TIC's de la FI-UNLZ. Entre ellos, encontramos que un 50% de los encuestados de más de 36 años afirman

no utilizar estas redes. Sin embargo, la baja representación de dicho rango de edad entre el total de los encuestados no nos permite arribar a conclusiones sobre la relación entre la adopción de las TIC's de la FI-UNLZ y la edad de los alumnos.

Tabla 11. Participación de los alumnos en las TIC's de la FI-UNLZ. Composición por edad

Edad	Participación activa en la TIC's de la FI-UNLZ					
	Frecuencia absoluta			Frecuencia relativa porcentual		
	SI	NO	Total	SI	NO	Total
Menor a 24 años	53	8	61	87%	13%	100%
Mayor a 24 y menos de 30	13	1	14	93%	7%	100%
Mayor de 30 y menor de 36	5	0	5	100%	0%	100%
Mayor de 36 años	2	2	4	50%	50%	100%
	Total		84			

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta a la composición por carrera de los encuestados que afirmaron no utilizar las TIC's de la FI-UNLZ, hallamos que una proporción mayor de los alumnos de Ingeniería Mecatrónica confirman no utilizar las TIC's de la FI-UNLZ, aunque no se ha encontrado una gran diferencia respecto de la composición de alumnos que utilizan y los que no utilizan estas redes en las otras carreras. Con todo, los resultados parecerían indicar que la adopción es menor en el caso de la carrera Ingeniería Mecatrónica que en el caso de las otras ingenierías de la FI-UNLZ.

Tabla 12. Participación de los alumnos en las TIC's de la FI-UNLZ. Composición por carrera

Edad	Participación activa en la TIC's de la FI-UNLZ					
	Frecuencia absoluta			Frecuencia relativa porcentual		
	SI	NO	Total	SI	NO	Total
Ingeniería Industrial	44	5	49	90%	10%	100%
Ingeniería Mecánica	17	2	19	89%	11%	100%
Ingeniería Mecatrónica	12	4	16	75%	25%	100%
	Total		84			

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, cabe destacar que los principales motivos que figuran entre las razones brindadas por los 11 alumnos entre los encuestados que respondieron no utilizar las TIC's de la FI-UNLZ comprenden: el desconocimiento, la falta de tiempo, la falta de funcionalidades fundamentales para el uso académico, la falta de bibliografía/información en formato digital, la preferencia por las redes no institucionales, la falta de contenido adecuado para satisfacer las necesidades de información de los alumnos, el hecho de que su uso no es obligatorio para aprobar la materia, y otros. De tal forma, aunque prevalece como motivo de la no utilización el hecho de que su uso no es obligatorio para aprobar la materia, el desconocimiento y la preferencia por redes no institucionales, podemos afirmar que las respuestas se encuentran muy diversificadas y no pareciera haber un motivo compartido por todos los alumnos que no utilizan las TIC's de la FI-UNLZ. Por último, la falta de privacidad al utilizar estas herramientas tecnológicas no parece ser una preocupación de los alumnos que hoy no las utilizan.

Tabla 13. Motivos de la no participación de los alumnos en las TIC's de la FI-UNLZ

Motivos de la no participación en las TIC's FI-UNLZ	Frecuencia
Desconocimiento	2
Falta de tiempo	1
Falta de funcionalidades / componentes fundamentales para el uso académico	1
Falta de bibliografía/información en formato digital	1
Preferencia por las redes no institucionales	2
Falta de privacidad	0
No Satisface las necesidades de información /contenido inadecuado	1
Su uso no es obligatorio para aprobar la materia	3
Otros	2

Fuente: elaboración propia

Finalmente, nos interesa conocer cuáles serían los componentes y funciones principales que una Red Social de la FI-UNLZ con fines académicos debería contemplar a fin de integrar las funcionalidades disponibles en las Redes Sociales informales. Esta pregunta se origina bajo la premisa de que resultaría valioso para los alumnos integrar todas las actividades que realizan con fines académicos en una única Red Social, y asimismo, bajo el supuesto según el cual la preferencia por las redes sociales informales entre los alumnos dificulta la adopción de las TIC's formales o redes sociales institucionales que podría ofrecer la FI-UNLZ. En este sentido, hemos podido comprobar que entre las redes sociales más utilizadas con fines académicos por los encuestados figuran aquellas que permiten integrar múltiples funcionalidades. Asimismo, prevalecen aquellas que son utilizadas con fines de entretenimiento por los encuestados, de ello se desprende que los alumnos prefieren las redes sociales informales a las formales, ya que les permiten integrar actividades académicas y no académicas en la misma red.

Las funcionalidades o componentes propuestas en la encuesta administrada a los alumnos de la FI-UNLZ comprenden: *Comunicación* (chats, mensajería, llamadas, newsletters); *Colaboración* (foros de debate, videoconferencia, mensajería); *Contenidos* (intercambio de documentos, enlaces, información); *Coordinación* (calendario, gestión de eventos/reuniones/proyectos/tareas); *Formación* (webinars, talleres, cursos de formación virtuales); *Información* (intercambio de información, noticias); *Conectividad* (conexión, integración con otras redes/aplicaciones).

Como podemos observar en la siguiente tabla, los alumnos afirmaron que las funcionalidades o componentes principales de una Red Social institucional deberían comprender: la Comunicación (chats, mensajería, llamadas, newsletters), los Contenidos (intercambio de documentos, enlaces e información), la Coordinación (calendario, gestión de eventos/reuniones/proyectos/tareas) y la Información (intercambio de información, noticias); todas ellas con un porcentaje mayor al 55% de los encuestados que las valoraron como un componente fundamental de una red social institucional con fines académicos.

Asimismo, como es posible observar, la integración con otras redes sociales y/o aplicaciones no es un componente que los alumnos valoren en su mayoría, al contrario de la premisa explicitada anteriormente según la cual la integración o conectividad con otras redes sociales favorecería la adopción de redes sociales formales con uso académico. Este factor podría estar influido por la preferencia de los alumnos por las redes sociales informales y la integración de las diversas funcionalidades con fines académicos y no académicos en dichas redes, lo cual los llevaría a desestimar la integración entre redes formales e informales.

El hecho de que la colaboración (foros de debate, videoconferencia, mensajería) como funcionalidad no sea valorada por la mayoría de los alumnos, coincide con las actividades que los alumnos afirmaron realizar en las redes sociales con fines académicos. Por ejemplo, tal como mencionamos anteriormente, un bajo porcentaje de los alumnos (7%) afirma participar en foros de debate sobre distintos temas académicos y un porcentaje mayor (29%) consulta estos foros, lo cual nos lleva a pensar que los alumnos prefieren buscar información que participar activamente en debates favoreciendo el aprendizaje colaborativo. (Ver Tabla 10). Asimismo, refuerza la afirmación que indica que para actividades como mensajería y video llamadas los alumnos prefieren las redes informales.

Por último, es posible mencionar que la formación como funcionalidad (webinars, talleres, cursos de formación virtuales), es valorada como un componente principal sólo en el 39% de los casos, lo cual podría estar indicando que los alumnos aún prefieren las clases presenciales a los cursos virtuales. Este último hallazgo presenta el desafío del diseño pedagógico y la planificación de actividades virtuales en combinación con las clases presenciales, como una forma de aproximación gradual a la nueva realidad tecnológica, a fin de garantizar la aceptación por parte de los alumnos y el éxito de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Tabla 14. Funcionalidades potenciales de una Red Social con fines académicos de la FI-UNLZ

Funcionalidades potenciales de una Red Social de la FI-UNLZ	Frecuencia relativa			
	SI	NO	N/C	Total
Comunicación	59,5%	38,1%	2,4%	100%
Colaboración	42,9%	54,8%	2,4%	100%
Contenidos	70,2%	27,4%	2,4%	100%
Coordinación	57,1%	40,5%	2,4%	100%
Formación	39,3%	58,3%	2,4%	100%
Información	70,2%	27,4%	2,4%	100%
Conectividad	34,5%	63,1%	2,4%	100%
Otros	2,4%	95,2%	2,4%	100%

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

El diseño de un Modelo Académico de Gestión de la Comunicación y de la Información con soporte en la estructura de las Redes Sociales en la FI-UNLZ supone la comprensión de los requerimientos de adaptación al modelo pedagógico y los planes de estudios vigentes, como así también implica la colaboración en el aprendizaje en función de las actividades que actualmente realizan los alumnos en las redes sociales informales con fines académicos, con el fin de garantizar la adopción de la misma y la integración completa al plan curricular de las carreras de ingeniería de la UNLZ.

De tal forma, y en el marco de este nuevo contexto socio-tecnológico, se replantea el proceso de enseñanza-aprendizaje cuyo vínculo fue clásicamente verticalista. El uso de las redes sociales redefine la tarea docente y permite la inserción exitosa del alumno al mundo académico universitario en el cual se convierte en un participante activo y no en un mero receptor, todo ello en función de un modelo educativo colaboracionista. Es por este motivo, que creemos que el

desarrollo de un Modelo Académico de Gestión de la Comunicación y de la Información con soporte en la estructura de las Redes Sociales en la FI-UNLZ, favoreciendo la comunicación alumno-docente, impactaría positivamente en la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje en las carreras de ingeniería.

Sin embargo, el diseño de este Modelo, tal como hemos podido observar, presenta importantes desafíos para la institución a fin de implantar una Red Social Institucional, cuyas funcionalidades y componentes reemplacen o complementen a los que hoy ofrecen las redes informales con potencial de uso académico. Estos desafíos surgen de la administración de la encuesta a los alumnos de la FI-UNLZ, tal como hemos podido observar a partir del análisis de sus resultados:

- Aunque existe un alto grado de aceptación de las TIC's ofrecidas actualmente por la FI-UNLZ, los alumnos aún poseen preferencia por las redes sociales informales donde pueden conjugar actividades de entretenimiento con actividades académicas, sin sentir las limitaciones que una red institucional les impone dada su formalidad y diseño exclusivo con fines académicos.
- El uso de las redes sociales informales con fines académicos está concentrado en aquellas redes sociales más conocidas por los alumnos y las cuales son utilizadas asimismo con fines de entretenimiento. Redes sociales con un alto potencial de uso académico, tales como Edmodo, COM8S y Google docs son desconocidas por los alumnos. Esto reforzaría la premisa sobre la afinidad por la integración de diferentes actividades en una misma red social, razón que llevaría a los alumnos a desestimar redes sociales con componentes mayor o exclusivamente de uso académico.
- Los alumnos realizan actividades con fines académicos en redes sociales informales mayormente como receptores de información, convirtiéndose en pocas ocasiones en verdaderos creadores de conocimiento en base al trabajo colaborativo con sus pares. Por ejemplo, prefieren buscar información o aprender mediante videos interactivos, que participar activamente en debates o compartir debates con fines académicos.
- La especialidad de ingeniería que cursan los alumnos encuestados parecería ser una variable que influye en la adopción de las redes sociales institucionales, lo cual presenta el desafío para la Universidad de investigar las razones del bajo grado de utilización en los alumnos de la carrera Ingeniería en Mecatrónica, por ejemplo, a fin de poder fomentar su adopción como en otras especialidades de la FI-UNLZ.
- Los principales motivos de la no utilización de las TIC's que la FI-UNLZ pone a disposición de los alumnos actualmente parecen ser diversos entre ellos aunque destacan como motivo de la no utilización el hecho de que su uso no es obligatorio para aprobar la materia, el desconocimiento y la preferencia por redes sociales no institucionales, lo que plantea el desafío de desarrollar un modelo académico de gestión de la comunicación y la información orientado a resolver estos obstáculos para la implantación de una Red Social institucional.
- Las funcionalidades o componentes principales de una Red Social institucional según los alumnos encuestados deberían comprender: la *Comunicación* (chats, mensajería, llamadas, newsletters), los *Contenidos* (intercambio de documentos, enlaces e información), la *Coordinación* (calendario, gestión de eventos/reuniones/proyectos/tareas) y la *Información* (intercambio de información, noticias). El hecho de que la integración con otras redes sociales y/o aplicaciones (*Conectividad*) no sea un componente que los alumnos valoren en su mayoría, plantea el desafío de desarrollar este modelo académico de gestión en competencia con una gran variedad de redes informales que también poseen funcionalidades con potencial de uso académico, lo cual podría desincentivar el uso de las redes institucionales. Por último, es posible mencionar que la *Formación* como funcionalidad (webinars, talleres, cursos de formación

virtuales), es valorada como un componente principal sólo por el 39% de los alumnos encuestados, lo cual presenta el desafío relacionado con la efectiva inserción del estudiante en el mundo de la virtualidad donde pueda convertirse en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, reemplazando actividades que hasta ahora se realizan de manera presencial.

En suma, el tipo de participación de los alumnos de la FI-UNLZ en las redes sociales con fines académicos impondría un desafío con vistas a la implantación de una Red Social institucional en la FI-UNLZ, en la medida en que es preciso analizar cuáles son los factores que motivarían a estos alumnos a tener una participación más activa, reemplazando las redes informales por las formales o institucionales. Esto implica el diseño de entornos virtuales que favorezcan el aprendizaje, incorporando herramientas tecnológicas que podrían competir con las redes informales utilizadas con fines de entretenimiento, o bien, complementarse con ellas.

Futuras líneas de investigación podrían incluir, en base a los resultados presentados, estudios replicando la metodología del presente trabajo para analizar el comportamiento de los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica respecto a la utilización de las TIC's de la FI – UNLZ; estudios incorporando técnicas de análisis prospectivo (MIC-MAC, Focus Group) para poder profundizar sobre los factores clave que favorecerían la implantación de una Red Social Institucional en la FI-UNLZ; un análisis comparativo entre las funcionalidades de las redes sociales informales con fines académicos y las herramientas tecnológicas disponibles en la FI-UNLZ, a fin de poder brindar a los alumnos institucionalmente las funcionalidades que ellos demandan para el desarrollo del proceso de aprendizaje; y un estudio más profundo en lo que respecta a la *Conectividad* como funcionalidad deseada por los alumnos, es decir, la integración de diferentes redes sociales, a fin de determinar si ello sería un factor clave que favorecería la implantación de una Red Social institucional en la FI-UNLZ.

5. Referencias

- [1] Diéguez, A. I. I., Di Pietro, F., Pascual, M. V., & Oliver, A. B. (2014). El uso de las redes sociales en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. *Educade: revista de educación en contabilidad, finanzas y administración de empresas*, (5), Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas, AECA, pp. 49-64.
- [2] Orihuela, J. L. (2003, Octubre 12). Redes Sociales: un inventario de recursos y experiencias. *eCuaderno*. Disponible en <http://www.ecuaderno.com/2003/10/12/redes-sociales-un-inventario-de-recursos-y-experiencias/>
- [3] Koldo Meso, A., Pérez Dasilva, J.A., & Mendiguren Galdospin, T. (2011). La implementación de las redes sociales en la enseñanza superior universitaria. *Revista Tejuelo*, (12), pp.143-144.
- [4] Alonso, M.H. & Muñoz de Luna, A.B. (2010). Uso de las nuevas tecnologías en la docencia de Publicidad y Relaciones Públicas, en Sierra, J. & Sotelo, J. (Coords.). *Métodos de innovación docente aplicados a los estudios de Ciencias de la Comunicación*. Madrid: Fragua; 348-358.
- [5] De la Torre, A. (2009). Nuevos perfiles en el alumnado: la creatividad en nativos digitales competentes y expertos rutinarios. *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 6, 1; 9.
- [6] Arguelles, R.V. (2013). Las redes sociales y su aplicación en la educación. *Revista Digital Universitaria UNAM*, 11-12).
- [7] Gabelas, José Antonio (2010). “Escenarios virtuales, cultura juvenil y educomunicación 2.0”. En APARICI, Roberto (Coord.) (2010). *Educomunicación más allá del 2.0*. Barcelona: Gedisa, pp. 205-223.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EL APOORTE DE LA SIMULACION PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE INNOVACION. EL CASO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

Claudia Minnaard, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E) –
Facultad de Ingeniería -Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Marta Comoglio, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E) –
Facultad de Ingeniería -Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Facundo Frende, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E) –
Facultad de Ingeniería -Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Oscar Lacanna, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E) –
Facultad de Ingeniería -Universidad Nacional de Lomas de Zamora

minnaardclaudia@gmail.com-mcomoglio@gmail.com

Resumen— Se presenta el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, que a través de su laboratorio de Simulación ha desarrollado un proceso de articulación con diversas cátedras de las carreras Ingeniería Industrial y Mecánica, con el objetivo de optimizar el uso de los diferentes software (Catia y Delmia Quest) y promover el aprendizaje significativo en los alumnos, a partir de favorecer su proactividad y autonomía. Cabe aclarar que entendemos que el objetivo básico de una simulación bien diseñada es desarrollar en el estudiante una comprensión profunda, flexible e intuitiva del tema o contenido [1] En el marco de este proyecto desde el Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E) se viene desarrollando una línea de investigación que indaga el proceso de desarrollo de casos a través de la interacción de las cátedras y el equipo técnico del Laboratorio de Simulación, y evalúa los impactos del modelo.

Los componentes principales sobre los que se trabaja son los siguientes: objetos didácticos, enfoques (estrategias o actividades docentes) y modificación de creencias tanto de los alumnos como de docentes [2].

El estudio presenta la dinámica del modelo de innovación, sus actores, actividades y modelo de interacción por un lado como así mismo se presentan los resultados del seguimiento de la actividad del laboratorio correspondiente al año 2015.

Palabras clave— *Simulación, Objetos didácticos, Aprendizaje significativo.*

1. Introducción

La simulación dentro del proceso de aprendizaje proporciona un entorno virtual complejo y rico que hace posible realizar tareas en las cuales los estudiantes aprendan y pongan a prueba

su competencia en trabajos y problemas múltiples, este tipo de aprendizaje permite al alumno comprender los contenidos, desarrollar autonomía, explorar e investigar los temas de su propio interés, entre otras muchas habilidades. [1]

Desde una perspectiva educativa se puede considerar que la simulación puede cumplir dos funciones: (Ilustración 1)

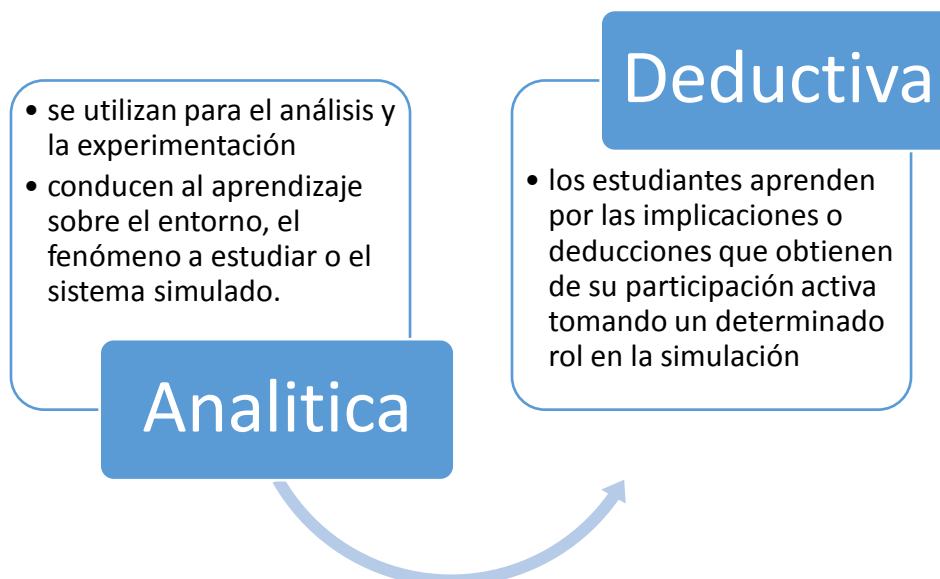


Ilustración 1: Funciones que puede cumplir la simulación

El objetivo básico de una simulación bien diseñada es desarrollar en el estudiante una comprensión profunda, flexible e intuitiva del tema o contenido a tratar.

Son muchas las aplicaciones de modelos de simulación que se pueden desarrollar entre los que se pueden mencionar los procesos de manufactura, sistemas de colas, sistemas de inventarios, proyectos de inversión, simulaciones de vuelo y pruebas aerodinámicas, simulaciones de manejo y choque de automóviles, desastres naturales, estrategias de defensa, distribución de planta, reacciones químicas, etc. [3]

La evolución de la tecnología ha influido en todos los segmentos de la producción pasando por la automatización de la fabricación, la robótica en las líneas de producción, los controladores lógicos programables (PLC), pero la integración de estas tecnologías es siempre un tema complejo y requiere tiempo. [4],[5].

Las funciones de DELMIA Digital Manufacturing amplían la visualización a la fabricación más allá del producto y proporcionan la capacidad de simular los procesos de fabricación incluso antes de que existan las plantas y las líneas de producción físicas.

A continuación se describen los dos casos desarrollados en el Laboratorio de Simulación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Caso 1: Simulación utilizando el Software Delmia-Quest orientado a la Investigación de Operaciones:

Dentro de los casos llevados a cabo dentro del área de simulación, una de las temáticas abordadas fue la Investigación de Operaciones, donde se analizó particularmente la teoría de

colas como uno de los temas de la materia que podía fácilmente adaptarse al software Delmia-Quest. Para llevar a cabo esto, se esquematizaron tres situaciones distintas que permitieran observar posibles aplicaciones de la simulación para estudiar la formación de colas de espera y su gestión usando la teoría aprendida. Las variables que el modelo permite operar son:

- Tasas de despacho
- Cantidad de puntos de servicio para las colas
- Tasas de arribo al punto de servicio.

Con esto el usuario es capaz de efectuar cambios y obtener posibles resultados y caminos de acción dependiendo el objetivo que se plantee o los problemas que haya observado factibles de ser corregidos. Las situaciones de análisis fueron las siguientes:

1. Observación de un fenómeno de espera simulando la salida de personal de un establecimiento con un solo punto de servicio. Se observa que incidiendo en la variable: tiempo de servicio, el despacho no genera colas.
2. Observación del mismo fenómeno pero con la disponibilidad de múltiples puntos de servicio que se activan progresivamente a medida que la fila precedente se satura. Se observa que actuando sobre la tasa de llegadas (por ejemplo, gestionando la salida del establecimiento) se pueden reducir los recursos destinados a la atención en la salida.
3. Se regrese al análisis del punto 1 pero observando los efectos provocados en el fenómeno de espera si se incorpora otro punto de servicio en vez de acelerar el servicio del puesto existente.

Esto tres puntos permiten observar de manera práctica la teoría vinculada a casos de fenómenos de espera, obtener resultados cuantitativos de los efectos de las acciones realizadas y efectuar conclusiones.



Figura 1: Simulación utilizando el Software Delmia-Quest orientado a la Investigación de Operaciones.

Caso 2: Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Esta práctica tiene como finalidad a través de la simulación, poder realizar un análisis ergonómico de una determinada actividad laboral, siempre relacionada con el levantamiento manual de carga, en este caso se lleva a cabo el estudio de las diversas posturas que toma un maniquí (operario) al manipular rodillos de papel.

En primer lugar se realiza la simulación del proceso cuando el maniquí traslada 3 rodillos de un carro hasta una estantería para depositar los mismos, una vez concluido el proceso, se obtendrán diferentes reportes referidos a los métodos NIOSH y RULA. Mediante estos reportes podremos analizar los diversos movimientos realizados por el operario y además ver que partes del cuerpo son las más comprometidas con dicha tarea.

Postura inicial:

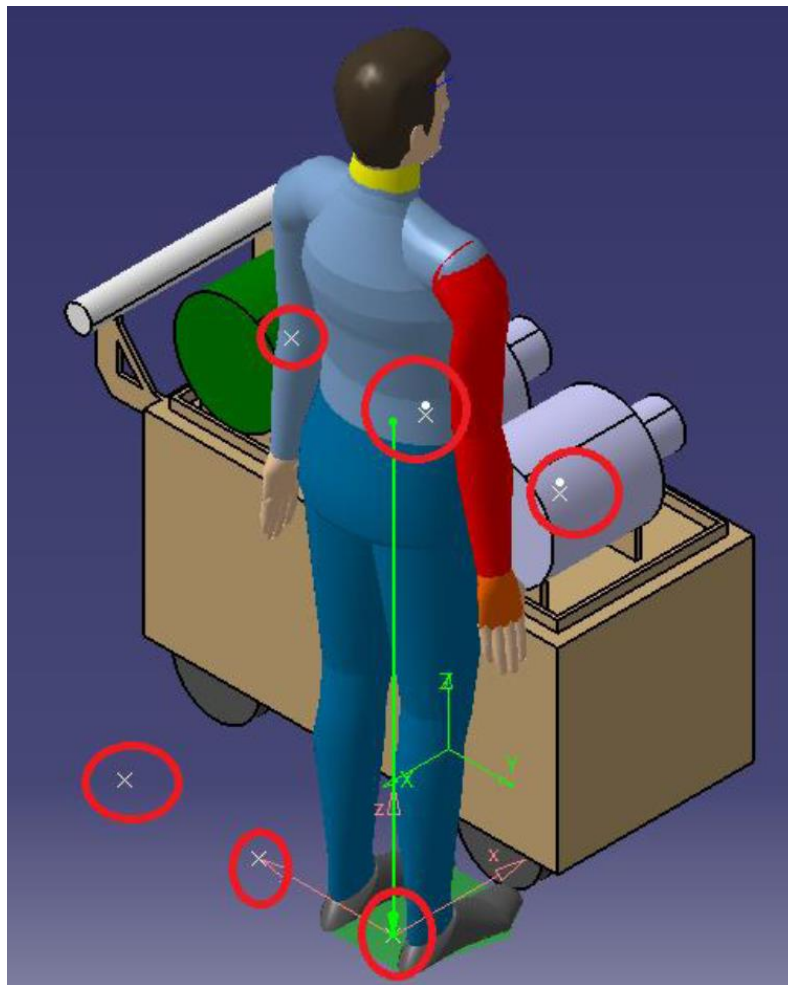


Figura 2: Simulación Postura inicial

Análisis Niosh:

Lift-Lower Analysis (RRHH1.1)

Posture: ☐ Initial ☒ Final

Guideline: NIOSH 1991

Specifications:

1 lift every: 7200s

Duration: 8 Hours

Coupling condition: Poor

Object weight: 15.87kg

Report

Name: Lift-Lower1

Output File: C:\Users\jcordova\Documents\Lift-Low

Score:

Origin: Recommended Weight Limit (RWL): 12.6kg
Lifting Index (LI): 1.3

Destination: Recommended Weight Limit (RWL): 8.5kg
Lifting Index (LI): 1.9

Details

Travel Distance (D): 421.7mm

Load Constant (LC): 23.13kg

Distance Multiplier (DM): 0.93

Frequency Multiplier (FM): 1.00

Origin:

Horizontal Location (H): 379.64mm

Vertical Location (V): 687.15mm

Angle Of Asymmetry (A): 0deg

Horizontal Multiplier (HM): 0.67

Vertical Multiplier (VM): 0.98

Asymmetric Multiplier (AM): 1.00

Coupling Multiplier (CM): 0.90

Destination:

Horizontal Location (H): 493.07mm

Vertical Location (V): 265.45mm

Angle Of Asymmetry (A): 0deg

Horizontal Multiplier (HM): 0.52

Vertical Multiplier (VM): 0.85

Asymmetric Multiplier (AM): 1.00

Coupling Multiplier (CM): 0.90

Figura 3: Análisis NIOSH

Análisis Rula:

RULA Analysis (RRHH1.1)

Side: ☐ Left ☒ Right

Parameters:

Posture: ☐ Static ☒ Intermittent ☐ Repeated

Repeat Frequency: ☒ < 4 Times/min. ☐ > 4 Times/min.

☐ Arm supported/Person leaning

☐ Arms are working across midline

☐ Check balance

Load: 15.87kg

Score:

Final Score: 6

Investigate further and change soon

Details

Upper Arm: 3

Forearm: 3

Wrist: 2

Wrist Twist: 1

Posture A: 4

Muscle: 0

Force/Load: 2

Wrist and Arm: 6

Neck: 1

Trunk: 3

Leg: 1

Posture B: 3

Neck, Trunk and Leg: 5

Figura 4: Análisis Rula

2. Materiales y Métodos

En el presente trabajo se han relevado las percepciones de los estudiantes que han desarrollado actividades de simulación en el Laboratorio de Simulación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Se aplicó una encuesta estructurada a 51 estudiantes luego de realizar dos actividades de simulación.

Las actividades de simulación realizadas se describen en el Tabla 1

Materia	Cantidad de alumnos	Actividad realizada	Software utilizado
Higiene y Seguridad del trabajo	33	Simulación de Ergonomía	Delmia VS Ergonomics
Investigación operativa	18	Estudio de fenómeno de colas	Delmia Quest

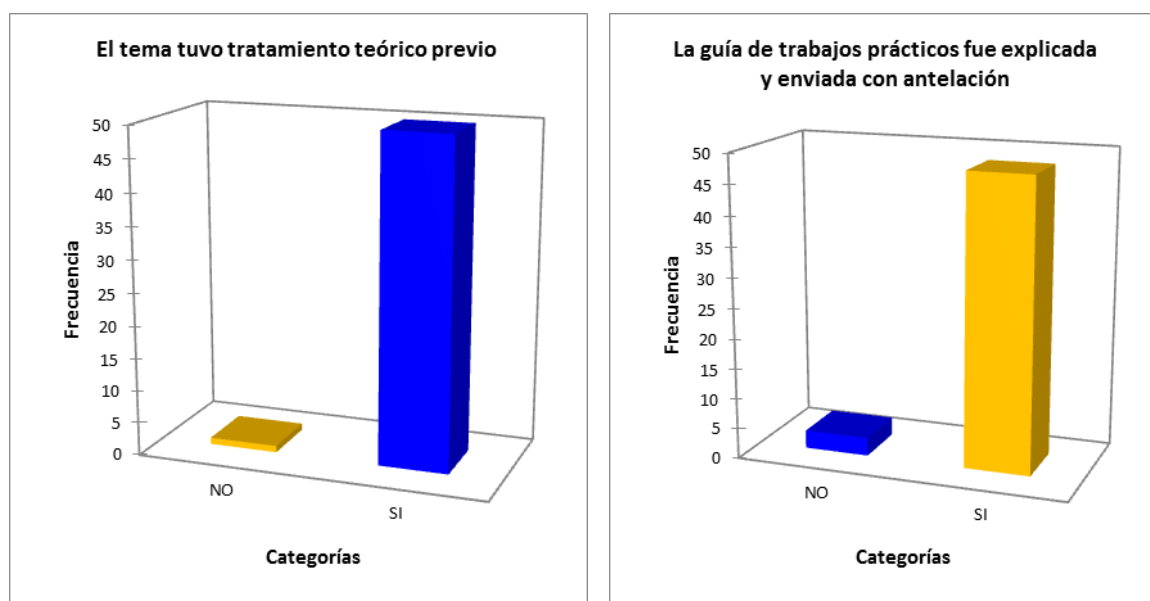
Tabla 1: Actividades realizadas y softwares utilizados. Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y Discusión

La encuesta focalizó en los aspectos pre experiencia y durante la experiencia. (Tabla 2)

Aspectos relevados en la instancia previa a la experiencia	No. de observaciones	Categoría	Frecuencia por categoría	Porcentaje
El tema tuvo tratamiento teórico previo	51	NO	1,000	1,961
		SI	50,000	98,039
La guía de trabajos prácticos fue explicada y enviada con antelación	51	NO	3,000	5,882
		SI	48,000	94,118

Tabla 2: Aspectos relevados en la instancia previa a la experiencia .Fuente: Elaboración propia



Gráficos 1 y 2: Aspectos relevados en la instancia previa a la experiencia. Fuente: Elaboración propia

Los aspectos relevados previos a la experiencia fueron: si el tema tuvo tratamiento teórico previo y si la guía de trabajos prácticos fue explicada y enviada con antelación. El 98 % de los estudiantes consideró que el tema que se aplicó en la actividad de simulación había tenido un desarrollo teórico previo y el 94% destacó que la guía fue explicada y enviada con antelación.

En cuanto a los aspectos considerados durante la experiencia se describen en la Tabla 3

Aspectos relevados durante la experiencia	No. de observaciones	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
			por categoría	
Disponía de la guía del trabajo práctico	51	NO	2,000	4,082
		SI	47,000	95,918
Se explicaron los objetivos del trabajo	51	S	1,000	2,041
		SI	48,000	97,959
Instancia de formación en el uso y alcance del software utilizado	51	NO	2,000	4,082
		SI	47,000	95,918
Se consultó si existían dudas acerca de la utilización del software	51	NO	3,000	6,122
		SI	46,000	93,878
Para desarrollar el práctico tuvo que organizarse en equipo	51	NO	22,000	44,898
		SI	27,000	55,102
Tuvo que identificar y organizar datos relacionados con un problema	51	NO	3,000	6,122
		SI	46,000	93,878
Tuvo tiempo suficiente para desarrollar la práctica	51	NO	3,000	6,122
		SI	46,000	93,878

Tabla 3: Aspectos relevados durante la experiencia. Fuente: Elaboración propia

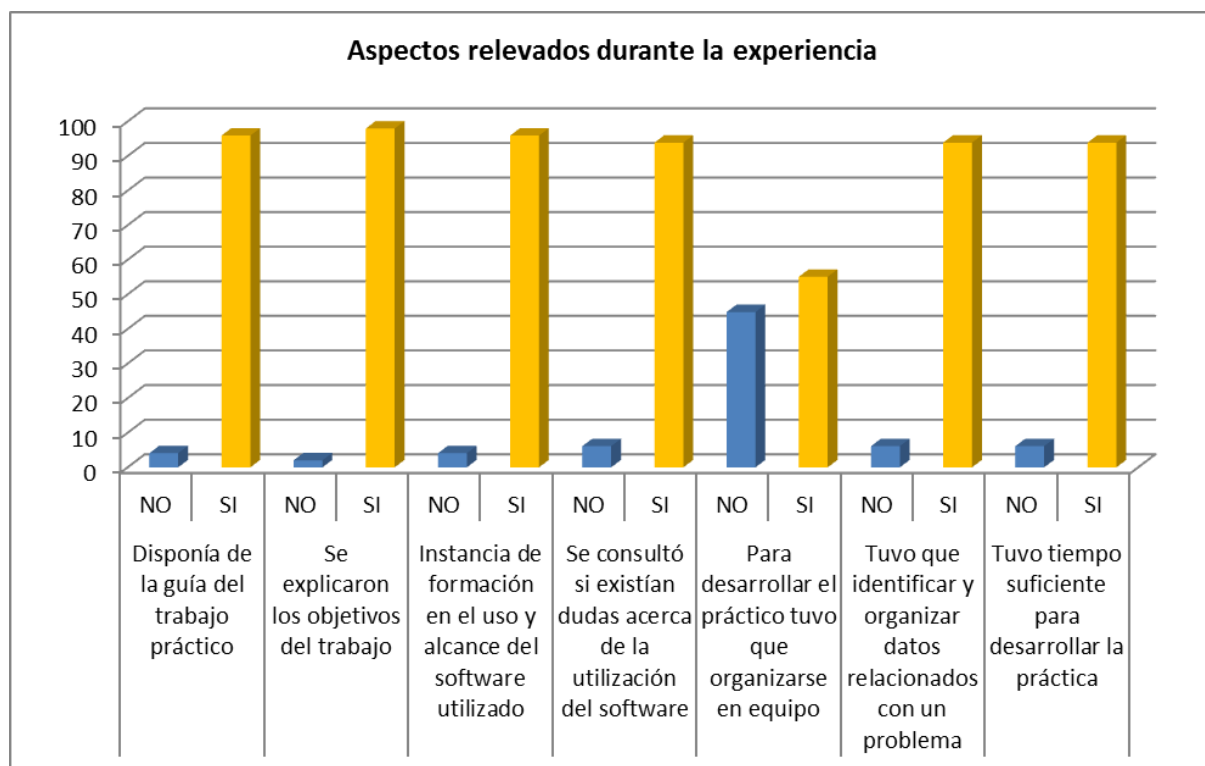


Gráfico 3: Aspectos relevados durante la experiencia Fuente: Elaboración propia

El 95,918 % considera que disponía de la guía del trabajo práctico; el 97,959 % que se explicaron los objetivos del trabajo; el 95,918% indicó que hubo una instancia de formación en el uso y alcance del software utilizado.

Asimismo, el 93,878% puntualizó que se les consultó si existían dudas acerca de la utilización del software; solamente el 55% indicó que para desarrollar el práctico tuvo que organizarse en equipo. El 93,878% afirmó que tuvo que identificar y organizar datos relacionados con un problema y que el tiempo fue suficiente para desarrollar la práctica.

Al consultarlos con respecto al nivel de satisfacción en el desarrollo de la experiencia, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Nivel de comprensión de la clase	51	1,000	5,000	4,388	0,820
Grado de satisfacción con el software utilizado	51	2,000	5,000	4,388	0,770
Atención recibida por parte de los tutores	51	1,000	5,000	4,694	0,727
Nivel de comprensión de la guía de trabajo práctico	51	1,000	5,000	4,531	0,777
Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio	51	1,000	5,000	4,531	0,777

Tabla 4: Nivel de satisfacción en el desarrollo de la experiencia. Fuente: Elaboración propia

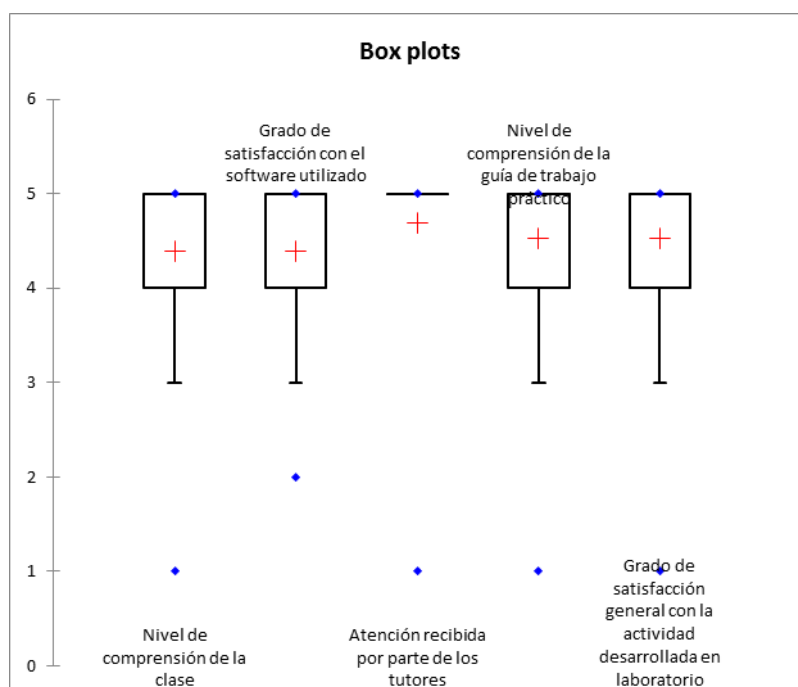


Gráfico 4: Boxplots nivel de satisfacción en el desarrollo de la experiencia. Fuente: Elaboración propia

A fin de ponderar el nivel de satisfacción se utilizó una escala Likert siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo. Con respecto al Nivel de comprensión de la clase la media se ubicó en 4,388 con un desvío típico de 0,820; en el Grado de satisfacción con el software utilizado, la media y el desvío fueron 4,388 y 0,770.

En Atención recibida por parte de los tutores, Nivel de comprensión de la guía de trabajo práctico y Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio las medias fueron levemente superiores ubicándose en 4,694; 4,531 y 4,531 respectivamente.

Al comparar las variables consideradas para evaluar el nivel de satisfacción en el desarrollo de la experiencia se aplicó una matriz de correlación de Pearson.

Matriz de correlación (Pearson (n)):

Variables	Nivel de comprensión de la clase	Grado de satisfacción con el software utilizado	Atención recibida por parte de los tutores	Nivel de comprensión de la guía de trabajo práctico	Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio
Nivel de comprensión de la clase	1	0,717	0,698	0,845	0,750
Grado de satisfacción con el software utilizado	0,717	1	0,601	0,699	0,733
Atención recibida por parte de los tutores	0,698	0,601	1	0,778	0,848
Nivel de comprensión de la guía de trabajo práctico	0,845	0,699	0,778	1	0,768
Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio	0,750	0,733	0,848	0,768	1

Tabla 5: Matriz de correlación de Pearson. Fuente: Elaboración propia

Se observa una correlación alta entre el Nivel de comprensión de la clase y Grado de satisfacción con el software utilizado (0,717) ; con Nivel de comprensión de la guía de trabajo práctico (0,845) y con Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio (0,750).

La Atención recibida por parte de los tutores correlaciona con Nivel de comprensión de la guía de trabajo práctico (0,778) y con Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio (0,848)

Por su parte, Grado de satisfacción general con la actividad desarrollada en laboratorio tiene una correlación alta con todas las variables consideradas.

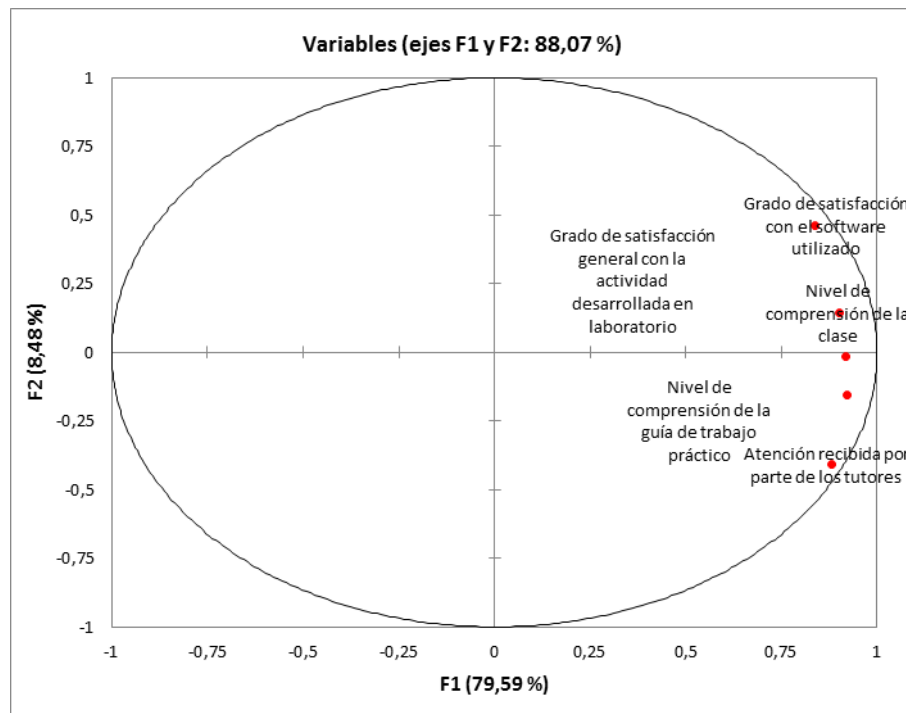


Gráfico 5: Gráfico simétrico nivel de satisfacción Fuente: Elaboración propia

Una síntesis de los comentarios de los estudiantes post experiencia se muestran en la Tabla 6

-
- ✓ Se trata de una experiencia excelente (10 Puntos)
 - ✓ Es un software muy interesante y sería bueno que se dicten clases para especializarse en el uso de todas sus herramientas
 - ✓ Excelente clase
 - ✓ Excelente la explicación
 - ✓ Excelente software de simulación de procesos con fines de mejora continua y reducción de costos
 - ✓ Mucha información junta en poco tiempo. El software es muy interesante. Un ejemplo más corto sería mejor
-

Tabla 6: Comentarios post experiencia Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos, a partir de indagar el impacto en los alumnos, de las experiencias con herramientas de simulación, permiten concluir sin lugar a dudas, que se trata de una opción que genera altos niveles de satisfacción en los participantes, no solo por la potencialidad y alcances del software sino también por la calidad de la experiencia en sí misma.

La atención dispensada por los tutores y las explicaciones brindadas por ellos a los alumnos fue valorada muy positivamente. Por lo tanto el impacto del modelo implantado en la unidad académica, puede evaluarse en dos direcciones: sobre el proceso de enseñanza y el de aprendizaje.

En el primer caso, por la formación de tutores que ingresan tempranamente a la docencia y que adquieren herramientas didácticas innovadoras: habilidades para el desarrollo de casos de estudio encuadradas en la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) e incorporación de la tecnología a sus prácticas y docentes.

Por otro lado se impacta en el proceso de aprendizaje, aumentando la motivación de los alumnos a través de herramientas de última generación que se aplican en los ámbitos de trabajo.

Sin embargo, se advierte que existe una limitación y es la variable horaria. La carga horaria de los planes de estudio de las carreras de ingeniería, está condicionada a una serie de actividades teóricas y prácticas, que los docentes tradicionalmente vienen desarrollando. Cualquier innovación que se pretenda introducir, hace necesario buscar un nuevo equilibrio en la dinámica de cada cátedra respecto de desarrollo de temas-carga horaria asignada a cada tema. Por tal motivo, entendemos que los próximos pasos, es indagar las expectativas del cuerpo docente respecto de incorporar en forma intensiva el uso de la simulación al dictado de sus asignaturas y explorar alternativas para la reconversión del dictado tradicional de las asignaturas.

Referencias

- [1] URDIQUI MARTIN, A.M. y CALABOR PRIETO, M. (2014) Aprendizaje a través de juegos de simulación: Un estudio de los factores que determinan su eficacia pedagógica. En EDUTEC. Revista Electrónica de tecnología Educativa. Núm. 47. Año 2014. Páginas 1-15
- [2] VILLA SANCHEZ, A. ESCOTET, M. y GOÑI ZABALA, J. (2007) Modelo de Innovación de la Educación Superior. Vicerrectorado de la Innovación y Calidad ICE de la Universidad de DEUSTO.
- [3] CANTU-GONZALES, J. R., GARCIA, M. D. C. G., & HERRERA, J. L. B. (2016). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa.
- [4] DE GRADO, T. F. (2015). Desarrollo de un puesto de envasado automatizado, basado en accionamientos electroneumáticos y puesta en marcha virtual del mismo.
- [5] PINTO, G. L. (2010). Simulation in a virtual environment to operate with an automatic production line used in the automotive industry (No. 2010-36-0224). SAE Technical Paper.

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA EN LA MODALIDAD BLENDED LEARNING PARA CARRERAS DE INGENIERÍA

Marta Susana Comoglio, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E)

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora

mcomoglio@gmail.com

Resumen— Se presentan los resultados de un estudio cuali cuantitativo, con orientación prospectiva, con el objetivo de identificar variables clave para implementar un modelo educativo en la modalidad Blended Learning que favorezca la percepción de los alumnos respecto de su rendimiento académico. Se presentan los resultados del análisis estructural realizado así como también el análisis de juego de actores, los que permiten visualizar las variables estratégicas del sistema definido, - en este caso de carreras de ingeniería, - como así también el posicionamiento de los diferentes actores respecto de los posibles apoyos que eventualmente podrían dar a las acciones que se implementen en el marco de un modelo de enseñanza innovador.

Palabras clave: *Prospectiva, Rendimiento Académico, Blended Learning, Modelos de Enseñanza*

1. Introducción

El presente trabajo se propone contribuir al conocimiento en el campo de la educación, a través del diseño de un modelo educativo, que integre las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) a la enseñanza de la ingeniería.

Para alcanzar estos resultados y en el marco de los estudios que se vienen realizando, se considera necesario identificar variables estratégicas que orienten la gestión del modelo y que permita a la comunidad académica (autoridades y docentes) de las instituciones de Educación Superior, identificar fortalezas y puntos de conflicto al momento de implementar modelos de innovación en la enseñanza.

Nuestra hipótesis de trabajo es “Existen ciertos factores clave en la implementación de un modelo Blended Learning”.

Se observa que en los últimos años se están produciendo cambios significativos en la enseñanza universitaria, en cierto punto originados en los incesantes aportes del campo de las Tecnologías de la Información y Comunicación. Los docentes educan hoy a una nueva generación de estudiantes. Se trata de jóvenes que han crecido como nativos digitales, y se refieren a ellos mismos como generación NET [1]

Por lo señalado, se observa que en forma paralela, junto con el ritmo acelerado del desarrollo de la tecnología, se aumenta su uso en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), Intranets institucionales con componentes de aprendizaje y enseñanza, o sistemas individuales, que integran en forma más rudimentaria herramientas tecnológicas.

En síntesis, el modelo de enseñanza cara a cara o de contacto personal ya no es el método exclusivo de enseñanza [2], y esta perspectiva, - aprendizaje potenciado por la tecnología, - es cada vez más reconocida por el sector de la Educación Superior [3].

El uso generalizado de las tecnologías de Internet en la educación superior y la Web se ha disparado en los últimos 15 años, y un creciente foco de dicho crecimiento es el aprendizaje

mixto o Blended Learning [4]. A tal punto que esta tendencia ha sido llamada “nueva normalidad” en la Educación Superior [5] y [6].

Algunos autores recomiendan centrar los estudios en las cuestiones pedagógicas de la educación a distancia, como así también en, hábitos de estudio, auto-eficacia, satisfacción de los estudiantes con la educación, como así también indagar la correlación de estos factores con su desempeño académico [1].

2. Materiales y Métodos

Teniendo en cuenta que se propone el diseño de un modelo de enseñanza bajo la modalidad Blended Learning, a partir de determinar los factores estratégicos para su implementación, se trabajó evaluó que los siguientes métodos eran apropiados a dichos fines.

a) Análisis Estructural utilizando la técnica de Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MIC MAC) y

b) Análisis del Juego de Actores a través de la técnica Matriz de Alianzas, Conflictos, Tácticas Objetivos y Recomendaciones (MACTOR)

Ambos métodos, permiten un abordaje cuali-cuantitativo y prospectivo y se implementan con la ayuda de software de aplicación desarrollado por Lipsor (Laboratoire d’Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation).

Los estudios prospectivos intentan aproximarse al futuro explorando las diversas posibilidades de la acción humana, que quedan de manifiesto a través de diferentes proyectos, intereses y necesidades de los diferentes grupos sociales.

El Análisis Estructural constituye una primera etapa de la metodología prospectiva y su objetivo es poner en evidencia las relaciones que existen entre las variables de un determinado sistema. Esta aproximación permite identificar las variables clave o críticas de dicho sistema, respecto de cuyo comportamiento habrá que prestar atención.

Los pasos para desarrollar este análisis surgen de la tabla 1:

Tabla 1. Identificación de Actividades y Responsables del Método MIC MAC

Actividad	Responsable
Delimitación de un sistema	Examen por parte de los expertos
Establecimiento de las relaciones de estas variables en una matriz	Taller con expertos
Clasificación de las variables en función de su grado de dependencia-motricidad	Trabajo de Gabinete. Utilización Software MICMAC (Matriz Impactos Cruzados, Multiplicación Aplicada a una Clasificación)

Es importante tener en cuenta que para la prospectiva el futuro no puede estar determinado exclusivamente por el peso de las probabilidades que se calculan a partir de las tendencias del pasado. El futuro siempre va a estar condicionado y abierto a una multiplicidad de posibilidades, que dependen de las acciones humanas. Es decir que cada actor que participa en un determinado sistema influye o es influido y a su vez tiene en sus manos diversos caminos para alcanzar sus propios objetivos. Esta libertad implica que pueda realizar alianzas con otros u otros actores para alcanzar aquellos. A través del análisis del Juego de Actores, se completa

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

el trabajo de identificación de variables clave para el futuro, enfocado a determinar motivaciones, conflictos y posibles alianzas estratégicas

Tabla 2 Identificación de Actividades y Responsables del Método MIC MAC

Actividad	Responsable
Identificación de Variables Clave	Taller de Expertos (Insumo de Análisis Estructural)
Identificación de actores vinculados a variables clave	Taller con expertos
Identificación de Retos Estratégicos	Taller con expertos
Evaluación de influencia de actores sobre objetivos y niveles de convergencia y divergencia	Trabajo de Gabinete. Utilización Software MACTOR (Matriz de Alianzas, Conflictos, Tácticas Objetivos y Recomendaciones)

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis Estructural

A continuación se presentan los resultados del análisis estructural, proyectados en el plano

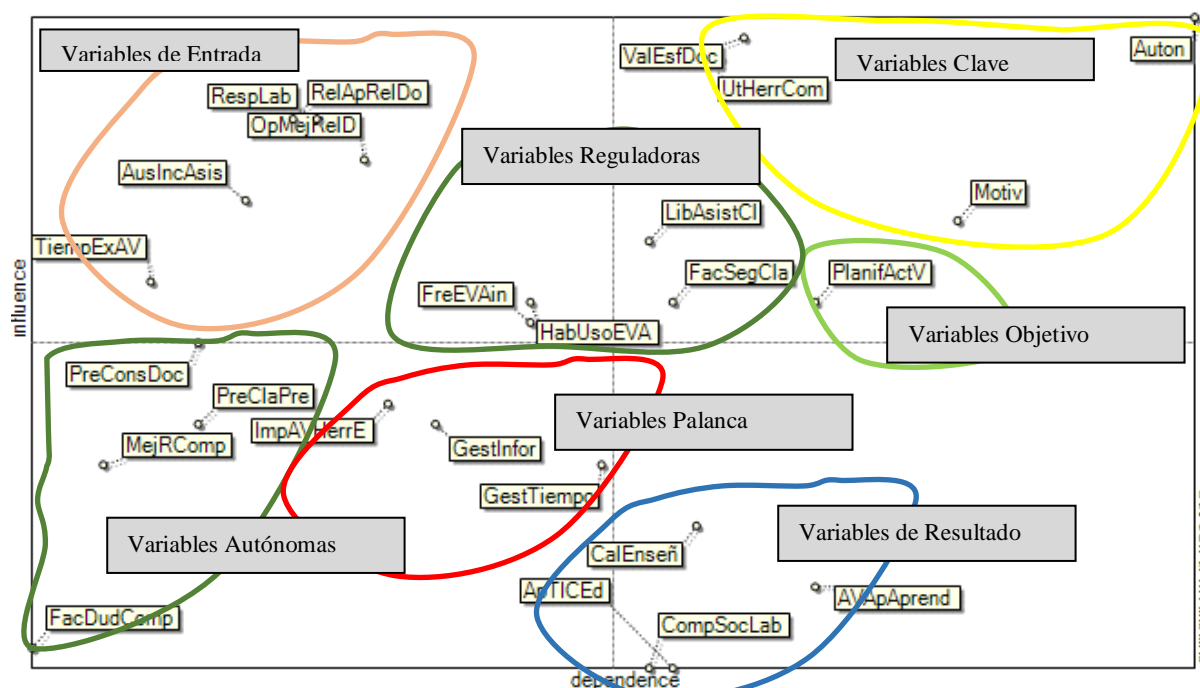


Figura 1. Mapa de Influencias y Dependencias

Fuente: Elaboración propia

A partir de la proyección de las variables al Plano (Figura 1), podemos observar cómo se reconfigura el sistema definido para el estudio (Tabla 3).

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Tabla 3. Variables Clasificadas por el Método MIC MAC
Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia	
Variables de Entrada	
Nivel de Responsabilidades Laborales	Muy motrices y poco dependientes, son las que determinan el funcionamiento actual del sistema y que según la evolución que sufran se pueden convertir en frenos o motores del sistema
Opinión sobre la relación entre aprendizaje y facilidad para contactar al docente	
Opinión sobre el tiempo extra que insume utilizar el EVA	
Ausencia de Inconvenientes para asistir a Clase	
Opinión acerca de la contribución del EVA a la relación con docentes	
Variables Autónomas	
Preferencia por consultar personalmente al Docente	Poca influencia en el sistema, son escasamente dependientes. Se corresponden con tendencias pasadas, movilizan al sistema por inercia. Están medianamente desconectadas del mismo, por lo tanto no son determinantes para su evolución futura
Preferencia Clase presencial	
Contribución del EVA a la relación con los compañeros	
Facilidad para sacarse dudas con compañeros	
Variables Palanca	
Mejora la gestión del tiempo	Son complementarias de las Reguladoras y presentan como ventaja, que la actuación sobre las mismas permite evolucionar a la Reguladoras, las que a su vez, actúan sobre las clave. Como tienen un grado de motricidad y dependencia inferior al de las Reguladoras, son menos inestables, por lo que el apalancamiento sobre ellas favorece una evolución más previsible.
Mejora Gestión de la Información	
Importancia asignada al Aula Virtual como herramienta de Estudio	
Variables Reguladoras	
Importancia asignada a la frecuencia de acceso al EVA para estar informado	Participan en el funcionamiento normal del sistema. Se las denomina también “llave de paso” y permiten alcanzar el cumplimiento de las variables clave, y contribuyen a su evolución. Al ser más estables (ni tan motrices ni tan dependientes como ellas) resulta más fácil influirlas y a través de ellas movilizarlas).
Nivel de Rutina de Acceso al EVA para estar informado	
Facilidad seguimiento clase	
Nivel de dependencia con el aula virtual para seguir la asignatura	
Variables Clave	
Valoración Esfuerzo Docente	Son muy motrices y muy dependientes. Por esa misma razón son muy inestables; por un lado perturban el funcionamiento normal del sistema y por otro lo sobre determinan. Se trata por lo tanto las variables críticas que corresponden a los retos del sistema
Incremento Motivación	
Autonomía de estudios	
Utilidad de EVA como Herramienta de Comunicación	
Variables Objetivo	

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Planificación actividades virtuales	Se trata de variables muy dependientes y medianamente motrices, por tal motivo se puede influir para que su evolución sea aquella que se desea. Las mismas dan un margen elevado de maniobra y ayudan a regular el funcionamiento de las variables clave.
Variables de resultado	
EVA mejora la calidad de la Enseñanza	Estas variables son las que muestran los resultados del funcionamiento del sistema, son poco influyentes pero muy dependientes. Junto a las variables objetivo se pueden considerar indicadores descriptivos de la evolución del sistema. Se trata de variables, que por la escasa influencia que ejercen sobre el sistema, no se aconseja intervenir, sino a través de las que dependen en el sistema.
Valoración del EVA como herramienta de apoyo para el Aprendizaje	
Valoración Aporte TIC enseñanza	
Adquisición competencias socio-laborales	

Los resultados del Análisis Estructural nos permiten realizar aproximación al sistema a través de la identificación de variables críticas para el diseño de un modelo, que integrando las TIC en la modalidad Blended Learning, favorezca a percibir positivamente su contribución al desempeño académico.

En particular, surgen tres variables Palanca que como se señaló, por sus características (alto nivel de estabilidad) resulta más adecuado actuar sobre ellas. Es decir que el modelo que se proponga debería orientarse a influir sobre la satisfacción que produzca en los alumnos la mejora en la Gestión del Tiempo y la Información, y en general a la importancia que se le asigne al aula como herramienta de Estudio.

A partir de estas variables, se debería intentar influir sobre las Reguladoras del Sistema. Es decir proponer modificar ciertos comportamientos y creencias de los alumnos, en el sentido de que el acceso a la Plataforma debería incorporarse como una rutina para estar debidamente informado y que además esa rutina debe contemplar cierta frecuencia. Por ejemplo, un ingreso semanal, estaría desvirtuando los alcances de la modalidad Blended Learning, y por lo tanto difícilmente se alcancen los objetivos pedagógicos perseguidos.

Asimismo, y de acuerdo a los resultados obtenidos, dentro del grupo de las variables Reguladoras, se advierte que sería oportuno que el modelo fortaleciera la satisfacción que obtienen los alumnos por la facilidad del seguimiento de las clases y a su vez que reconocieran la interrelación que existe entre la modalidad Blended Learning con la libertad para dejar de asistir a clase, en caso de ser necesario, por ejemplo, por razones laborales o familiares.

Las variables críticas que emergen del análisis, y que por ese motivo se convierten en estratégicas para nuestro modelo son: “valoración del esfuerzo docente por el desarrollo de propuestas innovadoras”, “motivación de los alumnos que la asignatura bajo la modalidad genere”, e “intensificación de la dinámica tendiente a la utilización del ámbito virtual como herramienta de comunicación”. En este último caso, resulta oportuno destacar que el medio de comunicación privilegiado por los alumnos lo constituyen los dispositivos móviles y a través de dicho soporte las redes sociales son el punto de encuentro preferido; por tal motivo, la

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

sensibilización acerca de los beneficios que el alumno obtiene de interactuar a través del EVA virtual cobra importancia dentro de nuestro estudio.

También aparece la Autonomía o autorregulación para el estudio, como la variable de mayor contenido estratégico, y por el desarrollo de dicha competencia resultaría posible de alcanzar a más largo plazo. Por lo tanto este debería ser el horizonte hacia el que encaminar las acciones que implementen el modelo.

El análisis estructural, también pone de manifiesto cuales son las variables de entrada al sistema y por lo tanto difíciles de influir: a) Nivel de responsabilidades laborales, b) opinión que los alumnos tienen sobre la relación que existe entre sus aprendizajes, el rendimiento académico y el contacto personal que establecen con sus docentes. Este resultado sin lugar a dudas está asociado a los bajos índices de autonomía en los estudios que presenta la gran mayoría de los alumnos; c) la opinión que tiene, respecto de que el ingreso al EVA les consume un tiempo extra es otro factor con mucha motricidad, ligado a la convicción de que no están dispuestos a dedicar mayor tiempo a sus estudios por esta razón d) la opinión que sobre el modelo Blended Learning se forman, en particular quienes no tienen inconvenientes de asistir a clase, ya sea porque no trabajan, o lo hacen en horarios reducidos, y por último e) la opinión que tienen acerca de que el EVA no contribuye a mejorar la relación con sus docentes. Este último factor se vincula estrechamente con el factor que expresa la idea instalada entre los alumnos acerca de que el contacto personal con los docentes es el que favorece sus aprendizajes. Como se señala al describir el método, se trata de variables a las que se puede influir escasamente, y que por lo tanto, no resulta práctico intentar modificarlas, al operar sobre ellas, ya que las posibilidades de éxito no son muchas [7].

El análisis arroja que las variables de Resultado, es decir aquellas que pueden operar como indicadores descriptivos, es decir con potencialidad de mostrar hacia donde se dirige el sistema resultaron ser: a) Percepción de los alumnos de que el EVA y la modalidad Blended Learning mejoran definitivamente la calidad de la Enseñanza que reciben, b) la valoración del aporte de las TIC a la enseñanza, c) opinión de que las TIC se utilicen como apoyo al sistema tradicional de enseñanza y no como reemplazo del mismo y por último d) el reconocimiento de la influencia que las TIC integradas a la enseñanza tiene respecto de sus propias competencias socio-laborales

Por último, el análisis estructural, nos muestra la existencia de una variable Objetivo, es decir aquella que por su nivel de motricidad nos permite un margen de maniobra importante y alta previsibilidad y que es la Planificación de las Actividades Virtuales. Este factor implica la posibilidad de movilizar el sistema hacia un punto deseable. Es decir que el sistema puede ser motorizado en la medida de que los docentes planifiquen sus actividades virtuales adecuadamente, con una didáctica apropiada, que los materiales sean de calidad y que la dinámica de trabajo que se proponga cuente con un cronograma y que el mismo se comunique a los alumnos. En síntesis que los alumnos conozcan anticipadamente que se espera de ellos y que es lo que ellos pueden esperar de la modalidad Blended Learning.

A continuación se presenta la Figura 2 de Influencias Directas, que surge a partir del análisis MICMAC. En este caso para facilitar su lectura el gráfico que se presenta, solo incluye el 5% de las relaciones existentes, es decir solo se muestran las vinculaciones más intensas.

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

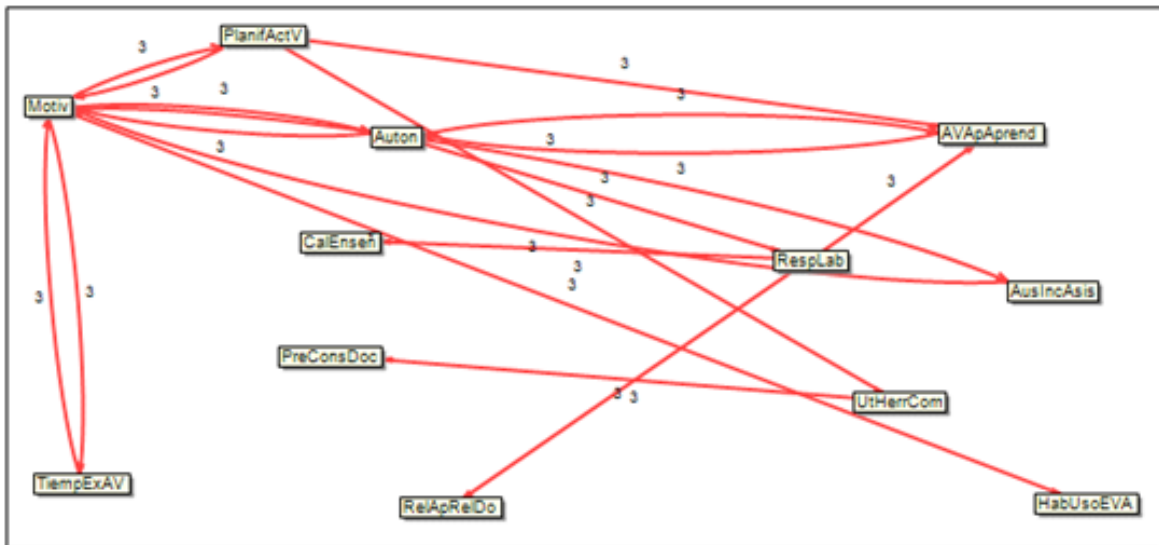


Figura 2. Influencias Directas en el sistema
Fuente: Elaboración propia

En un primer análisis observamos que, el nivel de relacionamiento del 5% solo incluye a 12 variables, sobre las 25 trabajadas originalmente, de las cuales, y teniendo en cuenta la tipología utilizada, cinco tienen un comportamiento Autónomo, tres se posicionan como Estratégicas, dos son de Resultado, una Reguladora y una Objetivo [7].

Teniendo en cuenta el comportamiento de las variables autónomas, no se considera importante para nuestros objetivos, plantear acciones para modificar su comportamiento, por lo tanto centraremos el análisis en las siete restantes.

Se observa que las variables Motivación y Planificación de las Actividades en el ámbito virtual se influyen mutuamente. Es importante en este caso tener presente que al proyectar las variables en el plano (Figura 1) “Planificación de las actividades en el ámbito virtual” se ubicó como variable Objetivo (variable de mucha estabilidad), es decir que se trata de un factor con gran potencial de ser utilizada como motor del sistema. Teniendo en cuenta que Motivación es una de las variables estratégicas, la posibilidad de influir, - a través de la planificación que implementen docentes y equipo técnico en un entorno virtual, - en la motivación de los alumnos, resulta un dato de gran potencial en el diseño del modelo Blended Learning que se busca desarrollar.

Por otra parte la “Valoración que los alumnos tienen sobre la relación que existe entre sus propios aprendizajes y la facilidad para contactar al docente” (variable Autónoma) se influye recíprocamente con la de Resultado “El Aula virtual funciona adecuadamente como apoyo del Aprendizaje”, que a su vez la influye “Planificación de las Actividades en el Aula Virtual”. Nuevamente en este caso se puede observar el potencial de esta última variable para hacer evolucionar el sistema hacia la creencia de que el EVA y por ende la modalidad Blended Learning, resultan componentes de un sistema de Calidad Educativa. Es así como el cambio de opinión del alumno en esta dirección estaría influyendo a su vez en la creencia de que su Aprendizaje solo lo alcanzará, si tiene facilidad para contactar al docente en forma presencial. Modificar esta forma de concebir la presencia del docente, podría ser factible si el alumno visualiza al entorno virtual como una herramienta con aptitud para facilitar dicho contacto.

La variable Autonomía, que resultó también ser una variable estratégica, se ve influida indirectamente a través de Motivación por “Planificación de Actividades en el ámbito virtual”. Esta relación indirecta estaría mostrando también el potencial de esta última variable.

Se puede observar otra relación muy interesante; es la que surge de la interacción de los alumnos en el ámbito virtual a partir de asignarle “utilidad al EVA como herramienta de comunicación”, variable que se relaciona con la autónoma “Preferencia para consultar personalmente a los docentes”. Si bien la primera resultó ser una variable estratégica, y por lo tanto con poca estabilidad, también se ve influida por Planificación de las Actividades Virtuales, que a su vez se relaciona fuertemente en forma directa con la creencia “el aula virtual constituye una herramienta de apoyo a la enseñanza (variable de resultado).

A partir de los resultados obtenidos a través del análisis estructural, podemos observar que la variable “Planificación de las Actividades en el ámbito virtual” se presenta como la llave para hacer evolucionar el sistema. Teniendo en cuenta el contenido conceptual de dicha variable, es importante tener en cuenta que para alcanzar dicho contenido es necesario, pensar a mediano plazo en desarrollo de capacidades institucionales y competencias en los docentes.

3.2 Análisis del Juego de los actores

3.2.1 Implicación de actores sobre objetivos

Durante el Taller realizado, y teniendo en cuenta las variables clave obtenidas mediante el Análisis Estructural, se identificaron los siguientes actores:

- Autoridades
- Empleadores (Mercado de trabajo local)

En el caso de los alumnos, se evaluaron sus intereses y por ende sus estrategias y se advirtió que ellos se diferenciaban en función del ciclo de la carrera en la que se encontraban, por tal motivo al abordar el tratamiento de sus intereses se desagregó en Alumnos del Ciclo Básico, del Ciclo Intermedio y del Ciclo Superior [8].

El proceso estuvo orientado a identificar los Retos Estratégicos en la implementación de un modelo Blended Learning en carreras de ingeniería, para una población de alumnos con dedicación parcial a los estudios. El resultado de esta actividad llevó al grupo a concluir que existían cuatro retos fundamentales:

E.1 Compromiso para la innovación en el Proceso de Enseñanza

E.2 Desarrollo de Competencias para innovar en el Proceso de Aprendizaje y Optimizar el Proceso de Comunicación

E.3 Articulación de Estudios con el mundo del trabajo

E.4 Desarrollar competencias para favorecer la educación a lo largo de la vida

A partir de la delimitación de los retos, se identificaron quince objetivos, que para el grupo de trabajo eran las metas asociadas a los Retos Estratégicos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

**APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU
CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA**

Tabla 4. Retos Estratégicos y Objetivos Asociados
Fuente: Elaboración propia

Variables seleccionadas para analizar los intereses de los actores	Retos Estratégicos	Objetivos Asociados
Valoración Esfuerzo Docente	E.1 Compromiso para la innovación en el Proceso de Enseñanza	E.1.O.1.Implementar dispositivos de apoyo a la cursación presencial de los alumnos (DispApoy)
		E.1.O.2 Implementar actividades tendientes a acortar la distancia entre docentes y alumnos (AcercAlumn)
Planificación de Actividades Virtuales		E.1.O.3.Incorporar estrategias de enseñanza que contemplen las distintas capacidades de los alumnos (ActCapAlum)
		E.1.O.4.Desarrollar un programa de actualización permanente en metodología de enseñanza y uso de TIC (ActMetyTIC)
		E.1.O.5.Implementar sistemas de reconocimiento o que hagan visible el trabajo de los docentes innovadores (RecDoc)
		E.1.O.6 Desarrollar estudios que identifiquen factores de vulnerabilidad en el alumnado y propongan acciones de detección temprana (DesEstAppli)
Mejora Gestión de la Información	E.2 Desarrollo de Competencias para innovar en el Proceso de Aprendizaje y Optimizar el Proceso de Comunicación	E.2.O.1.mplementar un sistema de seguimiento y acompañamiento de alumnos acorde a las necesidades del ciclo en el que estén cursando (CB, CI y CS) (AcompAlum)
Importancia asignada al Aula Virtual como herramienta de Estudio		
Utilidad de EVA como Herramienta de Comunicación		
Importancia asignada a la frecuencia de acceso al EVA para estar informado		E.2.O.2.Incorporar estrategias de estudio, trabajo autónomo y estrategias TIC en la educación para los alumnos en distintos momentos de la carrera (EstratEst)
Nivel de Rutina de Acceso al EVA para estar informado		
Facilidad seguimiento clase		
Nivel de dependencia con el aula virtual para seguir la asignatura	E.3 Articulación de Estudios con el mundo del trabajo	E.3.O.1.Desarrollar acciones de promoción de capacidades institucionales con instituciones y empresas de la región con el objeto de dar visibilidad a docentes y alumnos (PromCapins)
		E.3.O.2.Contar con una Bolsa de Trabajo con ofertas adecuadas al perfil de los alumnos y en el marco normativo vigente (BolTrab)
		E.3.O.3.Desarrollar talleres de acompañamiento a Emprendedores (Emprend)

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Mejora la gestión del tiempo		3.3.O.4.Desarrollar investigaciones que indaguen competencias demandadas por el sector productivo y revisión de las que los alumnos desarrollan durante la carrera (CompDem)
		E.3.O.5.Involucrar a los responsables del mercado de trabajo de la región en la necesidad de facilitar la continuidad de los estudios a los estudiantes pasantes o empleados (InvlEmple)
Incremento Motivación	E.4 Competencias para favorecer la educación a lo largo de la vida	E.4.O.1 Desarrollar perfiles profesionales de excelencia y altamente competitivos (PerfProf)
Autonomía de estudios		E.4.O.2 Disminución del desgranamiento de las cohortes e incremento de la tasa de graduación (DesgGrad)

La aplicación del método MACTOR sobre la Matriz Actores y Objetivos (Tabla 5) permitió identificar la implicación de actores respecto de cada uno de los objetivos (Figura 3)

Tabla 5 Matriz Actores y objetivos
Fuente: Elaboración propia

	CompDem	DesgGrad	PerfProf	DesEstApil	InvlEmple	Emprend	BoITrab	PromCaplins	EstratEst	AcompAlumn	RecDoc	ActMeyTIC	ActCapAlum	AcercAlumn	DispApoy
AlumCB	2	4	1	4	0	0	0	0	-2	3	0	1	1	4	1
AlumCI	3	3	2	4	1	1	1	0	-2	3	0	1	3	3	3
AlumCS	3	4	4	4	4	3	3	3	-2	4	1	0	3	4	4
Aut	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	-2	3	2	2	3
Doc	1	2	0	-1	2	0	0	3	3	-2	4	-2	-3	-3	-2
Empl	3	1	3	4	-2	-2	2	3	0	2	0	0	2	0	0

© UPSOR-EPTA-MACTOR

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

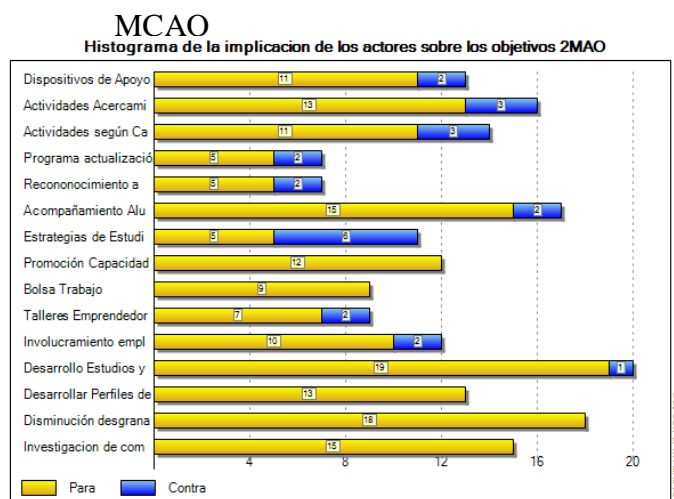


Figura 3 Implicación de los actores sobre los objetivos
Fuente: Elaboración propia

En líneas generales se observa que los siguientes objetivos no presentan opiniones ni desfavorables ni posicionamientos para impedir su consecución:

- Desarrollar Perfiles de Excelencia y Alta Competitividad,
- Disminuir el Desgranamiento de las Cohortes e Incrementar la Tasa de Graduación,
- Desarrollar Investigaciones que indaguen las demandas del sector productivo, Indagar las Competencias que demanda el mercado laboral y la que los alumnos desarrollan durante la carrera,
- Contar con Bolsa de Trabajo Adecuada al perfil de los alumnos y
- Promover las capacidades Institucionales en la región

Por el contrario la acción que más número de desacuerdos y oposiciones presenta es:

- Incorporar estrategias de estudio, trabajo autónomo y estrategias TIC para los alumnos en distintos momentos de la carrera

3.2.2. Análisis de Convergencias

La matriz de convergencia entre actores y objetivos (MCAO) es una matriz simétrica que vincula pares de actores e identifica el número de posiciones comunes que cada par tiene sobre los objetivos (favor o contra). La información que surge de esta matriz, brinda información para hacer una primera aproximación a las posibles alianzas (Tabla 6), y a partir de ella plantear estrategias de acción.

Tabla 6. Matriz de Convergencias Actores Objetivos

MCAO	AlumCB	AlumCI	AlumCS	Aut	Doc	Empl
AlumCB	0	10	9	9	2	6
AlumCI	10	0	12	12	3	7
AlumCS	9	12	0	12	5	8
Aut	9	12	12	0	5	8
Doc	2	3	5	5	0	3
Empl	6	7	8	8	3	0
Número de convergencias	36	44	46	46	18	32

© LPSOR-EPITA-MCAO

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Se observa que los actores “Alumnos del Ciclo Superior” y “Autoridades” presentan el nivel más alto de convergencias en relación a la totalidad de los objetivos planteados, a diferencia de “Docentes” que muestra el nivel más bajo.

A partir de la MCAO se genera el mapa de convergencias (Figura 4) que ubica en el plano la situación de cada uno de los actores en relación a su posición respecto de los objetivos.

Se observa que existe una cercanía entre los intereses de los actores Alumnos (CB, CI y CS) y las Autoridades, en tanto que los intereses de los actores Empleadores y Docentes se distancian.

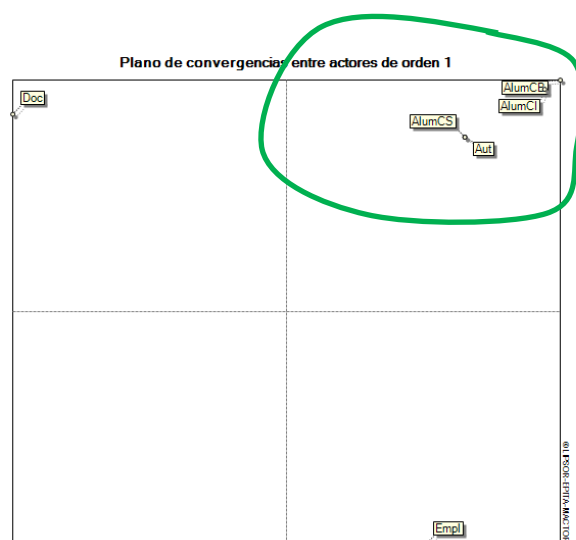


Figura 4. Plano de convergencias de actores y objetivos

Fuente: Elaboración propia

Por último y a partir de los datos generados, se presenta el gráfico de Convergencias entre los actores en función de los objetivos

Las convergencias más intensas se presentan en relación a los siguientes pares de actores:

- Autoridades- Alumnos de Ciclo Superior
- Autoridades- Alumnos Ciclo Intermedio
- Alumnos de Ciclo Superior- Alumnos de Ciclo Intermedio
- Alumnos Ciclo Intermedio – Alumnos de Ciclo Básico

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

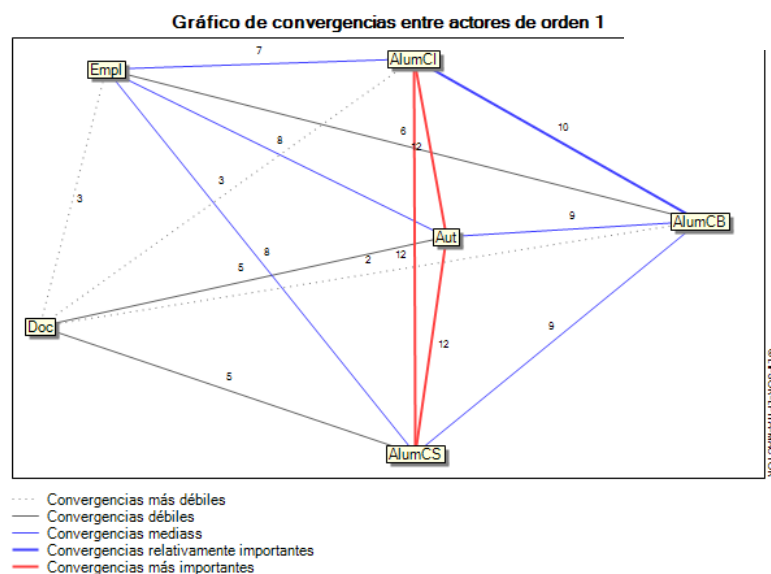


Figura 5. Convergencias de Actores
Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Análisis de Divergencias

La Matriz de divergencias entre actores y objetivos (MDAO), calcula para cada par de actores el número de objetivos en los que ellos no tienen la misma posición. Es decir se identifica el número de posibles conflictos. Cabe aclarar que no tiene en cuenta las posiciones indiferentes puntuadas por ambos actores con 0 (cero)

Los valores que surgen de la matriz representan el grado de divergencia, a mayor intensidad más importante la misma, es decir, los actores tienen intereses divergentes.

La Tabla 7 muestra que las mayores divergencias se presentan entre los siguientes actores

- Docentes- Alumnos Ciclo Básico
- Docentes-Ciclo Intermedio

Tabla 7. Matriz de Divergencias entre actores y objetivos
Fuente: Elaboración propia

MDAO	AlumCB	AlumCI	AlumCS	Aut	Doc	Empl
AlumCB	0	0	0	1	7	0
AlumCI	0	0	0	1	7	2
AlumCS	0	0	0	2	6	2
Aut	1	1	2	0	7	2
Doc	7	7	6	7	0	4
Empl	0	2	2	2	4	0
Número de divergencias	8	10	10	13	31	10

© UPSOR-EPTA-MACTOR

A partir de la matriz MDAO se genera el gráfico de divergencias (Figura 6), que muestra las relaciones entre actores y la intensidad de sus divergencias. Este gráfico contribuye a identificar posibles alianzas y conflictos.

APORTES DE LA PROSPECTIVA AL DESARROLLO DE MODELOS DE ENSEÑANZA. SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CARRERAS DE INGENIERÍA

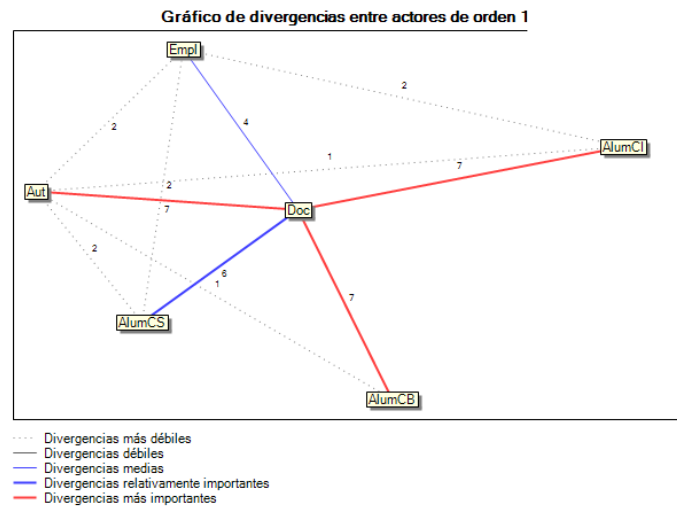


Figura 6. Grafico de Divergencias entre actores
Fuente: Elaboración propia

De la lectura de la Figura 6 se concluye que el actor “Docentes” es el que mayor divergencia presenta con el conjunto de actores del sistema definido.

Esta divergencia es fuerte, si se la analiza en relación con Autoridades y con Alumnos del Ciclo Básico y Alumnos del Ciclo Intermedio, aunque relativamente importante con los Alumnos del Ciclo Superior.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se han encontrado una serie de variables estratégicas sobre las que estructurar el modelo Blended Learning que favorezca la percepción que los alumnos tienen respecto de su rendimiento académico e incremente su motivación y satisfacción. La más estable ha sido Planificación de las Actividades Virtuales, con potencialidad de influir en el conjunto de variables del sistema, en particular sobre: Motivación, Autonomía, Valoración del esfuerzo Docente y Utilización del ámbito virtual como herramienta de Comunicación. La autogestión de los estudios, en nuestro modelo se encuentra vinculada fuertemente con la Motivación, se trata de variables que se retroalimentan mutuamente y pueden influirse por la dedicación de los docentes, al planificar su docencia en el ámbito virtual.

Otra variable estratégica resultó la valoración del esfuerzo docente. El modelo es exitoso si el docente está dispuesto a cooperar y a sostenerlo; circunstancia que se asocia a la necesidad de que su esfuerzo sea reconocido.

Este esquema de relaciones no resulta suficiente, si no se tienen en cuenta los intereses de cada uno de los actores y las posibles alianzas de cada uno de ellos. Se advierte que todos los actores identificados persiguen en abstracto un objetivo común. Sin embargo en la práctica la ecuación se modifica y se observa que los intereses no resultan siempre convergentes.

Los intereses del actor “docente” son los más divergentes respecto de los alumnos. Los alumnos de ciclo superior, aparecen como los principales aliados de las autoridades para impulsar innovaciones, que atienda a sus necesidades, en segundo lugar aparece el vínculo entre los alumnos del ciclo intermedio y las autoridades. Los alumnos del ciclo básico, los más necesitados de una política sistemática, dirigida a evitar su deserción y desgranamiento, aparecen como los actores más vulnerables y con menos capacidad de influir en el sistema.

Los empleadores, aparecen como actores bastante independientes al sistema, demandan profesionales pero no producen inputs visibles al sistema, aunque su aporte pueda ser sustancial, para los alumnos del ciclo superior. La flexibilización del régimen laboral y facilitación para el cursado de los alumnos resulta esencial en esa etapa de la carrera. La acción de las autoridades para alcanzar consensos con este colectivo empleador resulta ser una política determinante para armonizar los intereses.

El reconocimiento del esfuerzo docente, reclamado por los profesores (reconocimiento que no necesariamente implica incremento salarial, sino que incluye toda mención honorífica que destaque la dedicación a su labor), implica una clara divergencia con quienes tienen que propiciar y concretar el reconocimiento: las autoridades.

El modelo que se propone también deberá tener en cuenta, esta demanda como dispositivo necesario pero no suficiente para promover la Planificación de las actividades virtuales, variable que como señaló resulta ser la que moviliza en forma virtuosa el sistema.

5. Referencias

- [1] BARAN, B., & KILIÇ, E. (2015). “Applying The CHAID Algorithm to Analyze How Achievement is Influenced by University Students’ Demographics, Study Habits, and Technology Familiarity”. *Educational Technology & Society*, 18 (2), 323–335..
- [2] WALKER, R., VOCE, J., & AHMED, J. (2012). Survey of technology enhanced learning for higher education in the UK. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2016] Disponible en: <<http://www.ucisa.ac.uk/groups/ssg/surveys.aspx>>.
- [3] KIRKWOOD, A., & PRICE, L. (2014). “Technology-enhanced learning and teaching in higher education: what is ‘enhanced’ and how do we know? A critical literature review”. *Learning, Media and Technology*, 39(1), 6–36
- [4] CHEN, WEI FAN (2012). “An investigation of varied types of Blended Learning Environments on Student Achievement: and experimental Study”. *International Journal of Instructional Media*. Vol 39 (3) 2012
- [5] YAMAGATA-LINCH, L., (2014). “Blending Online Asynchronous and Synchronous Learning”. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. Vol. 15 (2), 190-212
- [6] NORBERG, A., DZIUBAN, C. D., & MOSKAL, P. D. (2011). A time-based blended learning model. *On the Horizon*, 19(3), 207-216
- [7] GODET, M., Y DURANCE, P. (2011) “La prospectiva estratégica para empresas y los territorios”. UNESCO
- [8] PASCAL, O (2009).”Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y su aplicación a la enseñanza técnica a través de modelos de enseñanza centrados en el alumno”. Tesis doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. España

SIMULADOR PARA ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE SISTEMAS DE CÓMPUTOS

David L. la Red Martínez, Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE,

lrmdavid@exa.unne.edu.ar laredmartinez@gigared.com

Carlos A. Romero, Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE,

2386@live.com.ar

Resumen— En este trabajo se comentan los principales aspectos de un desarrollo efectuado para las asignaturas “Sistemas Operativos” y “Evaluación de Sistemas de Procesamiento de Datos” de la Licenciatura en Sistemas de Información de la UNNE, donde se hizo hincapié en los algoritmos para el Análisis de Rendimiento en Sistemas de Cómputos. Motivó la realización del trabajo el haber detectado que existen dificultades en los alumnos en identificar la fórmula que se debe utilizar en cada uno de los enunciados de los ejercicios prácticos referidos a análisis de rendimiento; por ello la propuesta consistió en poner a disposición de los alumnos una herramienta como complemento de lo desarrollado en clase. Se realizó un aplicativo web diseñado para motivar el proceso de enseñanza - aprendizaje, basado en un applet que actúa como contenedor de las diferentes interfaces utilizadas. Cada una de ellas representa la ejecución de un método de evaluación de rendimiento, incluyéndose ley de Amdhal, rendimiento, mejora, análisis comparativo, análisis operacional, caracterización de la carga y planificación de la capacidad. Además, se desarrolló un aplicativo web que permite al alumno autoevaluar los aprendizajes logrados. La implementación del aplicativo web hace uso del b-learning, modelo de enseñanza - aprendizaje combinado, que recoge las ventajas del modelo a distancia y aprovecha la importancia del grupo, el ritmo de aprendizaje y el contacto directo con el profesor propio de la enseñanza presencial.

Palabras clave— *sistemas operativos, evaluación de rendimiento, modelado para análisis de rendimiento, simulación, sistemas de cómputos.*

1. Introducción

En este trabajo se comentan los principales aspectos de un desarrollo efectuado para las asignaturas “Sistemas Operativos” y “Evaluación de Sistemas de Procesamiento de Datos” de la Licenciatura en Sistemas de Información de la FaCENA de la UNNE, donde se hizo hincapié en los algoritmos para el Análisis de Rendimiento en Sistemas de Cómputos. Es preciso señalar que el desarrollo efectuado está a disposición de otras asignaturas y de otras Universidades.

En las mencionadas asignaturas se ha detectado que existen dificultades en los alumnos en identificar la fórmula que se debe utilizar en cada uno de los enunciados de los ejercicios prácticos referidos a análisis de rendimiento; por ello la propuesta consistió en poner a disposición de los alumnos una herramienta como complemento de lo desarrollado en clase y del material suministrado por la cátedra.

Se realizó un aplicativo web diseñado para motivar el proceso de enseñanza - aprendizaje, basado en un applet que actúa como contenedor de las diferentes interfaces utilizadas. Cada una de ellas representa la ejecución de un método de evaluación de rendimiento, incluyéndose ley de Amdhal, rendimiento, mejora, análisis comparativo, análisis operacional, caracterización de la carga y planificación de la capacidad [1] [2].

Además, se desarrolló un aplicativo web que permite al alumno autoevaluar los aprendizajes logrados. La implementación del aplicativo web hace uso del b-learning [3] [4] [5], modelo de enseñanza aprendizaje combinado, que recoge las ventajas del modelo a distancia y aprovecha la importancia del grupo, el ritmo de aprendizaje y el contacto directo con el profesor propio de la enseñanza presencial [6] [7] [8].

Tanto el e-learning como el b-learning [9] son modelos de aprendizaje en los que el estudiante tiene que desarrollar habilidades importantes para su vida futura: buscar y encontrar información relevante en la red, desarrollar criterios para valorar esa información según indicadores de calidad, aplicar información a la elaboración de nueva información y a situaciones reales, trabajar en equipo compartiendo y elaborando información, tomar decisiones en base a informaciones contrastadas y tomar decisiones en grupo. El alumno que escucha al profesor generalmente no desarrolla esas competencias o, mejor dicho, el modelo de enseñanza no ayuda al desarrollo de esas competencias. El modelo de enseñanza semipresencial fomenta en el estudiante el desarrollo de estas competencias como parte de su aprendizaje.

Una de las tecnologías utilizadas en los sistemas de b-learning hace uso de facilidades brindadas por el lenguaje Java, utilizado desde navegadores de Internet; estas facilidades están soportadas especialmente por los applet [10], que han sido utilizados en el desarrollo del software objeto de este artículo, el que ha sido organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se indicará la metodología y las herramientas utilizadas, en la Sección 3 se describirá resumidamente (por razones de espacio) el producto desarrollado, en la Sección 4 se presentarán las conclusiones y líneas futuras de trabajo, finalizándose con las referencias bibliográficas.

2. Metodología y Herramientas Utilizadas

La metodología de desarrollo utilizada ha sido la evolutiva incremental. Es conveniente elegir un modelo de proceso diseñado para producir el software en forma incremental en aquellos casos en que los requisitos iniciales del software están bien definidos en forma razonable, sin embargo, el enfoque global del esfuerzo de desarrollo no se adapta a un proceso puramente lineal [11]. O puede darse el caso también de una necesidad imperiosa de proporcionar de manera rápida un conjunto limitado de funcionalidad del software.

En base a una identificación de los servicios que debe proporcionar el sistema, junto a una priorización de los mismos, hecha por el cliente, se definen los incrementos que irán proporcionando un subconjunto de la funcionalidad del sistema [12]. Los primeros incrementos son versiones incompletas del producto final, pero proporcionan al usuario la funcionalidad que necesita y una plataforma para evaluarlo.

El desarrollo se organiza en una serie de mini-proyectos cortos, de duración fija, llamados iteraciones; el resultado de cada uno es un sistema que puede ser probado, integrado y ejecutado. Cada iteración incluye sus propias actividades de análisis de requisitos, diseño, implementación y pruebas [13].

La selección de herramientas se ha dividido en dos etapas, la primera orientada a la construcción del applet integrado que a su vez es contenedor de todos los algoritmos desarrollados. En esta etapa se ha utilizado como entorno a IDE NetBeans y como lenguaje de programación a Java con JFreeChart para los gráficos.

La segunda etapa consistió en la creación del cuestionario web en PHP con base de datos MySQL, a través del cual el alumno puede autoevaluarse de los contenidos dictados respondiendo un conjunto de preguntas. Se han utilizado herramientas para la creación de los casos de usos, base de datos, servidor local y codificación. Se utilizaron los siguientes programas: StarUML, MySQL, PhpMyAdmin, XAMPP, Dreamweaver, Sublime Text y los siguientes lenguajes de programación PHP, CSS y Javascripts.

Este proyecto se dividió en tres etapas. La primera de ellas consistió en la recopilación bibliográfica y en el estudio de los diferentes algoritmos. La segunda fue la construcción del applet para poder integrar todos los algoritmos con el propósito de que el alumno al ingresar pueda contar con todo el contenido ordenado por métodos. La tercera consistió en la elaboración de un cuestionario web, que permite al alumno realizar el proceso de autoevaluación de sus aprendizajes; también en esta etapa se integraron el applet y el cuestionario en un sitio web.

En la etapa 1 se realizó lo siguiente:

- Relevamiento de información y ejemplos de sistemas desarrollados en la web.
- Ahondamiento en el marco teórico. Se consultó como fuente de datos a documentos y herramientas de las asignaturas Sistemas Operativos y Evaluación y Procesamiento de Datos, trabajos similares, tesis y a personas con conocimientos en diseño de applet didácticos.
- Estudio y valoración de las dificultades más importantes que se presentan en los alumnos para comprender los contenidos teóricos.
- Selección de los contenidos teóricos más importantes a tener en cuenta.

La etapa 2 se dividió en las siguientes sub-etapas:

- Sub-etapa 1: Análisis del sub-sistema de métodos:
 - Selección de información referida a los métodos que se implementarán:
 - Ley de Amdhal.
 - Rendimiento.
 - Mejora.
 - Análisis comparativo.
 - Análisis operacional.
 - Caracterización de la carga.
 - Planificación de la capacidad.
 - Análisis de los algoritmos: se estudió el comportamiento de cada uno de ellos a través de ejercicios prácticos.
 - Especificación de las interfaces: Se describieron las prestaciones que se deberían cumplir:
 - Desplegar las fórmulas y conceptos utilizados en los cálculos.
 - Disponer de una ayuda en línea.
 - Desplegar gráficamente los resultados obtenidos.
- Sub-etapa 2: Diseño del sub-sistema de métodos:
 - Diseño de los menús utilizados.
 - Edición y ubicación de las fórmulas.
 - Diseño de gráficos e informes de textos.
 - Diseño de las interfaces para los diferentes métodos.
 - Diseño de las descripciones emergentes (tooltips de ayuda) para los diferentes métodos.
- Sub-etapa 3: Desarrollo del sub-sistema de métodos:
 - Desarrollo del menú principal.
 - Adecuación de las imágenes que serían incluidas en las interfaces.

- Desarrollo del gráfico representativo de cada uno de los resultados.
- Desarrollo de las interfaces en el lenguaje java.
- Creación e inserción de los tooltips a las interfaces.
- Unión de las interfaces dentro del menú principal.
- Sub-etapa 4: Implementación del sub-sistema de métodos:
 - Prueba y validación del aplicativo.
 - Implementación final del aplicativo.

La etapa 3 se ha dividido en las siguientes sub-etapas:

- Sub-etapa 1: Análisis del sub-sistema de autoevaluación:
 - Estudio de los sistemas b-learning y sus funcionalidades de autoevaluación.
 - Selección del contenido teórico disciplinar específico a incluir en el cuestionario de autoevaluación (temas, preguntas y respuestas).
 - Definición de los alcances del sub-sistema y sus funcionalidades.
 - Selección de herramientas: Se han utilizado herramientas para la creación de los casos de uso, base de datos, servidor local, etc. Se utilizaron los siguientes programas: Dreamweaver, Sublime Text, XAMMP, MySQL, PhpMyAdmin, StarUML y los siguientes lenguajes de programación PHP, CSS y Javascripts.
 - Realización de diagramas de casos de uso: Se muestra el conjunto de casos de uso y actores (un actor puede ser tanto un sistema como una persona) y sus relaciones, es decir, muestra quién puede hacer qué y las relaciones que existen entre acciones. Se modela la funcionalidad del sistema agrupándola en descripciones de acciones ejecutadas por un sistema para obtener un resultado.
 - Preparación de tablas de conversación: Los casos de uso se documentan con texto informal, denominado descripción de los casos de uso o conversación. Se utiliza una lista numerada de los pasos que sigue el actor para interactuar con el sistema.
 - Generación de diagramas de secuencia: Muestra la interacción de un conjunto de objetos en una aplicación a través del tiempo y se modela para cada caso de uso.
- Sub-etapa 2: Diseño del sub-sistema de autoevaluación:
 - Definición de perfiles:
 - 1. Alumno.
 - 2. Profesor.
 - 3. Administrador.
 - Diseño de interfaces:
 - 1. Diseño de la interfaz para el perfil Alumno.
 - 2. Diseño de la interfaz para el perfil Profesor.
 - 3. Diseño de la interfaz para el perfil Administrador.
 - Diseño del modelo de datos: El modelo de datos que se ha diseñado está soportado por 9 tablas.
- Sub-etapa 3: Desarrollo del sub-sistema de autoevaluación:
 - Desarrollo de la interfaz para los perfiles:
 - 1. Alumno.
 - 2. Profesor.
 - 3. Administrador.
 - Desarrollo del aplicativo.
- Sub-etapa 4: Implementación del sub-sistema de autoevaluación:
 - Prueba y validación del aplicativo.
 - Implementación final del aplicativo.

3. Producto Desarrollado

El aplicativo web desarrollado está compuesto por dos módulos, los cuales son:

- Módulo de Usuario.
- Módulo Administración.

El Módulo de Usuario está compuesto de dos sub-módulos:

- Sub-Módulo de Aprendizaje.
- Sub-Módulo de Autoevaluación.

El Sub-Módulo de Aprendizaje comprende los siguientes tópicos (Fig. 1):

- Ley de Amdhal.
- Rendimiento.
- Mejora.
- Análisis comparativo.
- Análisis operacional.
- Caracterización de la carga.
- Planificación de la capacidad.

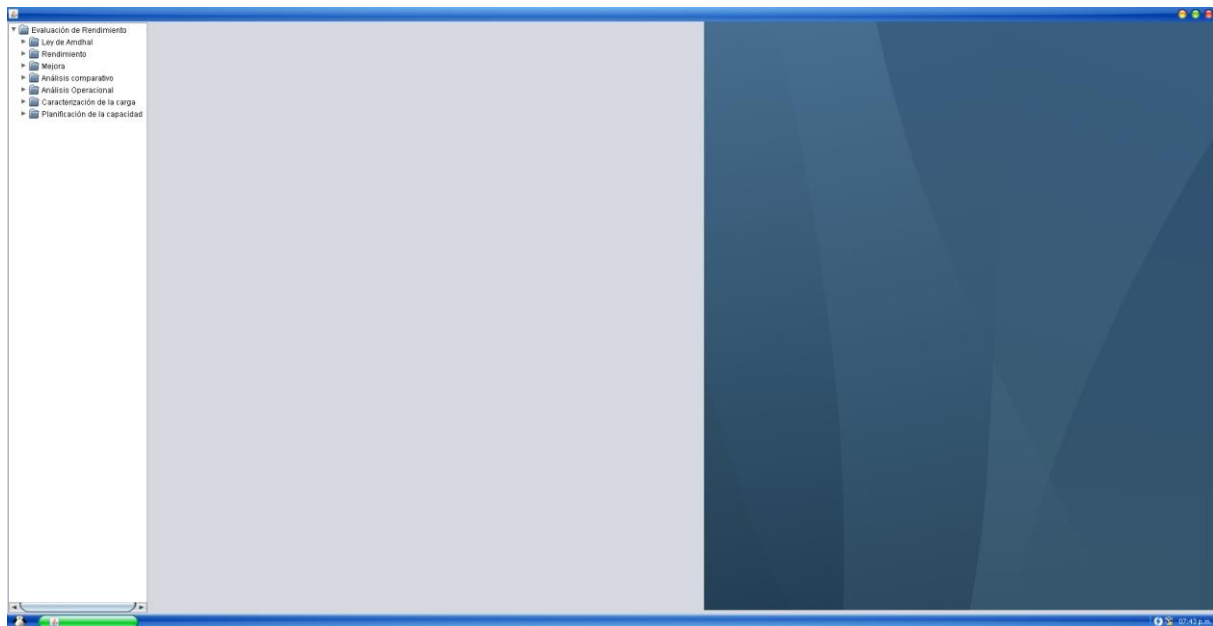


Figura 1. Opciones del Sub-Módulo de Aprendizaje.

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la manera de gestionar el ingreso de datos y mostrar los resultados, es posible separar los tópicos mencionados en dos grupos:

Primer grupo:

- Ley de Amdhal.
- Rendimiento.
- Mejora.

El primer grupo está estructurado de la siguiente manera: al ingresar se visualiza la fórmula correspondiente y cajas de texto para los datos de entrada. En la misma ventana se visualizan los resultados, tanto en forma gráfica como textual. También es posible acceder de forma

automática al posicionarse con el mouse a una pequeña guía de ayuda en forma interactiva, por ejemplo, al posicionarse sobre una caja de texto se visualiza una pequeña ventana que indica el tipo de datos que está permitido ingresar (Ejemplo: Fig. 2).

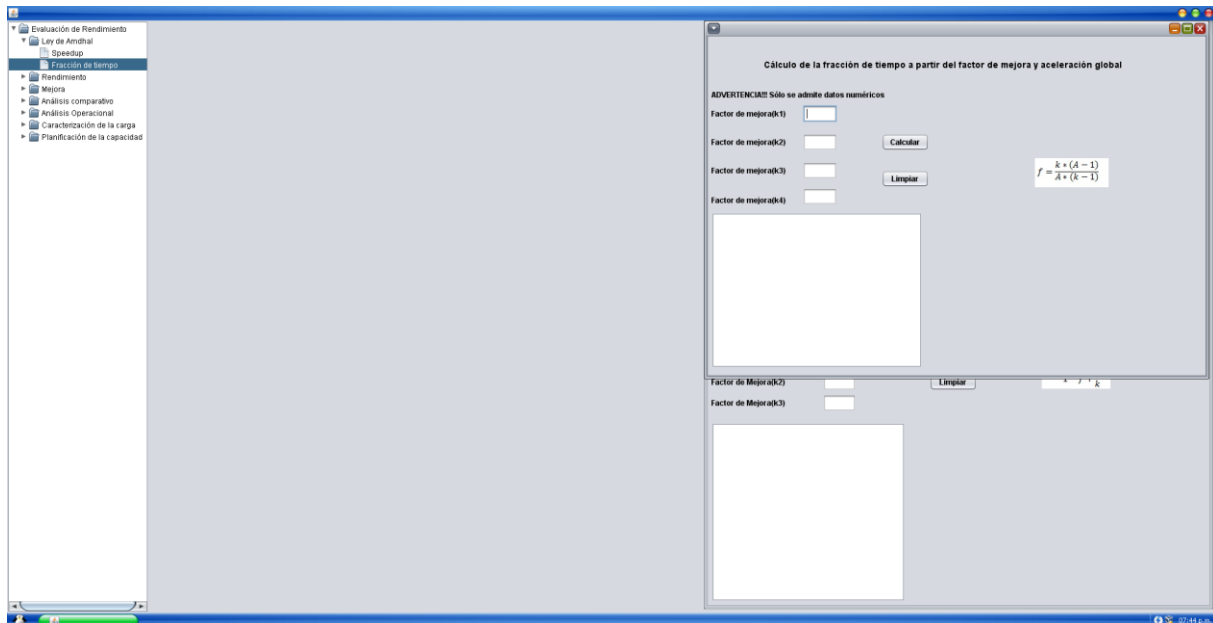


Figura 2. Opción Ley de Amdhal para fracción de tiempo.

Fuente: elaboración propia.

Segundo grupo:

- Análisis comparativo.
- Análisis operacional.
- Caracterización de la carga.
- Planificación de la capacidad.

En este segundo grupo cada ventana contiene unas pestañas, en la primera se visualizan las fórmulas, la segunda contiene la matriz en la cual se cargan los datos necesarios para los cálculos y por último se tiene la pestaña donde se obtienen los resultados. Si se posiciona el mouse sobre la superficie de interés se tiene una ayuda de lo que se debe ingresar o la acción a realizar en el caso que el posicionamiento sea sobre un botón (Ejemplos: Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6).

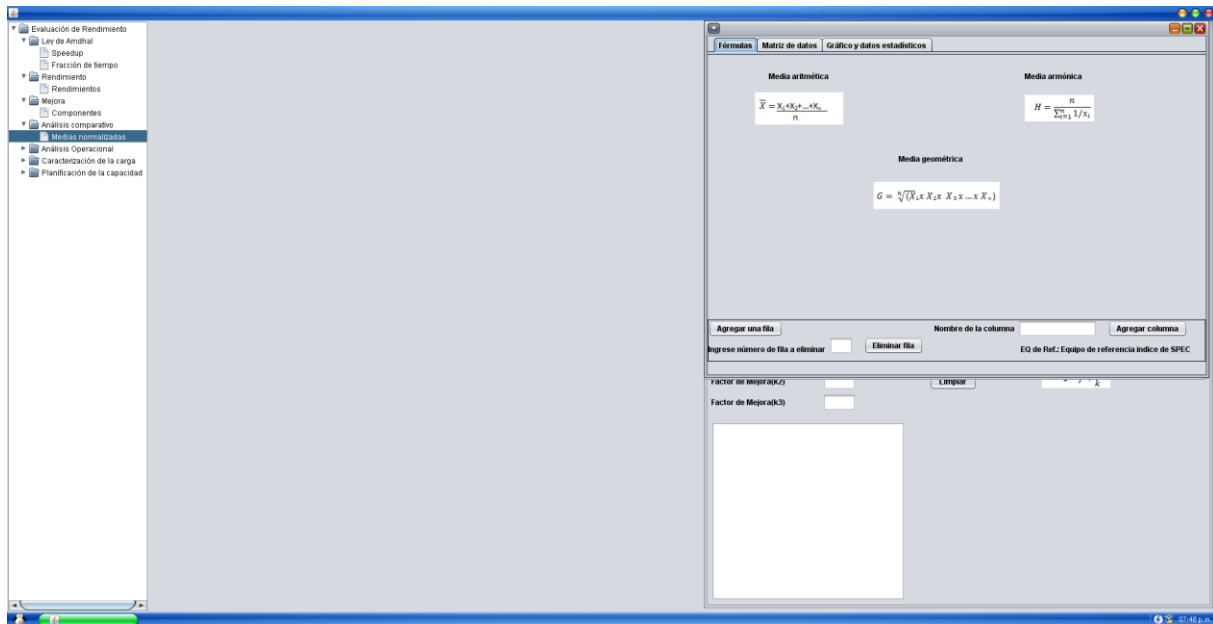


Figura 3. Opción Análisis comparativo con medias normalizadas.

Fuente: elaboración propia.

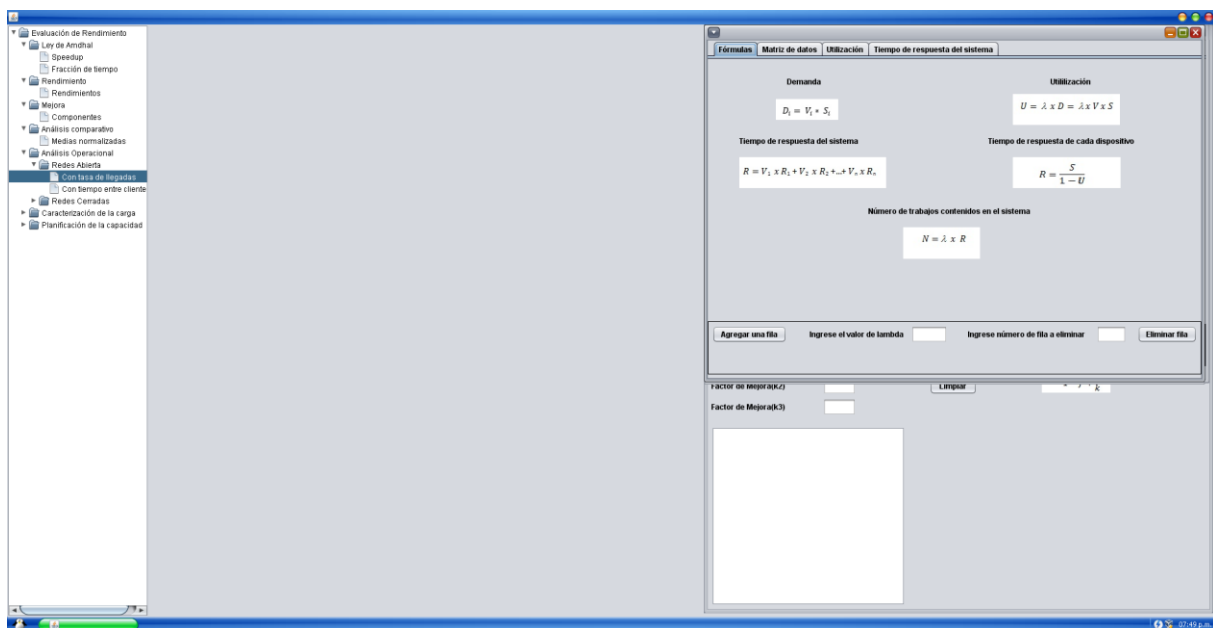


Figura 4. Opción Análisis operacional para redes abiertas con tasas de llegadas.

Fuente: elaboración propia.

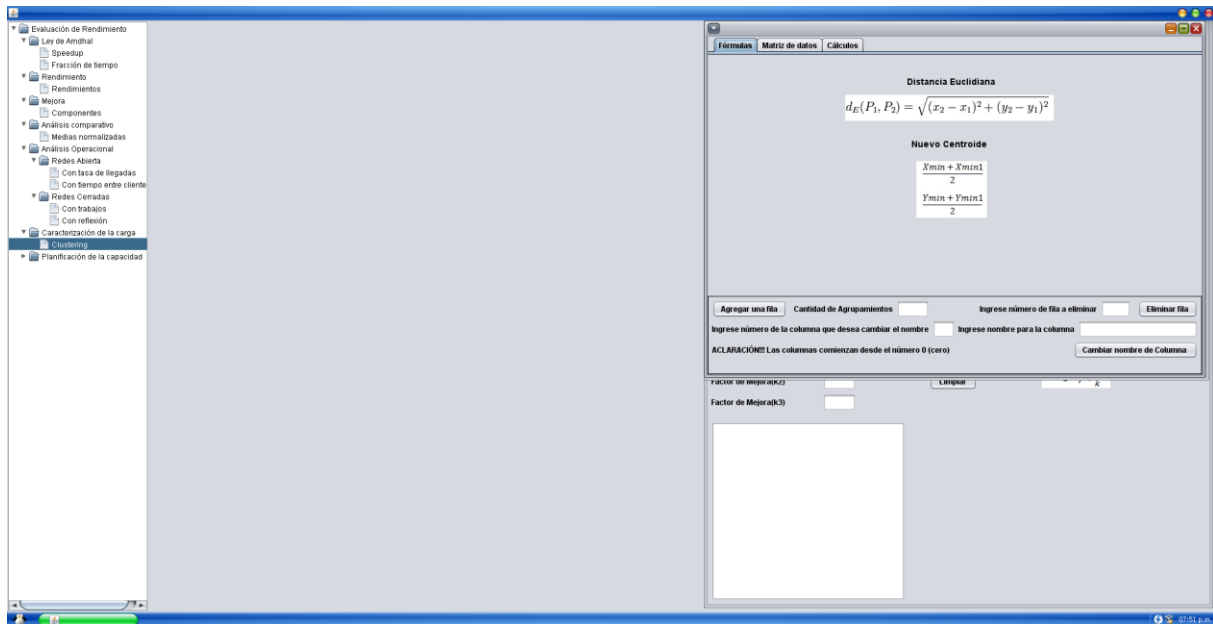


Figura 5. Opción Caracterización de la carga con clustering.

Fuente: elaboración propia.

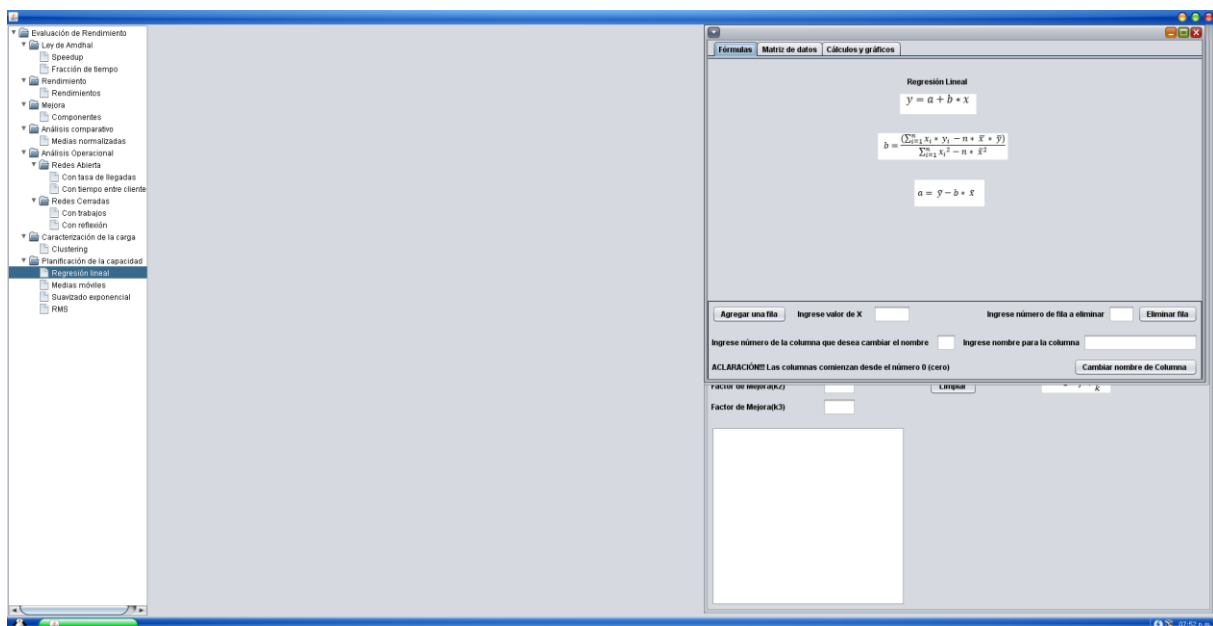


Figura 6. Opción Planificación de la capacidad con regresión lineal.

Fuente: elaboración propia.

En el contexto de este trabajo se han considerado los siguientes conceptos:

- Evaluación de rendimiento: Una manera sencilla de comparar los rendimientos de diversos sistemas informáticos es utilizar como medida de prestaciones el tiempo de ejecución de un programa o, más habitualmente, un conjunto de programas. Estos programas representan la carga de prueba en la que se basarán los resultados del estudio comparativo.
- Ley de Amdhal: Define la ganancia de rendimiento o aceleración (speedup) que puede lograrse al utilizar una característica particular.

- **Análisis comparativo del rendimiento:** Cualquier asunto que involucre la medida de prestaciones de un equipo y una posterior comparación con otros sistemas provocará, inevitablemente, opiniones controvertidas. La tendencia actual dentro del campo de la evaluación de prestaciones se orienta principalmente a utilizar índices que tienen en cuenta el tiempo de ejecución en un equipo sobre un conjunto de programas de prueba o de evaluación (benchmarks).
- **Análisis operacional:** El análisis operacional forma parte de una serie de técnicas, denominadas analíticas, empleadas en la estimación del rendimiento de los sistemas informáticos. Estas técnicas hacen uso de un modelo de comportamiento del equipo y su carga, y calculan los índices de prestaciones a partir de este modelo.
- **Técnica de agrupamiento (clustering):** El análisis mediante agrupamiento es una técnica matemática para agrupar medidas, sucesos trabajos individuales que son similares en algún aspecto o de alguna manera. Estos trabajos se describen mediante los valores numéricos de un conjunto de parámetros, tales como el tiempo de procesador utilizado, el número de operaciones de entrada/salida realizadas a los diferentes periféricos, la memoria necesaria para la ejecución, etc. La elección de los parámetros utilizados para caracterizar los trabajos es importante y depende del propósito para el que se haya construido el modelo.
- **Planificación de la capacidad:** La planificación de la capacidad observa las necesidades de negocio que se deben satisfacer, entendiendo y analizando las cargas de trabajo que se van a ejecutar y el servicio (tiempo de respuesta) que se quiere dar, y detalla los recursos físicos (capacidad) necesarios.

El Módulo Administración está compuesto de dos sub-módulos:

- Sub-Módulo de Administrador.
- Sub-Módulo de Profesor.

En el Sub-Módulo de Administrador se tiene la posibilidad de ingresar el nombre de usuario y la contraseña oportunamente establecidos. Si el usuario que ingresa sus datos es administrador tiene la posibilidad de ingresar a dos secciones:

- Cargo.
- Usuarios.

En la Sección Cargo el administrador puede agregar, editar y eliminar un cargo; el mismo es utilizado para diferenciar a los profesores. Una vez dentro de la vista se tiene un listado de los cargos que ya fueron agregados, también la posibilidad de realizar una búsqueda (Ejemplos: Fig. 7, Fig. 8).

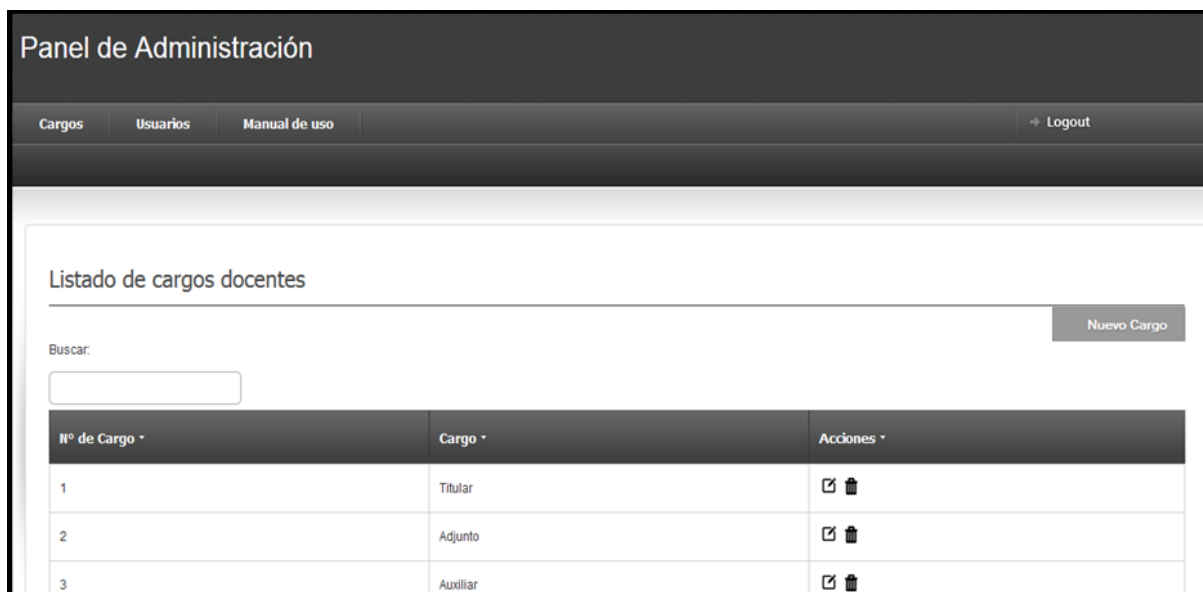


Figura 7. Lista de cargos.

Fuente: elaboración propia.

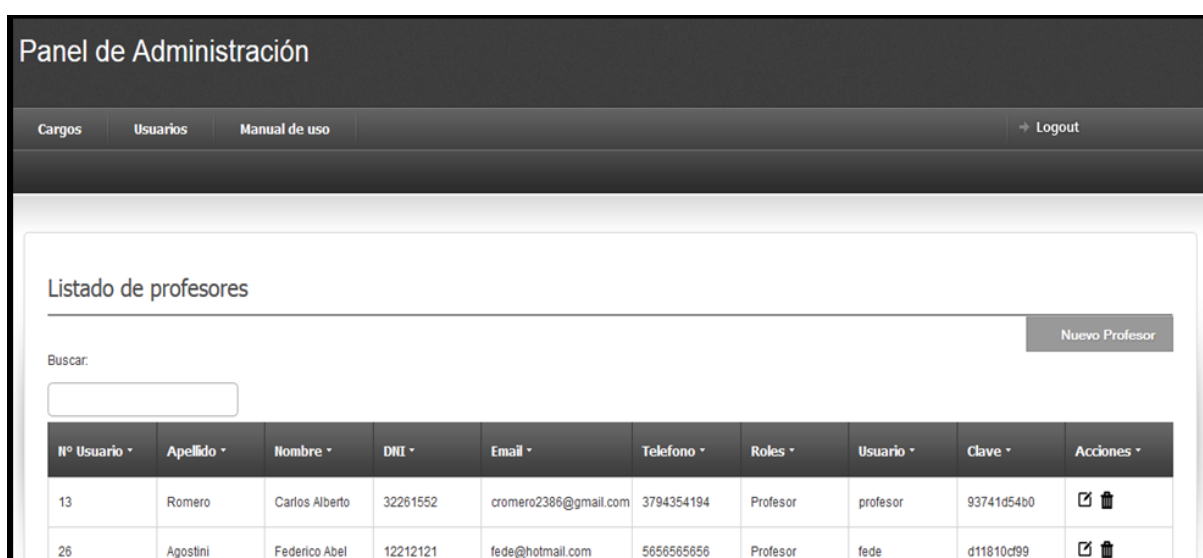


Figura 8. Listado de profesores.

Fuente: elaboración propia.

En la Sección Usuarios se pueden dar de alta tres perfiles:

- Profesores.
- Alumnos.
- Administradores.

El registro de los alumnos es realizado por el administrador mediante la lista oficial de inscriptos a la asignatura, lo cual hace innecesario un módulo específico para la registración de los alumnos usuarios del sistema.

Para crear los perfiles se procede de la misma manera en todos los casos; seguidamente se explica uno de ellos (Profesores): al ingresar se muestra el listado correspondiente, donde se puede agregar, editar y eliminar; también se tiene la posibilidad de realizar una búsqueda.

En el Sub-Módulo de Profesores se tiene la posibilidad de ingresar a tres secciones:

- Autoevaluaciones.
- Histórico de alumnos.
- Informes.
- Autoevaluaciones

En la sección de Autoevaluaciones el profesor puede agregar, editar y eliminar preguntas. También puede realizar búsquedas textuales (Ejemplos: Fig. 9, Fig. 10).

En la sección Histórico de alumnos se muestra el listado de todos los alumnos que ingresaron al sistema, pudiéndose además realizar búsquedas textuales (Ejemplo: Fig. 11).



Panel de Administración

Autoevaluación Histórico alumnos Informes Manual de Uso ➔ Logout

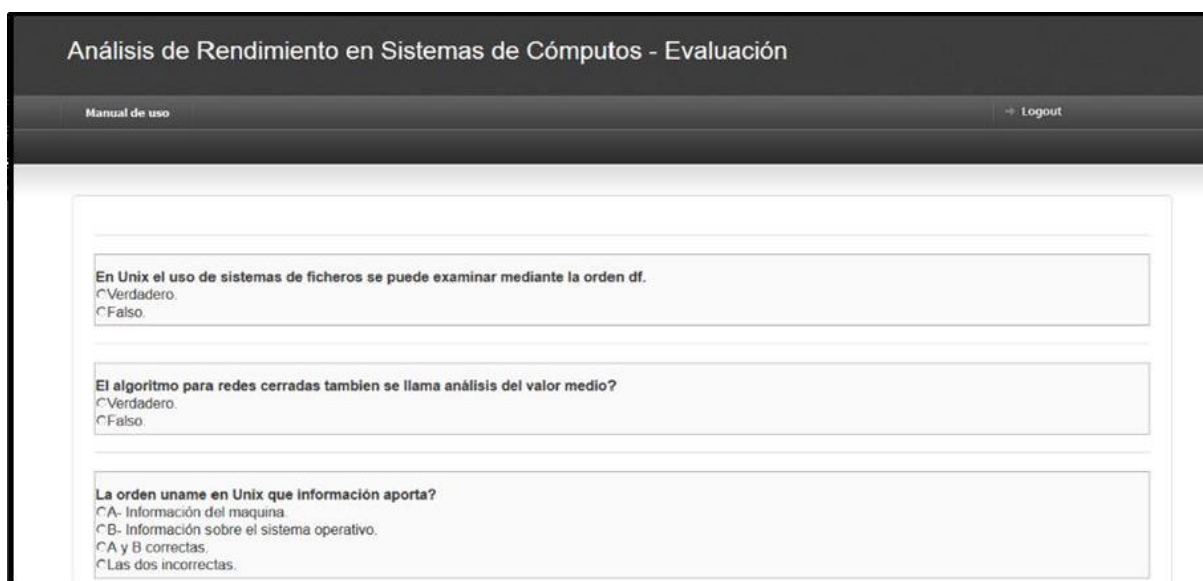
Listado de preguntas

Buscar: Nueva pregunta

Nº Pregunta	Asignatura	Descripción	Tema	Acciones
1	Sistemas Operativos	Cuando un equipo X tarda menos en ejecutar que un equipo Y.	Tema 1	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Sistemas Operativos	La ley de Amdahl acota de una manera sencilla el incremento de prestaciones obtenido en un sistema como consecuencia de la mejora de una o varias.	Tema 1	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Sistemas Operativos	Los términos rendimiento y prestaciones son equivalentes?	Tema 1	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Sistemas Operativos	La aceleración no representa el incremento de rendimiento de una máquina respecto de la otra.	Tema 1	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Figura 9. Listado de preguntas.

Fuente: elaboración propia.



Análisis de Rendimiento en Sistemas de Cómputos - Evaluación

Manual de uso ➔ Logout

En Unix el uso de sistemas de ficheros se puede examinar mediante la orden df.
☐ Verdadero.
☐ Falso.

El algoritmo para redes cerradas también se llama análisis del valor medio?
☐ Verdadero.
☐ Falso.

La orden uname en Unix que información aporta?
☐ A- Información del máquina.
☐ B- Información sobre el sistema operativo.
☐ A y B correctas.
☐ Las dos incorrectas.

Figura 10. Preguntas para evaluación.

Fuente: elaboración propia.

- [2] PUIGJANER, R.; SERRANO, J. J.; RUBIO, A. (1995). *Evaluación y explotación de sistemas informáticos*. Editorial Síntesis. Madrid.
- [3] BARTOLOMÉ, A. R. (2004). *Blended Learning. Conceptos básicos*. En Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 23, 7-20.
- [4] BERSIN, J. (2004). *The Blended Learning Handbook: Best Practices, Proven Methodologies, and Lessons Learned*. Pfeiffer Wiley. ISBN 0-7879-7296-7.
- [5] BONK, C. J.; GRAHAM, C. R. (2005). *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. Pfeiffer Wiley. ISBN 0787977580.
- [6] HEINZE, A.; PROCTER, C. (2004). *Reflections on the Use of Blended Learning. Education in a Changing Environment conference proceedings*. University of Salford, Salford, Education Development Unit.
- [7] HEINZE, A.; Procter, C.; Scott, B. (2007). *Use of Conversation Theory to underpin Blended Learning*. International Journal of Teaching and Case Studies 1(1 & 2): 108–120.
- [8] SILVA-PEÑA, I.; SALGADO-LABRA, I.; VERDUGO, C.; CHEHUAICURA, A. (2014). *Aprendizaje Colaborativo en un módulo de formación docente basado en Blended Learning*. Foro Educativo, (21), 127–143.
- [9] MARSH, G. E.; MCFADDEN, A. C.; PRICE, B. (2003). *Blended instruction: Adapting conventional instruction for large classes*. Online Journal of Distance Learning Administration, vol. 6 n° 4.
- [10] DEITEL, P. J.; HARVEY, M. D. (2008). *Como Programar en Java*. Séptima Edición. Pearson Educación. Mexico.
- [11] PRESSMAN, R. S. (2010). *Ingeniería del Software, Un Enfoque Práctico*. 7ma Edición. McGraw-Hill. Mexico.
- [12] SOMMERVILLE, I. (2005). *Ingeniería del software*. 7ma. Edición. Pearson Addison Wesley. España.
- [13] LARMAN, C. (2005). *UML y Patrones. Una Introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. Prentice Hall. España.



III CADI
IX CAEDI
2016



INDAGACIÓN DE ENFOQUES CREATIVOS Y DESARROLLO DE MATERIALES DIDÁCTICOS PARA EL FORTALECIMIENTO DEL MODELO DE APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN INGENIERÍA

Ing. Nancy Edith Saldís Heredia, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba, nancyesaldis@yahoo.com.ar

Ing. Marcelo Martín Gómez, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba, mgomez@cnm.unc.edu.ar

Ing. Carina María Colasanto, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba, ccolasanto@yahoo.com.ar

Ing. Claudia Teresa Carreño, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba, carreno_claudia@hotmail.com

Estudiante Maximiliano González, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba

Estudiante Greta Analía José, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba

Estudiante Marianela Luna Teumaco, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba

Resumen— Las herramientas tecnológicas ocupan un lugar central en la vida de los estudiantes. Dependen de ellas para estudiar, relacionarse, informarse y divertirse. Según el Acuerdo de Competencias Genéricas del documento CONFEDI, el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer; esto no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en marcha de funciones de una compleja estructura de conocimientos integrados, habilidades, destrezas, etc. Para adecuarse a los nuevos formatos y lograr interdisciplinariedad de contenidos, en la UNC-FCEFyN se propuso indagar presencia y uso de entornos para el aprendizaje ubicuo; diseñar y desarrollar elementos multimedia para la enseñanza de contenidos científicos; y desarrollar talleres con visión constructivista utilizando como soporte tecnologías de última generación.

Las entrevistas mostraron que un 39% de estudiantes accede desde su celular al aula virtual y a sugerencia del profesor, y el 100% utiliza *WhatsApp* para consultar horarios, fechas y temas de parciales o entregas, intercambiar imágenes, gráficos o procesos de resolución de ejercicios. La animación se refirió a Electroquímica, los personajes se diseñaron en *Corel Draw* y *Adobe Illustrator*. Los usuarios fueron estudiantes de Ingeniería Química quienes al parecer mejoraron su rendimiento académico. Para los talleres se confeccionaron experiencias referidas a variables de color, luz y sonido, que se registraron con sensores multiparamétricos y software específico.

Palabras clave— *aprendizaje ubicuo, animaciones científicas, sensores multiparamétricos.*

1. Introducción

Gracias a la inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las actividades habituales de los estudiantes y en las metodologías docentes se está transformando la idea de que la enseñanza y el aprendizaje son procesos que sólo ocurren y se motivan en el tiempo y espacio estrictamente áulico. Hoy no puede hablarse de educación en el siglo XXI sin hacer referencia a las TIC y las posibilidades que ofrecen a través de la comunicación mediada por un ordenador y los entornos virtuales de aprendizaje (EVA). Aparecen nuevos ambientes de formación no necesariamente tendientes a sustituir las aulas tradicionales, sino que complementan y diversifican la oferta educativa, aspectos que son importantes a tener presentes en los nuevos enfoques de la enseñanza superior. Los docentes, estudiantes y contenidos científicos pueden encontrarse en el mismo escenario interconectados por las TIC de manera diacrónica y ubicua cuyas principales características son la conectividad y la interactividad. Son numerosas las investigaciones realizadas en el campo (Barberà [1]; Cabero [2]; Coll [3]; Cabero Almenara [4]) y específicamente los estudios previos efectuados por parte de los integrantes del equipo que presenta este proyecto. En este sentido se establecieron redes de comunicación entre docentes, se contribuyó al diseño de metodologías de intervenciones virtuales (Valeiras [5]), se diseñaron materiales didácticos (Quagliotti [6]), se indagó acerca de la integración de contenidos en estudiantes de ingeniería (Gómez [7]) y se generaron innovaciones en las estrategias de enseñanza de las ciencias con alternativas virtuales analizándose las estrategias de aprendizaje y motivación de los estudiantes de ingeniería cuando trabajan con TIC (Saldís [8]), entre otros. Autores de este proyecto en investigaciones anteriores, analizaron el funcionamiento y puesta a punto de software específicos incorporados a sensores de temperatura, presión, conductividad y solubilidad; se propusieron metodologías de aprendizaje con este instrumental, desarrollaron y evaluaron los materiales didácticos, observándose la necesidad de replicar el estudio con sensores de otras variables físicas y químicas.

La Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) ha realizado inversiones en insumos acordes a las TIC lo que no garantiza que mejores disponibilidades conduzcan a efectivas propuestas educativas; su incorporación en la educación científica no puede consistir sólo en un cambio de soporte sino que debe acompañarse de una renovación constructivista del aprendizaje. En este sentido, se observa un escaso desarrollo de materiales multimedia y aplicación de las TIC tanto en la formación de grado de las carreras científicas como en la capacitación permanente de los docentes. Por otra parte cada vez hay más estudiantes que cuentan con dispositivos que funcionan como ordenadores: teléfonos móviles, aparatos de TV, sistemas de geolocalización, reproductores de música digital, PDAs (ayudante personal digital), cámaras de fotos y de vídeo, tablets, videojuegos, por nombrar sólo algunos. Estos dispositivos pequeños y portátiles son accesibles a todos y los estudiantes pasan gran parte de su tiempo utilizándolos, lo que no significa que los destinen para la construcción del conocimiento.

A partir de lo expuesto se plantean los siguientes problemas: ¿Qué uso le dan los estudiantes a los ordenadores portátiles para el aprendizaje ubicuo de las ciencias en ingeniería?, ¿Cuáles elementos multimedia son adecuados y necesarios de producir para la enseñanza de contenidos científicos?, ¿Qué diseño de materiales se requiere para potenciar aprendizajes flexibles de calidad utilizando sensores?, ¿De qué manera se lleva a cabo el seguimiento y la evaluación de estos desarrollos?

La investigación se desarrolló a través de tres componentes articulados.

El primer componente se dirigió a investigar cómo y para qué usan los estudiantes los sistemas de comunicación móviles y cuáles son las diferencias en el uso de estas tecnologías

entre los ingresantes y los estudiantes que han transcurrido al menos un año de su carrera de ingeniería. La Teoría del Conectivismo planteada por Siemens [9] pretende explicar los cambios producidos en la era del conocimiento por las TIC que no sólo valora el qué aprender y el cómo sino también el dónde. El autor considera que el conocimiento es un proceso de la sociedad y las organizaciones, que el aprendizaje no es una actividad individual sino que presupone mantener conexiones permanentes a tres niveles: entre comunidades especializadas, entre fuentes de información y entre redes, observando las conexiones entre campos, ideas y conceptos. Además plantea que la circulación e interconexión de conocimientos genera nuevos conocimientos. Aquí cobra importancia el aprendizaje ubi-cuo (Zapata Ros, [10]) que se relaciona con la posibilidad de acceder a la información en cualquier lugar o cualquier momento, la interacción con pares y expertos eruditos y oportunidades estructuradas de aprendizaje desde una variedad de fuentes. Este aprendizaje se supone “ajustado al tiempo”, anclado a las necesidades de una cuestión, un problema o una situación inmediata. Con él, el control de cuándo, dónde, cómo y por qué uno está aprendiendo puede estar en manos de los alumnos, y el enfoque motivacional de aprendizaje se reorienta hacia las necesidades y propósitos que el estudiante tenga en el momento (Burbules, [11]).

El segundo componente se refirió al diseño y desarrollo de materiales multimedia que permitan un acceso integral al conocimiento. La importancia y motivación para llevar a cabo esta investigación fue la insuficiente producción local de animaciones científicas, consideradas estas como visualizaciones concretas de modelos científicos. Un modelo es una construcción humana utilizada para conocer, investigar, comunicar y enseñar. Es una entidad abstracta, una representación simplificada de un hecho, objeto, fenómeno, proceso, que concentra su atención en aspectos específicos del mismo, y tiene las funciones de describir, explicar y predecir (Adúriz y Morales, [12]). En la enseñanza de las ciencias las animaciones facilitan la visualización de la dinámica de un proceso mejorando la comprensión de los conceptos, intentando que los estudiantes conecten más efectivamente entre sí las representaciones macroscópicas, simbólicas y microscópicas de los fenómenos, ayudando a superar la imagen estática y en dos dimensiones que brindan los modelos representados en papel. Para la elaboración de las animaciones se utilizó software libre de la red y el material se incluyó en aulas virtuales o blogs de uso frecuente por los estudiantes de primer año de Ingeniería Química de la FCEFYN en la UNC. La utilidad, facilidad de manejo y comprensión de contenidos se evaluó a través de encuestas destinadas a valorar el grado de satisfacción de los usuarios.

Por último, el tercer componente pretendió replicar, ampliar y profundizar la exitosa experiencia interdisciplinar en la enseñanza de las ciencias utilizando sensores computarizados con alto grado de conectividad (Carranza, [14]), modelo que desarrolló el presente equipo de trabajo en investigaciones anteriores. En esta oportunidad se propuso preparar el instrumental y desarrollar módulos con TIC que incluyan situaciones problemáticas interdisciplinarias y experiencias de laboratorio acompañadas de cambios de color, luz y sonido factibles de ser captados por los sensores asistidos por computadora y registrados con los programas Data Studio y Capstone. Los usuarios fueron docentes en ejercicio de esa área de conocimiento. Para realizar el abordaje se eligió la concepción constructivista del aprendizaje. Se sustenta en la idea que propone Coll [15] donde el desarrollo y aprendizaje son el resultado de un proceso de elaboración y de construcción.

El desafío es aportar elementos y construir materiales con enfoques constructivistas, interactivos, colaborativos, conectivistas centrados en el alumno y que respondan los planteamientos de la educación flexible. Esto debe permitir la apertura a diferentes necesidades y lugares de aprendizaje y tienen que acomodarse a las distintas maneras en que

las personas aprenden con sus destrezas naturales (Race [16]; Salinas [17]; Siemens [9]). Para el seguimiento y evaluación del nuevo material se considera la metodología de investigación evaluativa de Stufflebeam [18] que incorpora observaciones y entrevistas a los participantes.

1.1. Objetivos Generales de la investigación

- Indagar la presencia y el uso de entornos para el aprendizaje ubicuo de las ciencias.
- Diseñar y desarrollar elementos multimedia.
- Ampliar y profundizar el modelo de enseñanza de las ciencias para ingeniería basada en una visión constructivista que utiliza como soporte tecnologías y aparatología de última generación con alto grado de conectividad.

1.2. Objetivos Específicos

- Analizar las respuestas estudiantiles para especificar estilos de comunicación virtual que promuevan procesos de comprensión de las estrategias de aprendizaje.
- Diseñar materiales didácticos multimedia para la enseñanza de contenidos científicos factibles de ser incorporados en diversos espacios virtuales.
- Desarrollar estrategias e instrumentos de evaluación que sirvan para evaluar la propuesta y el diseño del modelo de enseñanza de las ciencias para ingeniería utilizando sensores asistidos por computadora.

2. Materiales y Métodos

El estudio se enmarcó en la combinación de dos enfoques metodológicos que integran técnicas y procedimientos de análisis tanto cuantitativos como cualitativos. El modelo cualitativo se valió, por un lado, del conjunto de apreciaciones recogidas de los usuarios mientras interactúan con alguna de las situaciones problemáticas utilizando sensores o animaciones; por el otro, de la etnografía virtual como proceso sistemático para comprender la negociación de significados, las situaciones y experiencias de aprendizaje a partir de la lógica de la construcción y re-construcción argumentativa en las interacciones sociales.

El otro enfoque fue cuali-cuantitativo, lo que implicó generar instrumentos que se utilizarán a lo largo del estudio como encuestas y cuestionarios aplicados a las poblaciones seleccionadas. Se consideraron opiniones y se elaboraron categorías con los datos relevantes.

El primer componente se dirigió a investigar cómo y para qué usan los sistemas de comunicación móviles los estudiantes que han transcurrido al menos un año de su carrera de ingeniería en la FCEfyN de la UNC. Como muestra se tomaron 57 alumnos universitarios que cursaban carreras de ingeniería de diferentes especialidades dependientes de FCEfyN UNC en el año 2014. El cuestionario incluyó aspectos relacionados al uso de dispositivos digitales y no características técnicas particulares de los mismos, ya que se consideran que éstas son cuestiones de ergonomía y no de pedagogía. La consulta se circunscribió en relación al tipo de tecnología utilizada (celulares, tablets, computadoras, Ipad, y otros), herramientas digitales empleadas, dominio sobre el uso de herramientas digitales, aporte de las tecnologías digitales en la construcción del conocimiento, actividades áulicas y/o académicas realizadas con incorporación de las TIC y los usos deseados en el ámbito académico por parte de los estudiantes. Además se realizaron entrevistas personales a 5 estudiantes universitarios.

Para el desarrollo y diseño del material multimedia animado se comenzó con un estudio exploratorio que permitió conocer cuáles son los conceptos que, según estudiantes y docentes, ocasionan más dificultades a la hora de aprender química. La indagación se realizó a través de encuestas en papel a 128 estudiantes y 14 docentes de la cátedra de Química General de primer año de las carreras de ingeniería en la Facultad Regional Córdoba (FRC) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

A raíz de esos resultados, se decidió trabajar sobre electroquímica. Se dispuso diseñar un video animado que presentara un caso didáctico referido a la electrodeposición de metales. El título seleccionado fue “La moneda de Pipo”. Según Syd Field (1995) el guión es una historia contada en imágenes por medio del diálogo y la descripción, situada en el contexto de la estructura dramática. En este caso, el guión correspondió al documento producido por los profesores de la cátedra por ser expertos en los contenidos científicos. Estos documentos indicaron qué contenidos específicos relativos al concepto de electrodeposición, al movimiento de electrones, de desplazamiento de iones, de los materiales involucrados y de las fuentes de energía se han de incluir, y de qué manera se deberán presentar teniendo en cuenta el nivel de los usuarios. La estructura (siguiendo a Field) fue: a) Planteamiento: se presenta al personaje principal en un contexto, con una situación (detonante) o conjunto de situaciones que lo afectan y lo obligan a actuar; así se pone en marcha el relato. En esta historia, el personaje principal, Pipo, desea conservar una moneda antigua y busca opciones para lograrlo. b) Desarrollo: el personaje enfrenta conflictos en su camino hasta llegar a un punto de tensión (clímax). En este sentido el guión de la animación muestra al personaje en una búsqueda bibliográfica y de campo para lograr su objetivo. c) Desenlace: resolución de la historia. Para resolver el dilema presentado en la animación se acude a la técnica de la electrodeposición. Se imaginó la situación o caso didáctico, se la describió y redactaron las escenas, secuencias, acontecimientos y los diálogos entre los personajes. Además se indicó qué tipo de datos deben presentar las imágenes tales como dimensiones, colores, sonidos y movimientos, y se determinó el tiempo de duración de la animación. Luego fue necesario realizar el diseño de las imágenes. Para dar vida a los personajes se utilizó el programa *Corel Draw X3* permitiendo el diseño y tratamiento de imágenes de Pipo y su tío Pedro de características simpáticas y sencillas, como también las monedas, los conectores eléctricos, los materiales metálicos, y las fuentes de alimentación. Para el desarrollo de los vectores, imágenes base para la animación que muestran lo que ocurre en la cuba electrolítica, se utilizó *Illustrator* de Adobe®. Así es posible observar el movimiento de las cargas eléctricas, el llenado de la cuba con agua y los desplazamientos de las imágenes. A continuación se procedió a grabar el sonido del texto en off y fue procesado con el programa de libre descarga *Audacity*, participando varios integrantes del grupo quienes relataron la situación o conformaron diálogos. Como parte final del video se presentaron dos preguntas críticas escritas con letras sencillas. Una de ellas tiene por objeto generar una reflexión en los usuarios acerca de la importancia del material del que está constituida la moneda, la otra pregunta lleva al estudiante a considerar procesos similares en el ámbito de la industria química. La última etapa del desarrollo correspondió al proceso de edición secuenciándose imágenes y sonidos en el programa *Movie Maker*. A continuación se examinaron los distintos formatos de publicación existentes considerándose más adecuado para su publicación digital el formato *You Tube* por su sencillez y gratuidad. Para determinar indicadores de calidad del video de animación se diseñaron encuestas para 127 estudiantes de primer año y 11 docentes de la carrera de Ingeniería Química de la FCEFyN UNC. Las categorías de análisis fueron los materiales trabajados, es decir el video de animación y la creación del conocimiento. Para la primera categoría de análisis se consideró el lenguaje, la organización y secuenciación, forma de presentación y características. Para la segunda se consideraron cinco funciones: instructiva, motivadora, evaluadora, investigadora y lúdica. Para calificar ambas categorías se presentó

una escala del tipo Lickert con 3 opciones de respuestas: de acuerdo, parcialmente de acuerdo y en desacuerdo. La encuesta se diseñó en un documento de Google, donde los estudiantes y docentes respondieron *on line*.

Para encarar los talleres, por un lado se abordó la puesta a punto de software, la calibración del instrumental y ensayos de reactivos para la experimentación; por el otro las cuestiones de metodología, aprendizaje, evaluación y otras variables de diseño educativo. El instrumental necesario para realizar el estudio estuvo constituido por un sensor colorimétrico y un sensor multiparamétrico de luz, sonido y temperatura que se conectaron por interface a computadoras, las cuales utilizando el programa *DataStudio* y *Capstone* generaron gráficos con el objetivo de interpretar y estudiar fenómenos físicos y químicos y construir los modelos matemáticos.

Primeramente se calibró el sensor de sonido comparando la gráfica registrada por el sensor con la curva patrón que traza un generador de ruido en una cámara de reverberación poseedora de un amplio eco. La cámara donde se realizó la experiencia posee alisadas las paredes y el techo y contiene varios difusores metálicos para lograr el movimiento del aire y del sonido. La temperatura se mantuvo constante a 20°C. Se contó con un micrófono para registrar el ruido que se genera desde 4 amplificadores desde 0 a 100 dB. Para la construcción del módulo se redactaron experiencias determinando distintas intensidades de sonido.

En el diseño del módulo para trabajar con la intensidad de luz, se ensayaron a la llama un conjunto de sales y metales registrándose las intensidades de luz que estas producían. Partiendo del concepto de polarización, se determinaron valores de intensidades de luz de las llamas a través de láminas polaroid. Se diseñaron los materiales didácticos incluyendo tablas de los valores obtenidos, se plantearon interrogantes a los efectos de relacionar las características de las llamas observadas con las propiedades periódicas de sus cationes y se determinaron a cuáles ecuaciones matemáticas responden las gráficas descriptas.

Para el desarrollo del módulo utilizando el sensor de color y luego de proceder a su calibración en blanco, se decidió realizar extracciones de las flores de *Lantana cámara* (*bandera española*) y *Mirabilis jalapa* (dondiego de la noche), y del fruto del *Lycium cestroides* (siempre verde) para obtener soluciones coloreadas posibles de comportarse como indicadores de pH. El método empleado fue extracción con agua destilada en caliente como solvente. Se comprobó su acción indicadora con soluciones de ácido clorhídrico, ácido acético, cloruro de sodio, hidróxido de amonio e hidróxido de calcio a diferentes concentraciones. Para su aplicación se redactaron casos didácticos con los contenidos específicos y las actividades de aprendizaje de acuerdo a la concepción constructivista.

Para la publicación de los materiales didácticos se utilizaron sitios virtuales tales como aulas de la plataforma Moodle y blogs, con el doble sentido de colgar los materiales producidos y a su vez como elementos de recolección de datos, ya que permiten la administración de los participantes, la integración en una comunidad a través de los foros y correos electrónicos y la evaluación continua de los aprendizajes.

3. Resultados y Discusión

3.1 Aprendizaje Ubicuo

Los principales resultados mostraron que sólo un 8% de los estudiantes universitarios expresan tener un buen manejo sobre las tecnologías digitales e informáticas. El 88% posee teléfonos celulares con conexión a internet, y en casi su totalidad los utiliza fuera de la facultad por problemas de conexión. El porcentaje también es del 0% en relación al uso

exclusivo de redes sociales para actividades de estudio. Un 97% utiliza los recursos ubicuos para búsqueda de información y un 78% busca información en *You Tube*. En base a esta información, las entrevistas mostraron que los jóvenes no elaboran resúmenes o escritos; en algunos casos anotan palabras claves e intentan luego relacionarlas. Un 39% accede al aula virtual (AV) desde su celular y al igual que los blogs solamente son utilizados si hay sugerencia del profesor, ya que dicen que es incómodo para ese trabajo. Sugieren que las informaciones que realizan los profesores en el AV lo hagan por aplicaciones. En cuanto a las comunicaciones a través de *WhatsApp* entre estudiantes el porcentaje asciende al 100%. En las entrevistas personales se nota coincidencia de las opiniones; todos expresaron que es un medio muy rápido de enterarse de las noticias ya que se pueden hacer preguntas a mucha gente al mismo tiempo por lo que es más probable conseguir una respuesta rápida. Todos los estudiantes participan de grupos donde las principales acciones son consultas de horarios, fechas y temas de parciales o trabajos prácticos, intercambio de imágenes referidas a gráficos, procesos de resolución de ejercicios, fórmulas y equipos. De acuerdo a los resultados, *Twitter*, no ha sido considerado para el estudio.

Las acciones que realizan los estudiantes específicamente desde sus celulares son numerosas, pero en relación a actividades académicas, mencionaron *WhatsApp* para comunicarse con compañeros, formar grupos de trabajo, enviarse resultados de ejercicios y consultas varias; *You Tube* para buscar vídeos, expresando que para comprobar que la información sea válida, ven varios y eligen los que guardan similitud en los conceptos; *Facebook* solamente a sugerencia de algún profesor para llevar a cabo tareas y enviar actividades o consultas. También mencionaron *Messenger*, cámara de fotos, grabador de sonidos, de notas, consultar calendario, calculadora, agenda, GPS, conocer noticias importantes, el pronóstico del tiempo, la hora, utilizarlo como despertador y escuchar música para acompañar momentos de estudio. Los estudiantes opinaron que los celulares y tablets son instrumentos con los que conviven a diario, que el acceso a Internet es muy importante ya que les permite comunicarse con el mundo, intercambiar experiencias, buscar información, trabajar, estudiar, etc.; destacando que es muy fácil caer en la tentación de distraerse con el teléfono en momentos en los que deben prestar atención. Expresaron que el uso en clase no es motivado por los profesores y lo destinan como distracción cuando pierden el interés en lo que se está desarrollando, aunque en las instituciones educativas, en general, no hay señal.

3.2 Animaciones

El video animado “La moneda de Pipo” se encuentra en *You Tube* en https://www.youtube.com/watch?v=x_SrMtb54iI; tiene 4 minutos 49 segundos de duración (Figura 1 y 2).

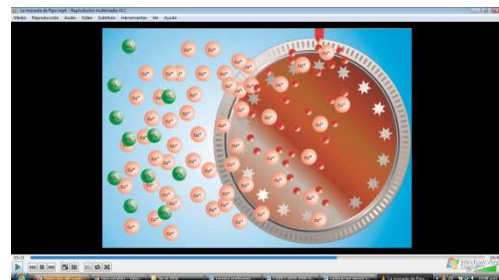
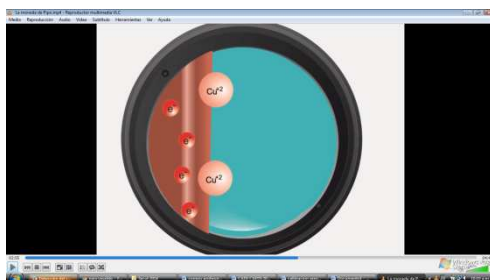


Figura 1 y 2. Capturas del vídeo “La moneda de Pipo” en distintos momentos.
Fuente: Elaboración Propia.

Según los estudiantes, el video animado contiene imágenes sencillas y claras y un texto con vocabulario acorde a un primer año universitario, aunque algunos estudiantes expresaron que varios conceptos no les resultaron totalmente claros. Opinaron que los contenidos no crecen en dificultad pero se corresponden con los que se encuentran en los textos. Un 20% de los encuestados dijo que el video debió haber sido de mayor duración y tener mejor sonido. Algunos jóvenes valoraron la opción de volver a ver el vídeo nuevamente desde cualquier instante pudiendo así reflexionar sobre los contenidos y resaltaron la posibilidad de visualizarlo por telefonía celular con acceso a internet. También dijeron no estar acostumbrados a considerar videos educativos al momento de estudiar, y tal vez comiencen a tenerlos en cuenta ya que les resultó de gran ayuda para comprender los movimientos microscópicos. Algunos confesaron sentirse forzados a buscar respuestas a las preguntas críticas, pero otros, reunidos en grupos discutieron las opciones de manera interesada. Los docentes por su parte, expresaron que el vocabulario en todo el video es sencillo para los jóvenes universitarios. En referencia a las imágenes, algunos docentes indicaron que podría mejorarse la sincronización de algunas de ellas. Los profesores entrevistados coincidieron en opinar que es posible que el video educativo pueda ser un recurso didáctico que tenga funciones motivadoras, instructivas, evaluadoras e investigadoras, aunque algunos sostienen que la lectura de textos convencionales no debiera sustituirse. En ese sentido consideran al vídeo como una herramienta exclusivamente complementaria.

3.3 Talleres con Sensores

Por un lado, se cuenta con los resultados obtenidos en las calibraciones, puestas a punto del instrumental y software, y determinaciones experimentales de diseño propio. Por el otro, se muestra las producciones didácticas elaboradas.

Al momento de la calibración del sensor de sonido, la pantalla de la computadora registró la intensidad en dB que se genera en la cámara observándose los saltos de 5 dB cada 20 segundos. Así la gráfica registrada por el sensor coincidió con la curva patrón que trazó el generador de ruido instalado en la cámara de reverberación. El sensor registró desde un umbral de 40 dB hasta 80 dB, a partir de allí fue muy inestable por lo que se consideró que su registro por encima de ese valor no es confiable.

Para la confección del módulo didáctico se diseñaron experiencias midiendo intensidades de sonido producidas al morder una galleta de agua en una cámara que se acondicionó especialmente para conseguir que sea anecoica (Figura 3). Además se elaboraron casos didácticos incluyendo intensidades de sonido posibles de ser registradas en diversos lugares con poco o alto nivel de ruido como los existentes en patios cubiertos de instituciones educativas, aulas con niños o con adolescentes, bibliotecas públicas y otros sitios que pudieran ser de interés realizando mediciones y comparaciones con niveles de ruido permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). A continuación se presentaron preguntas críticas que inciten a los estudiantes a reflexionar acerca de la contaminación sonora y los efectos sobre su concentración y su salud. También se diseñaron casos que contengan situaciones con distintos niveles de intensidades de sonido que producen diferentes instrumentos musicales y la relación con su tamaño. A través de las curvas generadas por el sensor, se determinó frecuencias como así también los modelos matemáticos posibles de construir. Estas guías didácticas se entregaron a docentes de cuatro escuelas secundarias y de institutos terciarios de enseñanza.

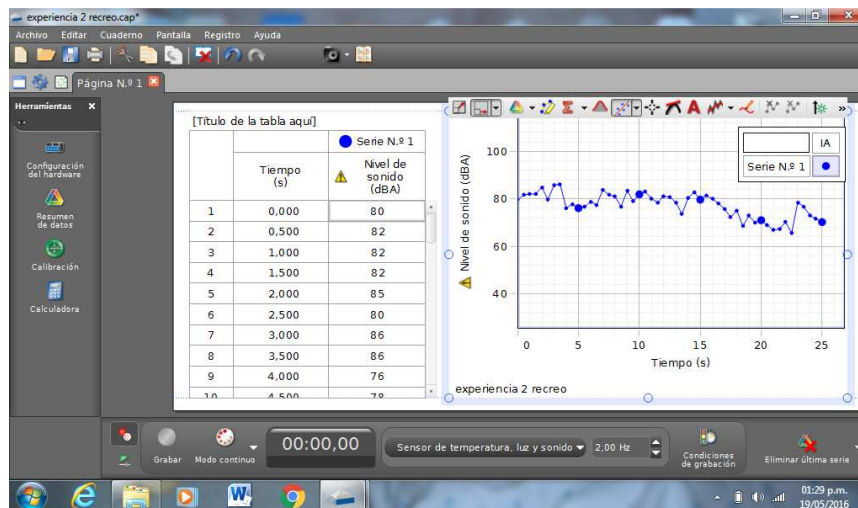


Figura 3. Captura de la pantalla del programa *Capstone* para el registro del sonido en un ambiente con alto nivel de ruido.

Fuente: Elaboración Propia

Las determinaciones experimentales realizadas con el sensor de luz arrojaron resultados que conformaron una guía de trabajos que fue entregada al Instituto Superior del Profesorado de Química Simón Bolívar de la ciudad de Córdoba. Los principales resultados observados indicaron que las sales de Ba, Na y de K, metales alcalinos, desarrollan llamas blancas o blancas amarillentas con intensidades luminosas máximas en un rango de 320 a 565 lux. El tiempo de máxima luminosidad se consigue entre los 5 y 12 segundos para intervalos de experiencia de 1 a 120 s. Las sales de Cu, Ni y de Fe, elementos de transición, dan llamas azules verdosas o verde amarillentas con intensidades luminosas máximas entre los 22 y 43 lux. El tiempo de máxima luminosidad se consigue entre los 90 y los 115 segundos para intervalos de experiencia de 1 a 120 s.

Se procedió a determinar la intensidad de luz de la llama que produce la combustión de virutas de magnesio, analizar la curva que trazó el programa *Capstone* (Figura 4), construir su modelo matemático, como así también relacionar estas propiedades con el uso del metal en los fuegos artificiales y antiguos flashes de cámaras fotográficas.

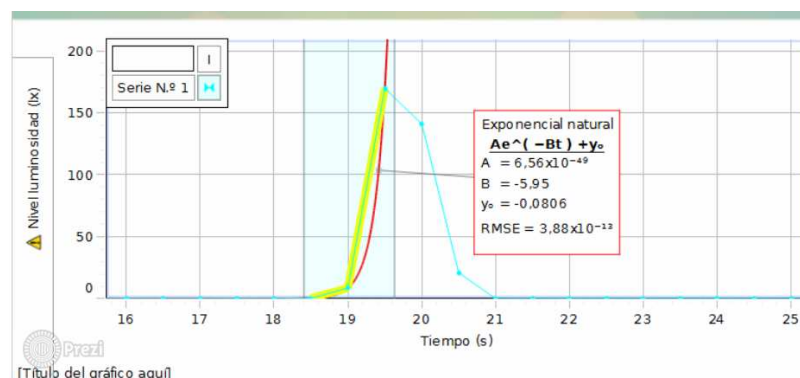


Figura 4. Registro de la llama de Mg con el programa *Capstone*.

Fuente: Elaboración Propia

Con el sensor colorímetro se determinaron las concentraciones necesarias de solución indicadora a los efectos de ser netamente visibles sus virajes. Se encontró una longitud de onda de valor 468 nm y de absorbancia 0,423 para el color verde del Lycium cestroides, y luego de varios ensayos se lo seleccionó como indicador natural universal rico en antocianinas hidrosolubles.

Con estos resultados se redactaron casos didácticos experimentales, se tomaron fotografías paso a paso, y posteriormente se construyeron tutoriales de calibración y uso del sensor de color (Figura 5), como así también del sensor de pH.

Para su difusión se decidió colgarlos en *You Tube*: <https://youtu.be/v97RU11teuw> y también <https://youtu.be/4XEIQBM6KAY>.



Figura 5. Captura de pantalla de You Tube del tutorial de calibración del colorímetro.
Fuente: Elaboración Propia

Ambos vídeos se incluyeron en el blog educativo construido en años anteriores por integrantes de este equipo de investigación y que paulatinamente admite la actualización continua a medida que se construyen nuevos materiales: <http://proyectosensores.blogspot.com.ar/>.

Para evaluar los documentos contruidos y el modelo de enseñanza, se ofreció un taller semipresencial a docentes de cuatro escuelas secundarias en el que participaron también dos docentes de primer año de Química de las carreras de ingeniería (FCEfyN-UNC) y dos docentes de primer año de Química de las carreras de ingeniería (FRC_UTN). Se utilizó un aula virtual en la plataforma Moodle para colgar los materiales producidos y como elementos de recolección de datos. Esto permitió la administración de los participantes, la integración en una comunidad a través de los foros y correos electrónicos y la evaluación continua de los aprendizajes. La indagación previa al taller permitió determinar que el conocimiento acerca de estos sensores por parte de los docentes asistentes era nulo. El análisis de los foros y de los instrumentos contruidos por los docentes se encuentra actualmente en proceso.

4. Conclusiones y recomendaciones

Como dato relevante se puede mencionar que el equipo que presenta este artículo se constituye como el único grupo de investigación educativa que trabaja desde Ingeniería Química de la UNC. Si bien este grupo realiza estudios referidos al aprendizaje y la enseñanza desde y para la ingeniería, desde hace más de diez años, esta investigación se

desarrolló a lo largo de dos. Debido a que estuvo conformada por tres componentes interrelacionados, es posible reflexionar en estos aspectos. En primer lugar, merece la pena indicar que la tecnología ubicua no tiene vuelta atrás y los estudiantes se han apropiado de ella en la que prácticamente no realizan ninguna actividad sin su telefonía celular. De modo que los docentes no podemos pretender que el aprendizaje se realice de manera tradicional como en el siglo XX cuando nuestros estudiantes serán profesionales en el tercer decenio del siglo XXI. Habrá que sentarse a reflexionar acerca de actividades, juegos, vídeos, simulaciones, modelizaciones e intercambios que son necesarios producir o diseñar por parte de los profesores para lograr incorporar el conocimiento por medio de todas o algunas de las nuevas tecnologías, sin olvidarnos de la participación activa de los estudiantes en estos procesos.

Por otra parte, los modelos animados proveen a los estudiantes y a los docentes una valiosa herramienta para la comprensión de los contenidos. Estos vídeos les permiten visualizar situaciones microscópicas que pueden revisarse una y otra vez asincrónicamente y son de producción económica. En estos momentos el equipo de docentes investigadores autores de este trabajo se encuentra abocado a la construcción de nuevos videos educativos animados y al mejoramiento de algunas imágenes y del sonido de “La moneda de Pipo”, con la participación activa y comprometida de varios estudiantes.

Por último, la motivación intrínseca de los profesores usuarios de los talleres que recibieron los materiales didácticos, es decir el interés por el conocimiento y el aprendizaje de nuevos contenidos para mejorar su práctica docente, fue notoria. Esto se mantuvo siempre muy elevado durante el transcurso de todo el proceso de la capacitación, por lo que podemos concluir que resultó acertada la intervención realizada. Es posible que la ejecución de un proyecto común consiga la empatía y solidaridad entre los profesores involucrados, condición indispensable para lograr la formación de estudiantes comprometidos y entusiastas.

Los informes aquí presentados forman parte de una línea de investigación comenzada en el año 2005 que abarca varios estudios realizados en el área de la ingeniería. Los subsidios conseguidos para el desarrollo de esta investigación fueron provistos por la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) de la UNC.

5. Referencias

- [1] BARBERÀ E., MAURI T. y ONRUBIA J. (coords.) (2008). *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC. Pautas e instrumentos de análisis*. Editorial Grao. Barcelona.
- [2] CABERO J. (1997). *Corren nuevos tiempos para seguir pensando en viejos proyectos. El papel de las nuevas tecnologías en el cambio y la innovación educativa: sus posibilidades y limitaciones*. En CEBRIÁN y otros: *Recursos Tecnológicos para los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje*. Universidad de Málaga, Málaga.
- [3] COLL C. (1991). *Psicología y Currículum*. Ed. Paidós. Barcelona.
- [4] CABERO ALMENARA J. (2007). *Las TICs en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa*. En Bodalo, A. y otros (editores) (2007): *Química: vida y progreso*, Asociación de químicos de Murcia, Murcia.
- [5] VALEIRAS N., GÓMEZ M., MARTÍNEZ S. y SALDIS N. (2009). *Estrategias de enseñanza y herramientas virtuales para desarrollar habilidades en la resolución de problemas en alumnos de Ingeniería Química*. En revista *Diálogos Pedagógicos*. Facultad de Educación de la Universidad Católica de Córdoba. pp 116-120. Año VII, Nº 14.

- [6] QUAGLIOTTI C., TREJO V., YORIO D., GÓMEZ M., SALDIS N., PINTA S., COLASANTO C., COMERON L. (2003) Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería. I Jornadas Nacionales y III Jornadas de Experiencias e Investigación en Educación a Distancia y Tecnología Educativa en la UNC. PROED SAA.
- [7] GÓMEZ M., FALAGUERRA T., MORALES J., YORIO D., PINTA S., GUZMÁN L. (2013) Indagación acerca de la integración de contenidos de Física, Química y Matemática en estudiantes de ingeniería. Actas de las II Jornadas del Departamento de Física de la FCEFyN. UNC.
- [8] SALDIS N., VALEIRAS N., MARTÍNEZ S., GÓMEZ M., CARREÑO C. y COLASANTO C. (2011). La calidad de un aula virtual para Ingeniería Química desde un enfoque constructivista. Actas del Congreso Iberoamericano Educación Y Sociedad - CIEDUC 2011. II Congreso Iberoamericano sobre la Calidad de la Formación Virtual CAFVIR 2011. VI Congreso Iberoamericano de Educación Científica, UNESCO. Seminario Universidad, Sociedad e Innovación de Programa ALFA III. La Serena, Chile.
- [9] SIEMENS, G. (2004). Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital. <http://es.scribd.com/doc/201419/Conectivismo-una-teoria-del-aprendizaje-para-la-era-digital>. (Extraído el 10 de febrero de 2014)
- [10] ZAPATA-ROS, M. Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del “conectivismo”. (Extraído el 15 de junio, 2013) http://eprints.rclis.org/17463/1/bases_teoricas.pdf
- [11] BURBULES N. (2012). El aprendizaje ubicuo y el futuro de la enseñanza. En Encounters/Encuentros/Rencontres on Education. Vol. 13. University of Illinois, Urbana-Champaign, Estados Unidos.
- [12] ADÚRIZ-BRAVO, A. Y MORALES, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física- consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. Cuaderno Catarinense de Ensino de Física, 19 (1), 76-88.
- [13] CARRANZA P, GIANNA V, GÓMEZ M, LARROSA N, LÓPEZ A, MARÍN A, MARTÍNEZ M, MARTÍNEZ S, MELCHIORRE M, PENCI C, RIBOTTA P, SALDIS N, SEVERINI H, VACA CHÁVEZ J, YORIO D. (2013). Sensores: una exitosa experiencia interdisciplinar en la enseñanza de las ciencias. 170 páginas. Editorial Brujas. ISBN 978-987-591-355-4.
- [14] COLL C., MAURI, T. y ONRUBIA, J. (2008): El análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por las TIC: una perspectiva constructivista. En Barberà, E., Mauri, T. y Onrubia, J. (coords.): Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC, Editorial Grao, Barcelona.
- [15] RACE P. (1994). The Open Learning Handbook. Londres: Kogan Page
- [16] SALINAS, J. (2013). Enseñanza Flexible y Aprendizaje Abierto, Fundamentos clave de los PLEs. En L. Castañeda y J. Adell (Eds.), Entornos Personales de Aprendizaje: Claves para el ecosistema educativo en red (pp. 53-70). Alcoy: Marfil.
- [17] STUFFLEBEAM D. (1987). La evaluación orientada hacia el perfeccionamiento. En Stufflebeam, D. L. y Shinkfield A. J. (Eds.). Evaluación Sistemática. Guía Teórica y Práctica. Ed. Paidós MEC. Barcelona.
- [18] SYD FIELD (1995). El manual del guionista. Ed. Plot. Madrid.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Herramientas alternativas para generar interés por la Ingeniería a alumnos del nivel secundario.

María Natalia Piol, Universidad de Buenos Aires (Facultad de Ingeniería -LaQuíSiHe)-
CONICET, mpiol@fi.uba.ar

Andrea Beatriz Saralegui, Universidad de Buenos Aires (Facultad de Ingeniería -
LaQuíSiHe), asaralegui@fi.uba.ar

Susana Patricia Boeykens, Universidad de Buenos Aires (Facultad de Ingeniería -
LaQuíSiHe), sboeyke@fi.uba.ar

Resumen—Enseñar ciencia y tecnología a las nuevas generaciones no es sencillo, y está demostrado que la motivación de los jóvenes por este tipo de educación ha decaído a nivel mundial. Gran parte de la solución a los problemas de aprendizaje de nuestros estudiantes radica en encontrarle el sentido a nuestras acciones, esta situación es crítica en las aulas de enseñanza pre-universitaria. Los docentes-investigadores debemos ser conscientes de esto e involucrarnos en los cambios. Es por ello que un grupo de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, decidimos acercarnos hasta diferentes escuelas secundarias del Gran Buenos Aires. Mediante la planificación de charlas interactivas en las que se empleó material audiovisual y se desarrollaron experimentos sencillos, se propició el debate sobre cuestiones cotidianas. El objetivo de este planteo fue captar la atención sobre temas relacionados con la Ingeniería y la Química que pudieran reconocer para expresarse y comentar sus inquietudes. Los temas seleccionados fueron: Química Forense: ¿las leyes en la Química? y Recursos Naturales: ¿qué podemos hacer para conservarlos y recuperarlos? Las actividades tuvieron un impacto positivo según las encuestas realizadas al finalizar cada encuentro. El 70% de los encuestados respondió que eran temas en los que estaban interesados y el 27% muy interesados, por lo que la elección de los temas tratados resultó acertada.

Palabras clave— *enseñanza de las ciencias, Ingeniería, actividades alternativas.*

1. Introducción

Las ciencias básicas han sido históricamente consideradas como tediosas, difíciles y hasta poco pragmáticas. En consecuencia, las carreras de Ingeniería como una aplicación de estas ciencias básicas también son consideradas difíciles y muchas veces tediosas. Una de las principales causas de esta concepción histórica es la metodología de enseñanza empleada. Las nuevas generaciones de alumnos pasan horas frente a diferentes entornos virtuales, estas herramientas junto a la multiplicidad de funciones son características propias de la nueva generación, entonces la nueva Era trae aparejados nuevos desafíos para los docentes. En este sentido los alumnos a los que dirigimos nuestras clases están inmersos en un mundo que zigzaguea continuamente entre el mundo real y el virtual [1]. Los docentes-investigadores debemos ser conscientes de esto e involucrarnos en cambiar esa visión sobre las ciencias básicas y para ello necesitamos cambiar nuestra propia visión de la enseñanza. Desde diversas

posiciones teóricas e investigaciones se ha enfatizado en la importancia de atender no sólo los componentes cognitivos implicados en el aprendizaje, sino también los motivacionales [2].

La motivación es el resultado de una combinación de factores asociados a intereses, deseos y expectativas personales de cada individuo y a los aspectos del contexto que pueden funcionar como estímulos. Según la combinación de estos factores, a medida que se avanza en los diversos niveles educativos, la motivación (y por qué no el entusiasmo) se va perdiendo por la tarea y por el aprendizaje debido al deterioro de las pautas motivacionales [3]. Actualmente, esta motivación de los jóvenes por el aprendizaje y la profundización de los conocimientos científico-tecnológicos ha decaído a nivel mundial y muchos países desarrollados reconocen, con preocupación, que mantener su Sociedad del Conocimiento para las próximas décadas requiere de la formación permanente de recursos humanos de alto nivel, especialmente en el sector de ciencia y tecnología. Estos países centrales prevén que educar en ciencia y tecnología a las próximas generaciones se constituye en un objetivo primordial [4]. Si siempre ha resultado difícil, en el entorno actual, no tendría porque resultar sencillo enseñar ciencia y tecnología a las nuevas generaciones. Una situación muy crítica sobre todo para los estudiantes de Ingeniería radica en la practicidad de los conocimientos que están adquiriendo. El grado de aplicabilidad de los mismos es un estímulo muy importante para la mayoría de los alumnos. Por lo tanto, gran parte de la solución a los problemas de aprendizaje de nuestros estudiantes radica en encontrarle el sentido a nuestras acciones de enseñanza, esta situación es crítica en las aulas de enseñanza pre-universitaria de Química. Esto trae aparejada una gran responsabilidad para los docentes de ciencias que deben reconocer definitivamente que es imprescindible implementar una nueva forma de construir conocimientos, sustentada en la acción motivadora de encontrar relaciones entre la información y las prácticas sociales que les dan sentido. Estas cuestiones instalan el desafío a los docentes de la universidad pública de producir aprendizajes, usar herramientas de pensamiento, ejercitar la creatividad y recurrir a almacenes de información, saberes y datos que serían impensables sin tomar en cuenta a la tecnología y la actualidad [5].

Es por ello que un grupo de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), decidimos acercarnos hasta diferentes escuelas secundarias del Gran Buenos Aires. Mediante la planificación de charlas interactivas en las que se empleó material audiovisual y se desarrollaron experimentos sencillos, se propició el debate sobre cuestiones cotidianas.

2. Metodología

En el marco de una actividad de Divulgación y Estímulo para aumentar el ingreso de alumnos a la Facultad de Ingeniería. Se propuso desmitificar la figura de los científicos que trabajamos en la facultad promoviendo el acercamiento del plantel científico-docente, generalmente dentro de la Universidad, hacia las instituciones de nivel secundario. Así, las investigadoras del Laboratorio de Química de los Sistemas Heterogéneos (LaQuíSiHe) nos acercamos a tres colegios del Partido de Almirante Brown que son instituciones privadas de nivel secundario.

Previo a la visita se planificaron las actividades como una charla-taller relativamente informal en la que se contaba con material audiovisual además de la posibilidad de realizar algunos ensayos químicos sencillos. La planificación de las charlas la realizó un grupo de docentes-investigadores de la FIUBA pertenecientes al LaQuíSiHe, sobre los siguientes temas de interés: Química Forense: ¿las leyes en la Química? y Recursos Naturales: ¿qué podemos hacer para conservarlos y recuperarlos? En estas mismas charlas se desarrollaron temas asociados a la investigación como por ejemplo se describieron los trabajos de producción

científica desarrollados en la universidad y los alcances de las distintas carreras que ofrece la FIUBA.

En la planificación se intentó maximizar la motivación por medio tanto del uso de material audiovisual como de los experimentos realizados durante la clase. Por otro lado, se propició el debate sobre cuestiones cotidianas en las cuales la química forma parte y que los alumnos pudieran conocer, o bien por los medios de comunicación, o bien en situaciones diarias, de modo tal que los alumnos al identificar esos temas se sintieran confiados para expresar y comentar sus inquietudes y libres de plantear otras.

El material audiovisual trato de representar cuestiones de actualidad, como son las investigaciones forenses o los eventos de contaminación ambiental. Las experiencias fueron seleccionadas sobre la base de su sencillez, con la premisa de acercar técnicas químicas y ensayos que se mencionan frecuentemente en los medios gráficos y televisivos.

3. Resultados y Discusión

En la semana posterior a las charlas, se realizaron encuestas para evaluar la efectividad de estos recursos entre los asistentes. A continuación, se presentan los resultados de estas encuestas que además evalúan el grado de interés y comprensión de los estudiantes secundarios por los temas expuestos.

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de alumnos según su respuesta a cada cuestión acerca de los temas propuestos para la charla-taller y las características del desarrollo de los mismos.

Tabla1: Porcentaje de alumnos para cada respuesta de la encuesta sobre las características de la charla-taller. Se encuentran resaltados los valores mayores.

Pregunta	Mucho	Algo	Poco	Nada	No Responde
¿Le pareció interesante el tema propuesto por la charla?	27.1	70.8	2.1	0.0	0.0
¿Tenía información o conocimientos previos de los temas tratados?	8.3	54.2	35.4	2.1	0.0
¿La charla le aportó nuevos conocimientos o ha generado inquietudes?	45.8	43.8	10.4	0.0	0.0
¿Cuán complicado le parecieron el lenguaje y la forma de presentación de las charlas?	6.3	22.9	27.1	43.8	0.0
¿Cuán acorde al nivel de la audiencia le resultó la charla?	50.0	39.6	6.3	0.0	4.2
¿Cuán extensa le resultó?	4.2	31.3	62.5	2.1	0.0
¿El material audiovisual hicieron las explicaciones más atractivas y claras?	62.5	37.5	0.0	0.0	0.0

Como resultado del análisis de las encuestas se puede observar que la elección de los temas tratados fue acertada para el público al cual iba dirigida la charla- taller, ya que el 70% de los encuestados respondió que estaban interesados y el 27% muy interesados en los temas elegidos. Pese a que muchos alumnos (54%) aseguraron tener conocimiento previo de los temas a tratar, el planteo de la temática, la comparación con la realidad que los alumnos viven cada día y con cuestiones que le son familiares de los medios de comunicación, hizo que las

charlas resultaran muy enriquecidas y se fomentara la participación con el planteo de nuevas inquietudes (45,8%). El 43,7% de los alumnos encuestados respondió que tanto el lenguaje utilizado como la forma de presentación de la charlas resulto aceptable. Por lo tanto, el empleo de un lenguaje sencillo, sin tecnicismos, con material audiovisual claro, atractivo y acorde a la edad del público resultó en un nivel de comprensión muy alto (50%) y alto (39,6%).

Por otro lado, en la Figura 1 se plantean los resultados asociados al intercambio con los expositores durante y después de la charla.

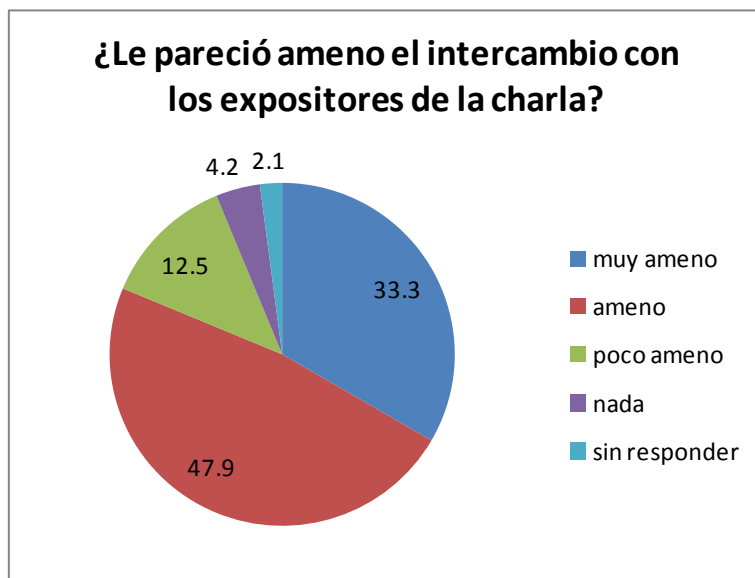


Figura 1: Respuesta porcentual de los alumnos a la pregunta sobre el intercambio con los expositores durante y después de la actividad.

La buena elección de los temas planteados, actualidad, lenguaje sencillo, material audiovisual claro, junto con el ambiente ameno generado durante las charlas favoreció que los alumnos se sintieran cómodos y seguros para intercambiar opiniones e impresiones con los docentes-investigadores, logrando así, acortar la brecha que históricamente se ha generado. El reflejo de estas cuestiones resultó en un intercambio muy agradable tanto para los docentes como para el público (33% muy ameno y 48% ameno), cumpliendo las expectativas de más del 60% de los alumnos asistentes a cada charla y de las cuales la única información previa que tenían era solo el título (Figura 2).

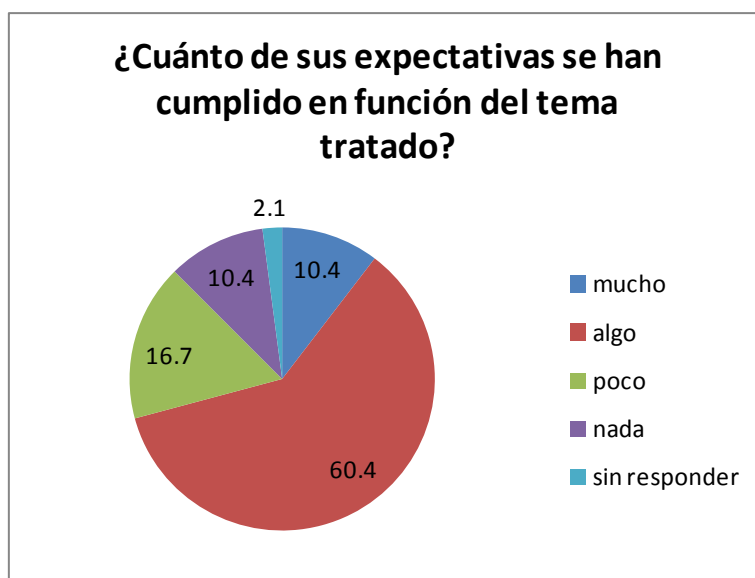


Figura 2: Respuesta porcentual de los alumnos a la pregunta sobre el cumplimiento de las expectativas sobre la actividad en función del título de la misma.

En la Figura 3 se muestra la respuesta porcentual de los alumnos sobre el trabajo en el aula de los temas tratados en la charla-taller.

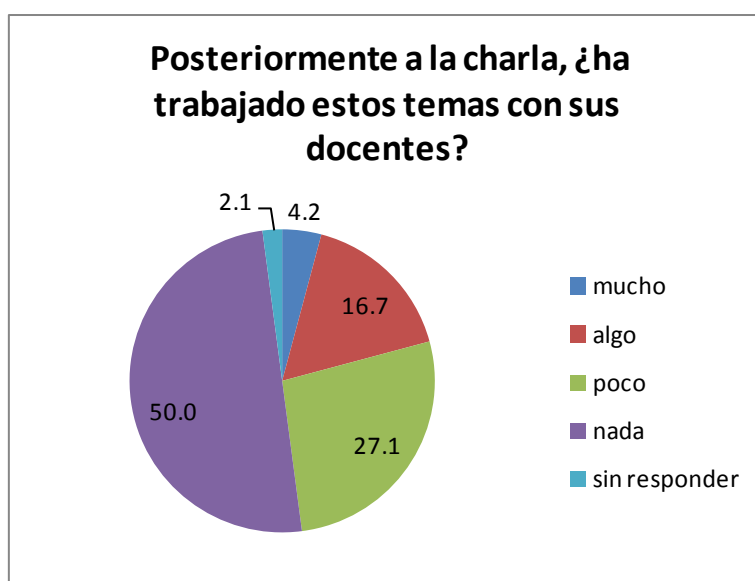


Figura 3: Respuesta porcentual de los alumnos a la pregunta sobre el trabajo en aula de los temas tratados en la charla- taller.

Es importante destacar que tan solo un 16,7% de los alumnos (Figura 3) respondieron que posteriormente a la charla- taller retomaron en clase algo de la información volcada durante la actividad. Por lo tanto, si bien el tema fue acordado con las autoridades de cada colegio, resultaría muy productivo articular con el nivel secundario este tipo de actividades de manera tal que pudiera aportar a los contenidos curriculares del año en cuestión. De este modo los temas podrían ser retomados en clase potenciando la motivación de los alumnos para el estudio de ciencias básicas y su aplicación como es la Ingeniería.

Por último en la Figura 4 se muestra la respuesta de los alumnos acerca del grado de motivación por conocer la Facultad de Ingeniería generado por la asistencia a la charla – taller.

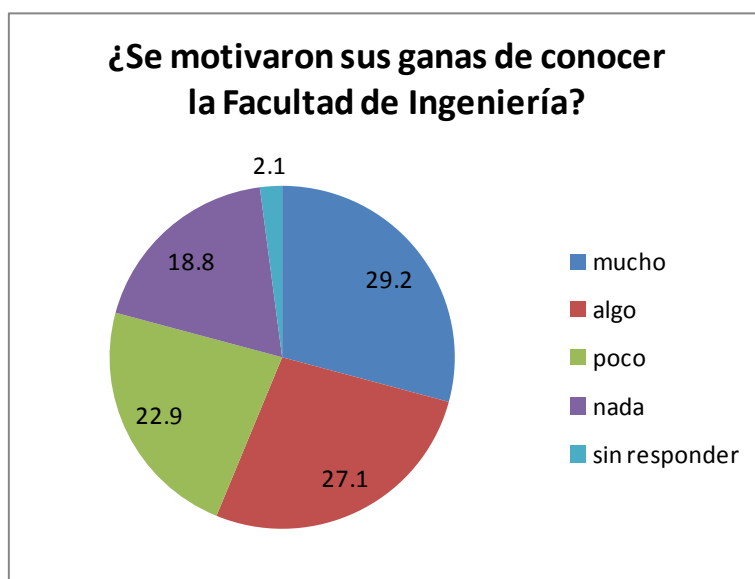


Figura 4: Respuesta porcentual de los alumnos a la pregunta sobre el grado de motivación, por conocer la Facultad de Ingeniería, generado por la actividad.

En este sentido y cumpliendo con el principal objetivo de la actividad de divulgación, se logró que el 29% de los alumnos se sintiera muy movilizado y el 27% movilizado para conocer la FIUBA, pues se generó curiosidad e interés, lo que quizás no hubiera surgido naturalmente.

4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se muestra la evaluación de un esfuerzo de acercamiento de los docentes-investigadores universitarios hacia las escuelas de educación media.

Se demostró la efectividad del uso de experiencias de la vida cotidiana en la motivación de los alumnos, dado que tanto la ciencia como la tecnología forman y representan temas de actualidad, además, el acercamiento de los científicos a los colegios secundarios resultó relevante.

Es de remarcar que también los docentes expositores se nutrieron por la obtención de un panorama más amplio de las diversidades, inquietudes, falencias y necesidades tanto de los alumnos como de las escuelas visitadas. Este conocimiento no solo es importante a la hora de planificar las materias de los primeros años de la Universidad, sino también para comprender las dificultades de los alumnos durante la cursada.

Es de particular interés plantear la necesidad de una mejora en la articulación de las actividades entre los distintos niveles educativos. Esta información puede utilizarse para diseñar nuevas estrategias de enseñanza.

5. Agradecimientos-

Se agradece la colaboración y recibimiento de las siguientes Instituciones: Instituto Regina Apostolorum, Instituto Cervantes e Instituto Almafuerde de Rafael Calzada, provincia de Buenos Aires. Agradecemos la colaboración del personal de las Oficinas de Protocolo y Ceremonial, Comunicación Institucional, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

6. Referencias

- [1] BUSTOS SÁNCHEZ, A. C., COLL S. (2010). Los entornos virtuales como espacios de enseñanza y aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, v.15, n.44, p. 163-184.
- [2] RINAUDO, M.C., CHIECHER, A., DONOLO, D. (2003). Motivación y uso de estrategias en estudiantes universitarios. Su evaluación a partir del Motivated Strategies Learning Questionnaire. *Anales de Psicología*, v.19, n.1, p.107-109.
- [3] STEINMANN, A., BOSCH, B., AIASSA, A. (2013). Motivación y expectativas de los estudiantes por aprender ciencias en la universidad. Un estudio exploratorio. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, v.18, n.57, p. 585-598.
- [4] GALAGOVSKY, L. (2005). La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? *Química Viva*, v.1, p. 8-22.
- [5] GRAU, J. (1995). *Tecnología y Educación*. Fundec: Buenos Aires, Argentina.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DIDÁCTICA, CREATIVIDAD E INGENIERÍA

**Olga Carabús, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa.,
olca@arnet.com.ar**

**Carlos H. Savio, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa.,
carloshsavio@tecno.unca.edu.ar**

Resumen Las universidades deben formar ingenieros en número, orientación y solidez científica y humana para emprender los programas estratégicos de hoy. Por ello se requiere de una adecuación curricular en la formación del ingeniero desde una didáctica de la creatividad, sistémica e integral. Esta Didáctica de la Creatividad es un sistema de objetivos (enunciados en términos de competencias), contenidos (orientados por tales competencias), metodologías, estrategias de enseñanza y evaluación y recursos didácticos, bajo la concepción de un aprendizaje que movilice el pensamiento y la creación. Sus fundamentos filosóficos, pedagógicos y conceptuales permiten idear el aprendizaje de la creatividad en las Ingenierías. En la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, desde el espacio curricular de Análisis Matemático I de las Ingenierías, se inicia a los alumnos en el aprendizaje de competencias creativas. Tales competencias se agrupan en: personales, autoconciencia y autocontrol, y sociales, conciencia social y habilidades sociales. En este trabajo se ilustra cómo a partir de las competencias creativas de los alumnos al inicio del ciclo lectivo, se busca su profundización con la inclusión de variadas estrategias para el aprendizaje de la creatividad. El aprendizaje de tales competencias es fundamental para la formación de un ingeniero que deberá dar un servicio más pertinente a las demandas del mundo de hoy.

Palabras clave- *competencias, creatividad, didáctica, personales, sociales.*

1. Introducción

En las Carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, desde el espacio curricular del Análisis Matemático I, se atiende el aprendizaje de la creatividad en la hipótesis de que el conocimiento de las competencias creativas es una herramienta útil para el ejercicio profesional de tales carreras. El estudiante debe acreditar el desarrollo de tales competencias para el fructífero y necesario desempeño en el campo laboral de las ingenierías, que están orientadas cada día más a lo social y humano. Ello conlleva a una adecuación curricular en “la formación del ingeniero desde una Didáctica de la Creatividad” [1].

Se asiste hoy a cambios en los paradigmas educativos. Se requiere de una pedagogía que anticipe la realidad y reconstruya sus principios a escenario futuro. En la sociedad digital todo sucede velozmente y los plazos se acortan: se deben tomar decisiones y actuar en consecuencia a estas demandas, es decir, cambiar pensamientos y hábitos. Esto hay que entenderlo, aceptarlo y enseñarlo.

Por ello es que la institución formadora de profesionales de la ingeniería debe primordialmente tratar de vencer el gran escollo que genera la cultura contemporánea, el

déficit en la formación del pensamiento y el desarrollo de actitudes. La capacidad de pensar, de organizar la información recibida, de buscar la racionalidad de los fenómenos, de anticipar las situaciones a futuro, y de crear las soluciones posibles, inventando caminos alternativos, son competencias ineludibles en la formación de los ingenieros.

Esto implica reconstruir el concepto de la práctica educativa universitaria: enseñar a anticipar, crear, elegir, decidir, en una actitud proactiva frente a lo nuevo, a lo no acostumbrado, en un ejercicio del pensamiento crítico y reflexivo.

Se propicia una formación universitaria orientada a la creatividad, esto es, hacia la capacitación creativa en las diversas especialidades y la graduación de los necesarios profesionales creativos que la sociedad de hoy requiere. Se intenta replantear la enseñanza-aprendizaje de las distintas asignaturas a través de una nueva didáctica.

2. Ingeniería y creatividad

En el ámbito de las carreras de ingeniería, uno de los tópicos que está hoy en discusión es el denominado “perfil del ingeniero para el siglo XXI”. Y allí se alude a una búsqueda de ciertos elementos cognoscitivos, valorativos, sociales, psicológicos y antropológicos. Ellos se estiman necesarios incluir en los planes de estudio de los alumnos de las Facultades de Ingeniería, para una posterior inserción exitosa y eficiente en el mundo profesional, en un universo laboral mundial, donde la tónica es la fuerte competencia, la globalización de los mercados, la instantaneidad de las comunicaciones y el surgimiento de una nueva organización social.

Así, la sociedad actual espera de los ingenieros, un doble rol. Por un lado, que contribuyan en las empresas a una gestión más exitosa para el dominio de los mercados, y por otro, frente a la naturaleza, tengan una mirada ecologicista, muy distinta a la simple visión positivista y pragmática, que se ha venido dando desde fines del siglo XIX. Los propios ingenieros destacan estos aspectos como parte del perfil deseado; pero además visualizan la necesidad del complemento de la sabiduría, de las buenas relaciones humanas, del criterio oportuno y de la dotación de una fuerte dosis de sensibilidad para con los otros hombres. Por ejemplo, en un Congreso de ingenieros organizado en Santiago de Chile, en 1993, se destaca el hecho de que el ingeniero civil debe ser altamente competente en lo técnico, pero además debe poseer capacidades para administrar recursos con acentuación por los problemas ambientales, con una gran sensibilidad social, con sabiduría para administrar el recurso humano y con visión de futuro.

Se sostiene por ello que el aprendizaje de las competencias creativas en la formación de los ingenieros facilitará su desempeño profesional en la sociedad actual, dinámica y cambiante.

3. La experiencia en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa.

En la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa., se ejecutan desde el año 2004, el Plan Didáctico Integral para la Formación de Ingenieros Creativos y el Programa Social y Humano para las Ingenierías. La información relevada desde estos proyectos en cuanto a la conveniencia de incorporar técnicas y estrategias creativas desde las Ciencias Básicas de las Ingenierías y de ejecutar prácticas sociales relativas al campo laboral a futuro de las ingenierías, ha llevado a la necesidad de plantear una adecuación curricular que se ocupe de la formación del ingeniero desde otra perspectiva didáctica.

Consecuentemente con este accionar se trabaja actualmente en el proyecto de investigación “La formación de ingenieros desde una Didáctica de la Creatividad” con el que se pretende llegar a dar los fundamentos filosóficos, pedagógicos y conceptuales de “una didáctica de la

creatividad, sistémica e integral, en la se pueda idear el aprendizaje de la creatividad en las Ingenierías” [2].

4. Relevamiento de las competencias creativas

En el marco del proyecto de investigación mencionado se realizó la autoevaluación de las competencias creativas de los alumnos como punto de partida para la posterior indagación. Para ello se ha construido un instrumento específico para relevar tales competencias creativas, a las que clasificamos en competencias creativas personales y competencias creativas sociales [3].

Las competencias creativas personales consideradas en nuestro estudio son el autocontrol y el autoconocimiento. Se incluyen entre ellas, también, a la capacidad cognitiva y automotivación, porque son las que viabilizan la gestión del proceso creativo. En el autocontrol, tomamos en cuenta, honradez, flexibilidad, innovación, búsqueda de información, tolerancia al estrés, eficiencia productiva, responsabilidad, calidad de decisiones. En el autoconocimiento, incluimos la conciencia emocional, la confianza en sí mismo, el poder de autoevaluación. En la capacidad cognitiva, el pensamiento crítico, la habilidad conceptual y la competencia lingüística. En la automotivación, consideramos a la orientación a objetivos, la iniciativa, el optimismo y el compromiso.

Las competencias creativas sociales tomadas en cuenta son la empatía y las habilidades sociales. En la empatía consideramos la preocupación y ocupación por el desarrollo de los demás, la comprensión de los otros y el aprovechamiento de la diversidad. Entre las habilidades sociales están la gestión de conflictos, la comunicación, el liderazgo, la colaboración e integración en el grupo y la construcción de relaciones.

Del relevamiento realizado en la totalidad de la población de alumnos del primer año de las carreras de ingeniería, al inicio del ciclo, se destaca un apreciable reconocimiento y ejercicio de las competencias creativas analizadas.

Prevalecen las competencias creativas personales como el autoconocimiento y el autocontrol y la competencia creativa social como la conciencia social, aunque ésta en menor grado, sobre las competencias creativas sociales que llamamos como habilidades sociales. Esto es, los estudiantes dicen tener la capacidad de reconocer sus emociones y las de sus compañeros de grupos, no obstante, tienen algunas dificultades de poder controlar las situaciones de estrés y ansiedad personales y más aún, los conflictos en los grupos.

Y esto es, lo que se debe orientar para el logro de la inteligencia emocional, que es un aspecto de la inteligencia social que conlleva la capacidad de controlar las emociones propias y ajenas, discriminándolas y así pudiendo guiar los pensamientos y sentimientos [4].

En cuanto a las habilidades sociales sabemos que son comportamientos aprendidos y no rasgos innatos, por lo que dependen de sus resultados para sostenerse en el tiempo y, pueden ser entrenados y desarrollados. Además permiten una interacción eficiente con el medio, logrando refuerzos, asegurando un respeto por los derechos personales y de los otros y alcanzando diversos objetivos.

5. Propuesta didáctica para el aprendizaje de competencias creativas

Las competencias creativas son requeridas actualmente en la formación de profesionales de la ingeniería en una sociedad del conocimiento. Por ello arbitramos una propuesta didáctica que conlleva los siguientes puntos:

- 1) la inclusión en el programa de la asignatura de una unidad específica referida al aprendizaje de competencias creativas a partir de los contenidos disciplinares del

Cálculo Diferencial e Integral, y que se considera un contenido transversal en el desarrollo curricular [5];

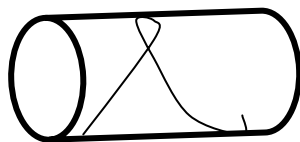
- 2) la realización de dos (2) talleres sobre creatividad en base a la ejercitación en problemas para aplicar estrategias de creatividad. Se da especial énfasis además a la modelización y simulación. [6]

5.1. Actividades para pensar y crear

En lo referente al punto 1) se realizan actividades, incluidas en las guías de trabajos prácticos, que requieren estrategias de la creatividad para su abordaje.

Algunas de ellas son:

- *Cómo convertir una recta en una senoide o ...cómo fabricar una senoide*
Toma una hoja de papel transparente y dibuja una de las diagonales. Ahora enrolla la hoja sobre sí misma formando un cilindro, pega los bordes extremos y colócalo en la mesa sobre un fondo blanco. La figura que ves sobre el fondo blanco, al mirar de frente lo que antes era una recta, es una senoide. ¿Por qué?

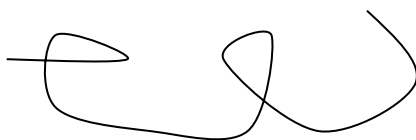


Piensa en cómo fabricarías otras curvas....

- *Dibuja con graficadora o con la ayuda de calculadora la gráfica de la función*
 $y = (e^x + e^{-x})/4$.

¿Una función como cualquiera? ¡No! Si tienes un cable y lo cuelgas de los extremos queda esta curva, llamada catenaria. ¿Dónde encuentras otras catenarias? El valor de la constante 4 varía en los distintos tipos de catenarias?

- *Piensa creativamente y di de qué manera lograrías mejorar a una calculadora para que sea aún más útil y eficiente? (Actividad creativa llamada “mejorando un producto”)*
- *Dibuja un garabato como éste:*



¿Sabes que hay una expresión matemática que puede representarlo? ¿Cómo se logra esta representación?...

De allí el poder de las matemáticas...piensa otros ejemplos que te prueben el poder de las matemáticas. Anota uno y justifícalo.

- *¿Para qué sirven las funciones? (Estrategia creativa: Análisis funcional)* Escribe algunos ejemplos del uso de funciones que se te ocurran...

- *Midiendo el tiempo*

Si $t=0$ corresponde al momento presente, entonces $t<0$ corresponde al pasado y $t>0$ al futuro. En múltiples problemas, es obvio que sólo estamos interesados en el futuro...Imagina algunos.... (Actividad creativa: *supuestos, causas y consecuencias*).

5.2. Talleres de creatividad

En lo relativo a los talleres de creatividad se realizan actividades para ejercitar las estrategias creativas a través de distintas técnicas. Las técnicas que se trabajan son: Brainstorming o tormenta de ideas, la técnica 4x4x4, los mapas mentales y los seis sombreros de BONO, entre otras.

En los talleres de creatividad también se da una apertura al ejercicio del pensamiento creativo a través de la *modelización* y la *simulación*.

La *modelización* como idealización de la realidad a través de una ley matemática y la *simulación* como herramienta para estudiar y anticipar el comportamiento de la realidad modelizada, son formidables estrategias para el aprendizaje creativo de un ingeniero. Las competencias creativas que se pretenden fortalecer se asientan en las capacidades y habilidades relevadas y son esenciales para descubrir y resolver problemas en diversas situaciones y contextos en el campo de la ingeniería en beneficio de una sociedad en constante cambio.

6. Hacia una Didáctica de la Creatividad

Esta “Didáctica de la Creatividad” nos dice de la Herran, A [7] es un sistema de objetivos (enunciados en términos de competencias), contenidos (orientados por tales competencias), metodologías, estrategias de enseñanza y evaluación y recursos didácticos, bajo la concepción de un aprendizaje que facilite y movilice el pensamiento y la creación. Esto es que el estudiante construya sus conocimientos a través del ejercicio del pensamiento lógico, matemático o vertical y del pensamiento lateral, divergente o creativo, estudiado por De Bono, E. [8]

Como en todo sistema, cada una de las partes o subsistemas, es estructural y funcionalmente dependiente de las otras partes que lo integran.

El objetivo general del proyecto de investigación en el que trabajamos es elaborar un modelo teórico de una didáctica sistémica e integral para la creatividad e innovación en la formación de ingenieros, sostenido en las hipótesis filosóficas, pedagógicas y conceptuales, recogidas de la experiencia docente en las carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa. Y con este objetivo iniciar el necesario tránsito hacia los nuevos paradigmas educativos en una sociedad del conocimiento y en la era digital a partir de las propias prácticas docentes.

Se han trazado metas para el logro de este objetivo.

Las metas que se toman en cuenta en el proyecto son:

- Evaluación de las competencias de los alumnos que ingresan a las Carreras de Ingeniería y contrastación con las competencias creativas e innovadoras requeridas para el ejercicio profesional a futuro.
- Reconversión del aprendizaje de los estudiantes universitarios a través del abordaje de competencias creativas, desde las disciplinas básicas y en la búsqueda de un ejercicio profesional proactivo que sepa aprovechar la potencialidad innovadora inherente de las Ingenierías.

- Formulación de las bases científicas y tecnológicas de un modelo teórico de una Didáctica de la Creatividad orientada al logro de las competencias creativas para las ingenierías.
- Formulación de orientaciones didácticas en una Didáctica de la Creatividad que hagan que el difícil oficio de los docentes universitarios no esté marcado por la rutina sino, que por el contrario, se apasione por los mejores logros de sus alumnos y por ende de la sociedad toda.

La hipótesis primera del proyecto que se está ejecutando es la siguiente: un modelo formativo y de aprendizaje propio de la sociedad de la información debe estar orientado al logro de competencias creativas y que se requiere combinar la adquisición de recursos cognitivos y la disponibilidad para movilizarlos en contextos reales.

8. Conclusiones

Se puede anotar como conclusión primera de este trabajo, que desde los distintos espacios curriculares de la formación de los ingenieros se puede y debe atender el aprendizaje de las competencias creativas. En la experiencia que se presenta, desde el Cálculo Diferencial e Integral, se atiende el fortalecimiento de las competencias creativas de los alumnos a partir de las relevadas en el inicio del ciclo. Y se recurre a diversas estrategias, todas planteadas desde una Didáctica de la Creatividad, que es necesario sostener.

Así se realizan actividades creativas relativas a la asignatura en los trabajos teóricos-prácticos y se desarrollan talleres de creatividad con la práctica de las estrategias de la creatividad. Y con la elaboración y aplicación de esta propuesta didáctica se logra por sobre todo dar significado y sentido a los contenidos matemáticos desarrollados. Sentido y significado que sostienen el aprendizaje de los conceptos y los consecuentes procedimientos y actitudes que se dan desde Cálculo Diferencial e Integral.

Esto es así, porque un modelo centrado en competencias creativas se basa en el aprendizaje de contenidos procedimentales y actitudinales, pero también, y de manera especial, informativos y conceptuales. Sin los últimos no es posible ser competente y abordar con eficacia y eficiencia situaciones reales. Un auténtico modelo formativo orientado al logro de competencias creativas en contextos universitarios debe ser un modelo denso en contenidos y a la vez un modelo que prepare al estudiante para manejarlos hábilmente y ágilmente en situaciones reales de su vida, primero como aprendiz y estudiante, y después como titulado en el mundo profesional o en el de la investigación, el estudio y la creación artística.

Para lograr el proceso creador hay que cumplir una serie de tareas tales como, propiciar procedimientos cognoscitivos que fundamenten y orienten axiológicamente la actividad humana y condicionar necesidades que lleven a la búsqueda de vías novedosas para la toma de decisiones, de manera que el individuo, al orientarse en su realidad, imagine, encuentre nuevas formas de acción y reflexiones autorreguladoras, integrando elementos reproductivos (aquellos que repitan acciones dirigidas a conservar y recrear todo lo positivo de la sociedad) con los productivos (que conducen a soluciones originales, a nuevas valoraciones de acuerdo con fines preestablecidos, a transformar, aunque sea a partir de elementos conocidos, empleándolos con nuevas funciones, nuevos nexos).

Por ello es que se considera que esta propuesta de formación implica diversas acciones de renovación y de innovación, que pueden contribuir a cambiar la cultura docente en la universidad y a reorientar su actividad formativa. Si bien se avanza en el sentido contrario a modelos, aún existentes en nuestras universidades, de formación enciclopédica aislada del entorno, del medio y de la comunidad que le es propia, se aboga por un modelo formativo rico en conocimientos y riguroso en la selección de éstos en función de su potencial estratégico

para la formación de ingenieros con responsabilidad social y sensibilidad humana que recurran a la creatividad e innovación en el ejercicio de su trabajos.

9. Referencias

- [1] CARABÚS, O.; SAVIO, C. (2013). Una didáctica para la formación de ingenieros creativos, *Producción Científica de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, IV, SECYT UNCa*. p 91-99.
- [2] CARABÚS, O.; SAVIO, C. (2014). La formación de ingenieros desde las competencias creativas. *Segundo Congreso Argentino de Ingeniería. CADI. CONFEDI*. Tucumán. p1-6
- [3] CARABÚS, O.; SAVIO, C; ARGÜELLO, M. y LOBO, P. (2016). El aprendizaje de la creatividad en la formación de ingenieros. *XI Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA*. Jujuy. 7p.
- [4] GARDNER, H. (1995) *Estructura de la Mente. Teoría de las Inteligencias Múltiples*. Fondo de Cultura Económica. México. 448 p.
- [5] MITJÁNS MARTÍNEZ A. (1995). *Creatividad, personalidad y educación*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 265p
- [6] DAVIS G.; SCOTT J. (Compiladores) (1975). *Estrategias para la creatividad*; Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), E.E.U.U. y Editorial Piados, Bs. As. 365 p.
- [7] DE LA HERRAN, A. (2007). *Didáctica de la Creatividad. Capítulo 8 de Didáctica General. Universidad Autónoma de Madrid*. 36 p.
- [8] DE BONO, E. (1989). *El pensamiento lateral*. Editorial Paidós. Argentina. 186 p.



III CADI
IX CAEDI
2016



ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

Sequeira, Alfredo Fabian 1, Centro de Investigación UTN – QUIMOBÍ (Química Orgánica - Biológica), Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional – IMIT (Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica) – CONICET,
alfreseq@gmail.com

Friedlmeier, Daniela Agustina 2, Centro de Investigación UTN – QUIMOBÍ (Química Orgánica - Biológica), Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional – IMIT (Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica) – CONICET,
dafriedlmeier@gmail.com

Miranda Garcia, Alfredo Antonio 3, Centro de Investigación UTN – QUIMOBÍ (Química Orgánica - Biológica), Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional – IMIT (Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica) – CONICET,
alfremiranda92@hotmail.com

Morales, Walter Gustavo 4, Centro de Investigación UTN – QUIMOBÍ (Química Orgánica - Biológica), Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional – IMIT (Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica) – CONICET,
wmorales1471@gmail.com

Chamorro, Ester 5, Centro de Investigación UTN – QUIMOBÍ (Química Orgánica - Biológica), Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional – IMIT (Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica) – CONICET, mandhy@hotmail.com

Resumen— En este trabajo se plantean exitosamente los pasos a seguir para la construcción de un modelo Químico-Computacional que permita interpretar las relaciones de las geometrías Atómicas y Moleculares en una Reacción Química sencilla y usual con fines didácticos. Se estudia el caso particular de la obtención de metilato de sodio a partir de hidróxido de sodio y metanol para lo cual se recurre al uso de los softwares Avogadro (de uso libre), GaussView y Gaussian. La obtención de metilato de sodio es una práctica usual que debe conducirse antes del desarrollo de la reacción de transesterificación de lípidos saponificables para la producción de biodiesel. Es posible concluir, a partir de los resultados obtenidos, que el uso de los mencionados softwares resulta relevante tanto como una herramienta académica apta para la enseñanza en la Ingeniería Química como una herramienta útil que será empleada en la vida laboral del Ingeniero Químico.

Palabras clave— *Modelado Computacional, Metilato de Sodio, Avogadro, Gaussian.*

1. Introducción

El premio Nobel de Química se otorga ya sea por el descubrimiento de algún fenómeno químico excepcional (necesariamente experimental) o por el desarrollo de una técnica que haya permitido el descubrimiento, la invención o la justificación de fenómenos químicos [1].

En el año 2013 los líderes de la Química Computacional, a nivel mundial, fueron galardonados con el Premio Nobel de Química. Esto confirma que la Química como Ciencia y por lo tanto como precursora de Desarrollos Tecnológicos cuenta con una nueva técnica general para su estudio y comprensión, la Química Computacional.

La Mecánica Molecular y la Mecánica Cuántica que son fundamentales en el desarrollo de la Química Computacional, permiten estudiar interesantes problemas químicos. Pero a estas herramientas les hacía falta tomar en cuenta la posibilidad de la formación y el rompimiento de enlaces químicos, es decir, les faltaba incluir la reacción química misma. Y es, en particular, la resolución de esta carencia fundamental lo que premió el comité Nobel. Los tres galardonados Michael Levitt, Arieh Warshel y Martin Karplus contribuyeron en la combinación de la Mecánica Cuántica y la Mecánica Molecular para tratar sistemas complejos destinados a describir reacciones químicas [1].

Puede decirse que este logro se debe a dos cosas que han permitido que la Química Computacional sea una nueva herramienta general de la Química. La primera tiene que ver con los importantes avances de hardware y software de las computadoras actuales, lo que ha generado un incremento de la capacidad de estas para el desarrollo de cálculos. La segunda es el vasto desarrollo de conocimientos y metodologías físico-químico-matemático-computacionales que han garantizado el éxito en la resolución de problemas químicos.

En este marco resultan muy relevantes los software de cálculos químico-computacionales entre los que se encuentran Avogadro, Gaussian y GaussView, con estas herramientas (y si bien es atrevida esta afirmación) es posible decir que eventualmente en el futuro la mayoría de los experimentos químicos se van a realizar en primer lugar en el silicio de los chips para pasar a ser desarrollados el material de vidrio de los laboratorios y de allí llevados a la escala industrial [2,3,4].

Ante esta realidad, resulta interesante presentar a los software de cálculos químico-computacionales Avogadro, Gaussian y GaussView como una herramienta académica apta para la enseñanza en la Ingeniería Química y como una herramienta útil que será empleada en la vida laboral del Ingeniero Químico.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales:

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron los software:

1. Avogadro.
2. GaussView.
3. Gaussian 09W.

2.2. Método.

2.2.1. Uso del software Avogadro.

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

Se desarrolló la construcción de las estructuras de hidróxido de sodio (NaOH), alcohol metílico (CH₃OH), metilato de sodio (CH₃ONa) y agua (H₂O) en el programa Avogadro. Luego de construídas, fueron optimizadas en el mismo programa utilizando el método UFF (“Universal Field Force”). A partir de cada una de las estructuras optimizadas se procedió a generar los archivos input para Gaussian.

A continuación se explican los pasos necesarios para concretar la construcción de la molécula de Metanol, utilizando el software Avogadro. Se procede de la siguiente manera:

Con el software Avogadro activo y mediante el uso de la herramienta “Build” (Construir), localizada en la barra de tareas en la parte superior de la ventana, se procede a seleccionar “Insert” (Insertar) y luego “Fragment” (Fragmento). Se desplegará una nueva ventana en la que aparecerán los diferentes fragmentos que contiene el software. Se selecciona la carpeta “alcohols” (alcoholes), y dentro de la misma “methanol.cml”. Finalmente se selecciona el botón “Insertfragment” (Insertar fragmento). Para concluir es necesario cerrar la ventana “Insertfragment” y se observará la aparición de la molécula de metanol en el área de trabajo del software, tal como se observa en la Figura 1. Recordar proceder a guardar el archivo con la extensión “.cml” como por ejemplo “metanol.cml”. Esta acción debe realizarse siempre que se proceda a construir una estructura molecular.

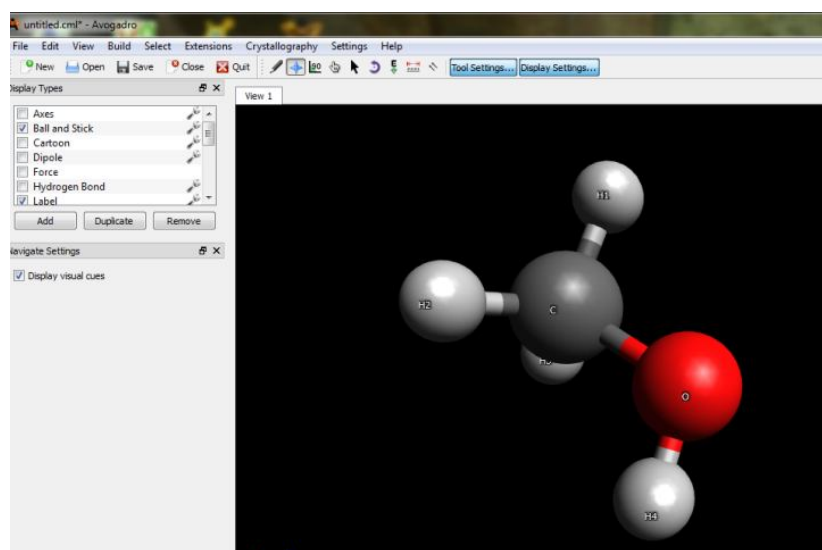


Figura 1. Metanol insertado.

Puede suceder que la estructura molecular aparezca rodeada de algún tipo de sombreado, generalmente celeste o azul, dependiendo de la configuración que se ha adoptado al instalar el Software Avogadro, este sombreado significa que se ha seleccionado toda la estructura. Para eliminar la mencionada selección se procede a ir al acceso “Edit”(Editar) y allí se escoge “SelectNone”(Seleccionar nada) o bien se presiona la combinación de teclas Ctrl+May+A.

Para generar la molécula de metilato de sodio se procede de manera similar que para construir el metanol. Con la molécula de metanol ya inserta en el área de trabajo, se reemplaza el átomo hidrógeno unido al oxígeno por un átomo de sodio, esto se consigue seleccionando “DrawTool” (icono con imagen de un lápiz), luego a partir del desplegable denominado “Element” (Elemento) en la pestaña localizada en la zona izquierda media de la pantalla se procede a seleccionar “Other” (otro). Esto despliega la ventana “PeriodicTable” (Tabla Periódica), tal como se observa en la Figura 2. Allí se selecciona el átomo de sodio y haciendo un click sobre el átomo de hidrógeno unido al oxígeno se

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

produce el reemplazo. La molécula de metilato de sodio construida se observa en la Figura 3.

Periodic Table

H																	He
Li	Be									B	C	N	O	F	Ne		
Na	Mg									Al	Si	P	S	Cl	Ar		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

11Na

22,990

Sodium

Figura 2. Elemento Na (Sodio) seleccionado en la ventana “PeriodicTable”.

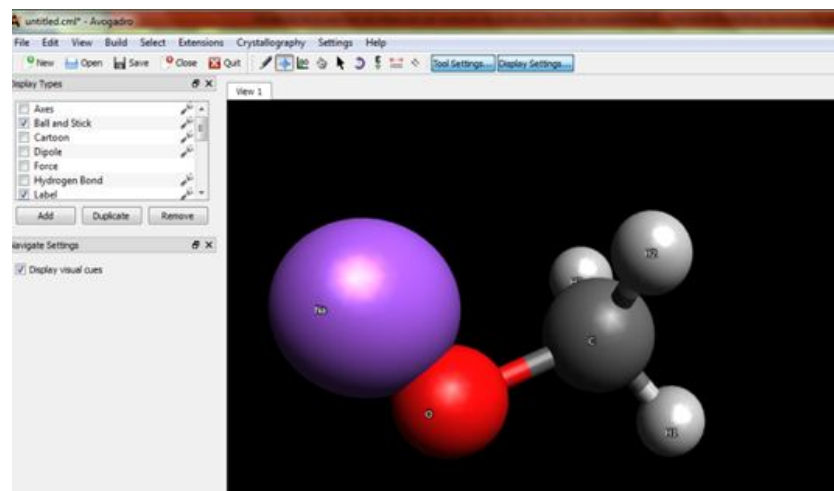


Figura 3. Molécula de metilato de sodio construida a partir del metanol.

Para construir la molécula de agua, dado que la misma no se encuentra entre los fragmentos con los que cuenta el software, debe procederse a seleccionar la herramienta “DrawTool”, y en el desplegable “Element”, se escoge al átomo “Oxygen” (Oxígeno) a partir de la ventana “PeriodicTable”. Haciendo click en el área de trabajo se insertará de forma automática la molécula de agua. Se debe corroborar que siempre se encuentre seleccionada la casilla “AdjustHydrogens” (Ajustar Hidrógenos). En la Figura 4 se puede observar la molécula de agua ya construida al mismo tiempo que se observa a la izquierda de la imagen el desplegable “Element” y la casilla seleccionada “AdjustHydrogens”.

A partir de la molécula de agua resulta posible construir la molécula de hidróxido de sodio. Para ello se procede a colocar la molécula de agua en el área de trabajo y siguiendo los pasos descritos anteriormente para la construcción del metilato de sodio se reemplaza el átomo hidrógeno unido al oxígeno por un átomo de sodio, seleccionando “DrawTool”, luego a partir del desplegable “Element” se procede a seleccionar “Other”. En la ventana “PeriodicTable” se selecciona el elemento Sodio (Na) y haciendo un click sobre el átomo

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

de hidrógeno unido al oxígeno se produce el reemplazo. La molécula de hidróxido de sodio construida puede observarse en la Figura 5.

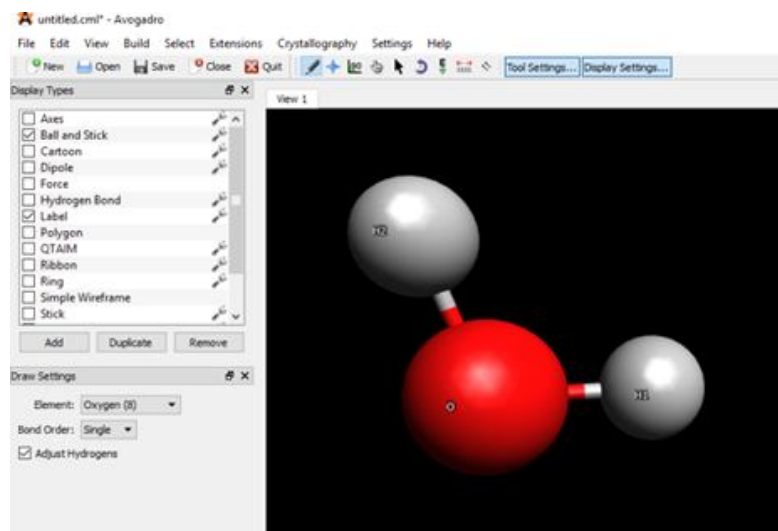


Figura 4. Molécula de agua construida.

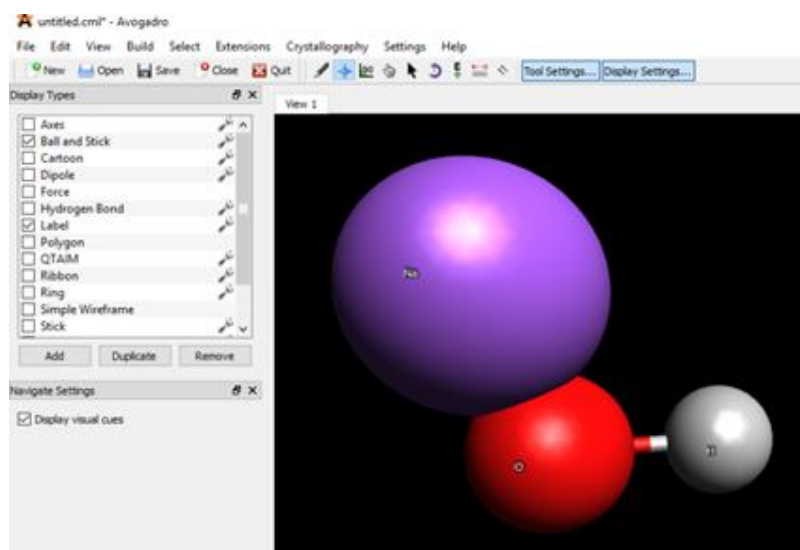


Figura 5. Molécula de hidróxido de sodio construida.

Contando con las cuatro estructuras moleculares guardadas en sus correspondientes archivos, se hace necesario optimizarlas en el software Avogadro como paso anterior a generar la entrada para Gaussian. Para optimizar las estructuras se procede a abrir el archivo de la molécula, se selecciona la herramienta “Auto Optimization” (Optimización Automática) a la que se accede mediante la imagen de la letra E con una flecha verde hacia abajo, tal como puede observarse en la Figura 6.

Una vez seleccionada la herramienta “Auto Optimization” se despliega la barra de acciones ubicada a la izquierda de la pantalla, se selecciona allí, dentro del desplegable “Force Field” (Campo de fuerza) el método UFF (Universal Force Field). Para iniciar el cálculo es necesario hacer click en el botón “Start” (Inicio).

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

Lo descrito puede ser observado en la Figura 6 en la cual se han resaltado tanto la herramienta “Auto Optimization” como el desplegable “Force Field” y el botón “Start”. Una vez iniciado el cálculo se visualiza en la esquina superior izquierda del área de trabajo la leyenda “AutoOpt” con los valores de Energía expresada en kJ/mol y entre paréntesis el Delta del Energía denominado “dE” que va disminuyendo. Al finalizar, sobre la esquina superior izquierda del área de trabajo, aparecerá el valor de energía potencial correspondiente a la estructura optimizada por el software.

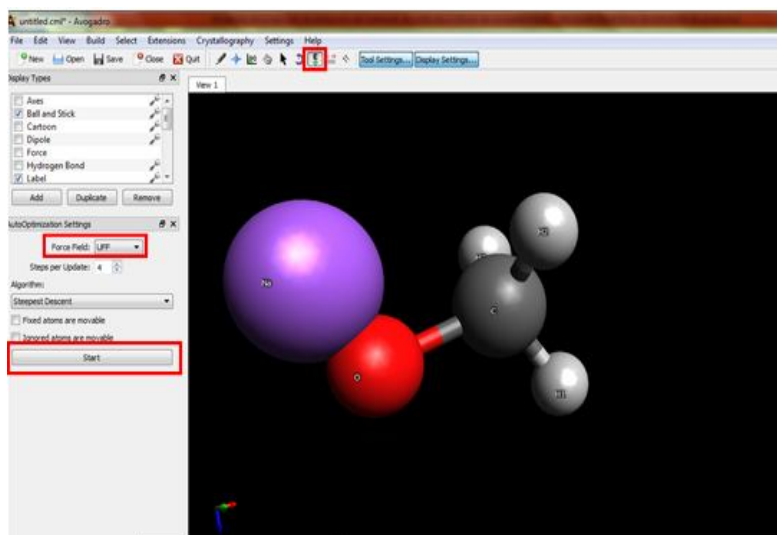


Figura 6. Se remarcan las herramientas que utilizamos.

Una vez optimizadas las estructuras utilizando el software Avogadro es necesario generar los archivos de entrada denominados input para Gaussian a fin de desarrollar cálculos químicos computacionales relevantes, con los que pueden encontrarse valores energéticos y geométricos intramoleculares e intermoleculares.

A fin de generar el archivo input para Gaussian, debe abrirse el archivo de la estructura molecular optimizada en Avogadro y para ello se selecciona en la barra de tareas del software “Extensions” (Extensiones) y luego “Gaussian...” lo que dará lugar a una ventana emergente con el título “Gaussian Input” (Entrada Gaussiana). Se puede editar en esta ventana el tipo de cálculo, número de procesadores o núcleos a intervenir, teoría y base en las cuales se basará el cálculo en Gaussian, tal como se observa en la Figura 7. Todos estos parámetros dependen de las características del Gaussian a disposición del operador. Una vez seleccionados los parámetros mencionados, se finaliza el proceso haciendo click en el botón “Generate” (Generar) en la parte inferior derecha de la ventana “Gaussian Input” y el archivo se genera en la carpeta destino del equipo.

Corresponde mencionar que en la Figura 7 puede observarse resaltada la denominada Matriz Z de la estructura molecular expresada en ejes cartesianos. La lectura, interpretación y construcción de una Matriz Z es un tema en sí mismo, y como tal debe abordarse por separado.

El nuevo archivo generado con Avogadro, como input para Gaussian, contiene la extensión “.com” por ejemplo “metanol.com” y con él se procede a continuar el cálculo de la estructura utilizando el software Gaussian. Este cambio de software a Gaussian responde a la necesidad de contar con datos más precisos dado que los alcances para el desarrollo de los cálculos computacionales que pueden realizarse con Avogadro. Estos resultan limitados debido a las características de las bases de cálculo con las que cuenta el software por

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

defecto. Sin embargo la construcción de estructuras moleculares y la optimización geométrica inicial resulta ser más fácil y rápida en Avogadro si se lo compara con el Gaussian o el GaussView.

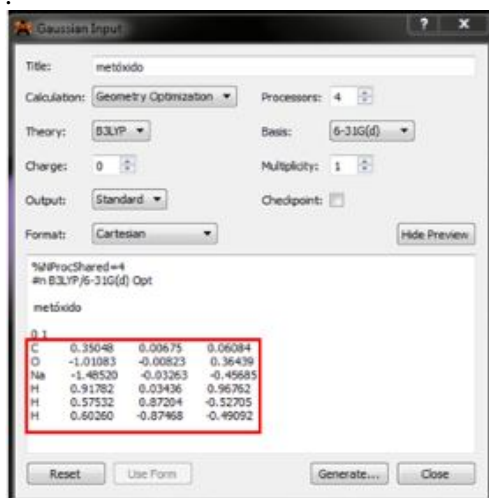


Figura 7. Ejemplo de la determinación de los parámetros del futuro archivo de Gaussian.

Por otro lado el software Avogadro no permite desarrollar cálculos de aproximación entre estructuras computacionales ni el intercambio de especies químicas, lo cual sí puede desarrollarse y visualizarse, adecuadamente, con los paquetes de software Gaussian y GaussView.

2.2.2. Uso del software GaussView.

2.2.2.1. Estructuras moleculares individuales.

El software GaussView, es la potente interfaz gráfica desarrollada para el software de cálculo Gaussian por su casa matriz y cuenta con la posibilidad de leer correctamente los archivos “.com” generados en Avogadro. Con el software GaussView activo, se procede a abrir un archivo “.com” seleccionando de la barra de tareas “File”, luego “Open”, a continuación se localiza la estructura molecular y se hace click en el archivo “.com”, entonces se abrirá una ventana con la molécula como se observa en la Figura 8.

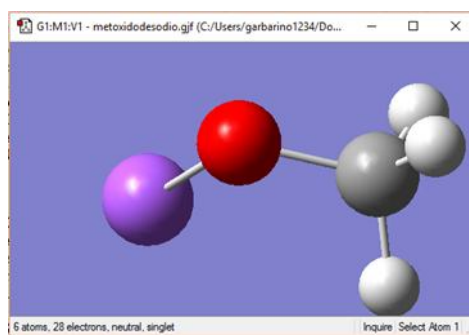


Figura 8. Archivo de metilato de sodio abierto.

Para poder desarrollar adecuadamente un cálculo con el software Gaussian, lo más conveniente es contar con un archivo input de extensión “.gjf” (gaussianjob file), por lo tanto es necesario volver a guardar el archivo activo, pero con la extensión “.gjf”, para ello se selecciona de la barra de tareas “File”, luego “Save” y aparecerá una ventana que nos permitirá escoger el destino del archivo “.gjf” y guardarlo. Este nuevo archivo de extensión

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

“.gjf” puede abrirse seleccionando “File”, luego “Open” y finalmente haciendo click en el archivo de la carpeta contenedora correspondiente.

A fin de establecer las condiciones de cálculo y contando con el archivo de extensión “.gjf” correspondiente se procede a seleccionar la opción “Calculate” de la barra de tareas, luego “GaussianCalculationSetup” y finalmente se abrirá una ventana (Figura 9) mediante la cual se establecerán las características y condiciones en las que el software Gaussian desarrollará el cálculo. Para los cálculos del presente trabajo se procedió a seleccionar en la pestaña “Job Type” la opción “Optimization” a fin de generar un cálculo de optimización geométrica que se aplicó individualmente a cada una de las estructuras generadas con el software Avogadro (metanol, hidróxido de sodio, metilato de sodio y agua).

En la Figura 9 es posible observar las opciones de la pestaña “Job Type” que se utilizaron para el desarrollo de este trabajo.

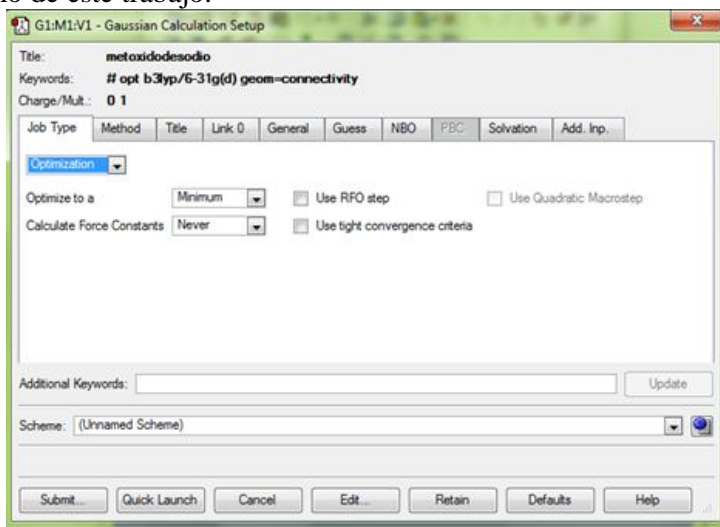


Figura 9. Ventana de la opción GaussianCalculationSetup.

Continuando con las Opciones de Cálculo para Gaussian (“GaussianCalculationSetup”) se procede a seleccionar la pestaña “Method” en la misma ventana y allí se verifica que las opciones se encuentren configuradas como se detalla a continuación: en la primer línea bajo el nombre “Method”: “GroundState”, “DFT”, “Default Spin”, “B3LYP”, en la segunda fila, la opción “Basis Set”: “6-31G” (d) y finalmente, en la tercer fila controlamos “Charge”: 0 “Spin”: “Singlet”. Luego se selecciona la pestaña “Title”, en el cuadro “Job Title” se detalla el título que tendrá el archivo, por ejemplo “metilato de sodio, cálculo de optimización geométrica”, este punto no es relevante para el cálculo, pero si para el operador, que aquí puede explicar el tipo de cálculo que se encuentra realizando.

En la pestaña “Link 0”, se deben verificar las siguientes opciones desplegables: MemoryLimit: “Default”, Chkpoint File: “Don’t save”, Read-write File: “Don’t save”, Linda Workers: “Don’t use”, SharedProcessors: “Specify”, “4” aquí se introduce el número de procesadores con los que se desarrollará el cálculo, finalmente el ítem “Full Path” debe estar seleccionado para asegurar el destino del archivo Scracht. En la pestaña “General” solo se debe seleccionar la opción “WriteConnectivity” y “Use ModifiedRedundantCoordinates”, las demás opciones permanecerán deseleccionadas. El resto de las pestañas “Guess”, “NBO”, “Solvation” y “AddInp.” no se modifican a efectos de realizar los cálculos del presente trabajo.

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

Una vez finalizada la configuración en todas las pestañas de la ventana “GaussianCalculationSetup”, se deben guardar el archivo input (.gjf) seleccionando el botón “Submit”, “Save” y aquí se presentan dos opciones la primera consiste en guardar un archivo nuevo o bien sobrescribir en un archivo ya existente, esta elección dependerá del operador. Para dar continuidad a los cálculos requeridos deben seguirse las acciones descritas dentro de este trabajo en el punto “2.2.3. Uso del software Gaussian”.

2.2.2.2. Simulación de Reacción.

A partir de las geometrías optimizadas, con el software Gaussian se procedió a realizar pasos a paso la simulación de la reacción, partiendo de los reactivos (metanol e hidróxido de sodio) hasta llegar a los productos (metilato de sodio y agua).

A fin de concretar la simulación de la reacción se seleccionaron las distancias a las que se consideró como fundamentales y que pueden ser observadas en la Figura 10:

- Distancia D1, entre el O del hidróxido de sodio (NaOH) y el O del metanol (CH_3OH), fija permanentemente en 3 Å, en todos los pasos, debido que es aproximadamente el doble de la distancia del enlace entre los átomos de O en la molécula de oxígeno diatómico (O_2).
- Distancia D2, correspondiente a la separación entre el H del metanol y el O del hidróxido de sodio, dado que el átomo de H se desplaza a lo largo de la reacción para dar lugar a un nuevo enlace con el O de la molécula de agua, producto de reacción. Esta distancia tendrá un valor variable a lo largo de la simulación de la reacción.
- Distancia D3, correspondiente a la separación entre el Na del hidróxido de sodio y el O del metanol, dado que el átomo de Na se desplaza a lo largo de la reacción para dar lugar a un nuevo enlace con el O de la molécula de metilato de sodio, producto de reacción. Esta distancia tendrá un valor variable a lo largo de la simulación de la reacción.

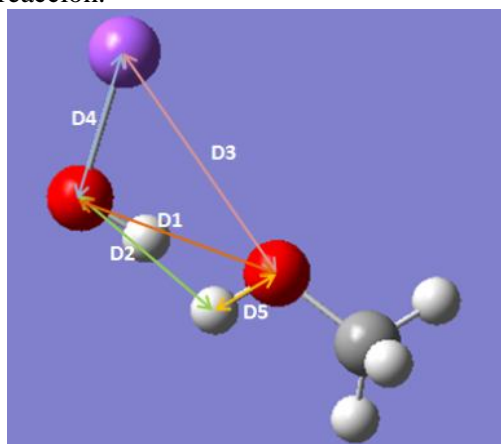


Figura 10. Se observa las moléculas de metanol y de hidróxido de sodio entre las cuales se destacan las distancias de interés para el análisis.

En la Figura 10 es posible observar además la distancia D4 que corresponde al enlace entre el O y el Na del hidróxido de sodio que desaparecerá a medida que transcurra la reacción y la distancia D5 que corresponde al enlace entre el O y el H del metanol que también desaparecerá a medida que transcurra la reacción.

Habiendo seleccionado las distancias de interés se definen los incrementos, $\Delta 1$ y $\Delta 2$ de la siguiente manera:

**ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE
METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS**

- $\Delta 1$, corresponde a la distancia entre el valor inicial de D2 de 2,85781 Å (para D1=3 Å) y al valor de D2 al finalizar la reacción es decir la distancia en el agua optimizada que resulta ser de 0,96954 Å y que se expresa finalmente como:

$$\Delta 1 = 2,85781\text{Å} - 0,96954\text{Å} = 0,18883\text{Å} \quad (1)$$

- $\Delta 2$, corresponde a la distancia entre el valor inicial de D3 de 3,42373 Å (para D1=3 Å) y al valor de D3 al finalizar la reacción es decir la distancia en el metilato optimizado que resulta ser de 2,00946 Å y que se expresa finalmente como:

$$\Delta 2 = 3,42373\text{Å} - 2,00946\text{Å} = 0,14143\text{Å} \quad (2)$$

Contando con los valores de las distancias y los incrementos, se decide que la simulación de la reacción se construirá en cuatro pasos sucesivos desde los reactivos hasta los productos, lo que hace necesario realizar cinco Corridas de cálculos para la optimización geométrica y el cálculo de frecuencia con lo cual se procede a confeccionar la Tabla 1 con los valores que tomarán D1, D2 y D3 en cada una de las Corridas.

Tabla 1. Distancias en Å para construir los archivos “.gjf”.

Corrida	D1	D2	D3
1	3,00000	2,85781	3,42373
2	3,00000	2,48016	3,14088
3	3,00000	1,91368	2,71660
4	3,00000	1,34719	2,29231
5	3,00000	0,96870	1,93109

Con los valores de la Tabla 1 se construyeron en GaussView las estructuras para la simulación de la reacción desde los reactivos hasta los productos para cada uno de las Corridas de Opt+Freq (optimización geométrica y cálculo de frecuencia) y se generaron los archivos con extensión “.gjf” correspondientes.

Para la construcción de los archivos con extensión “.gjf” se procede a abrir el software GaussView, se hace click sobre el botón “File”, luego “Open”, en la ventana emergente “Open Files”, se seleccionan por separado los archivos de cálculo optimizado “.out” o “.log” de los reactivos hidróxido de sodio y del metanol ya optimizados y finalmente se presiona “Abrir” y aparecerán en pantalla, por separado, las dos moléculas optimizadas.

El siguiente paso consiste en hacer click con el botón derecho del mouse sobre el fondo del área de trabajo de cualquiera de las dos moléculas optimizadas, se desplegará una lista de opciones de las cuales se escoge la opción “Edit” y luego “Copy”, ahora en el Portapapeles “Clipboard” del software GaussView se encontrará almacenada la estructura optimizada.

Se procede ahora a colocar ambas estructuras optimizadas en la misma área de trabajo, para lo que se hace click con el botón derecho del mouse sobre el área de trabajo de la estructura que no ha sido copiada, se desplegará un menú de opciones se seleccionará “Edit”, luego “Paste” y finalmente “AppendMolecule”. Una vez finalizados los pasos explicados, será posible observar en el área de trabajo ambas estructuras para el caso de la Corrida 1 serán la molécula optimizada de metanol y la molécula de hidróxido de sodio optimizada. Estas estructuras deben manipularse con sumo cuidado ya que se encuentran optimizadas

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

geométricamente. Inmediatamente se procede a guardar este archivo con una extensión “.gjf”.

Deben establecerse las distancias para cada una de las Corridas, recordar que las corridas se hacen de manera sucesiva a partir de los resultados de la Corrida anterior. Contando con el archivo “.gjf” que contiene ambas moléculas en la misma ventana, se selecciona en GaussView la herramienta “Modify Bond”, que se encuentra resaltada en la Figura 11.

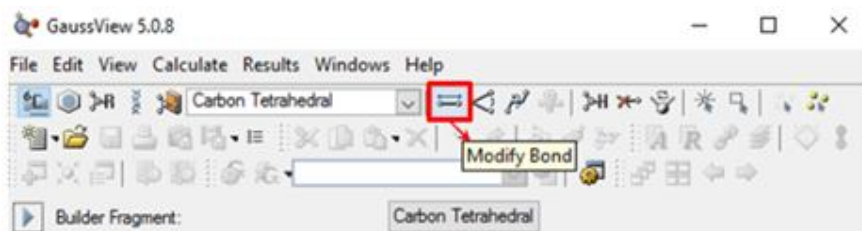


Figura 11. Ventana donde se ajusta el valor de D1 entre los átomos.

Utilizando la herramienta “Modify Bond”, se seleccionan los átomos de Oxígeno de ambas estructuras, luego emergerá la ventana “Bond SemichemSmartSlide (tm)”, allí se procede a fijar la distancia D1 entre los átomos de oxígeno en 3 Å, tal como se observa el Figura 12, recordar que es necesario mantener seleccionado en el apartado “Displacement”, “Atom 1” “Traslategroup”, “Atom 2” “Traslategroup” lo que asegura que las estructuras mantengan la optimización geométrica calculada, finalmente se selecciona “OK”.

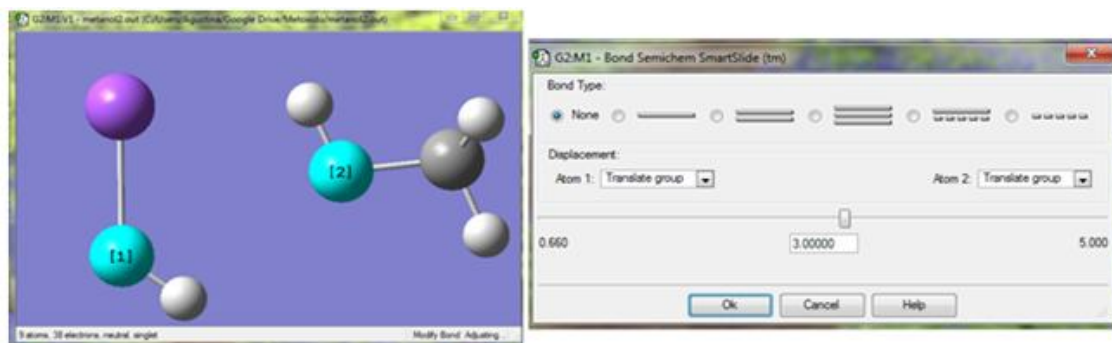


Figura 12. Ventana donde se ajusta el valor de D1 entre los átomos.

Siguiendo los pasos descritos se procede de manera similar y atendiendo a los mismos detalles para fijar los valores de las distancias D2 y D3, cuyos valores se encuentran en la Tabla N°1 para cada una de las Corridas correspondientes.

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

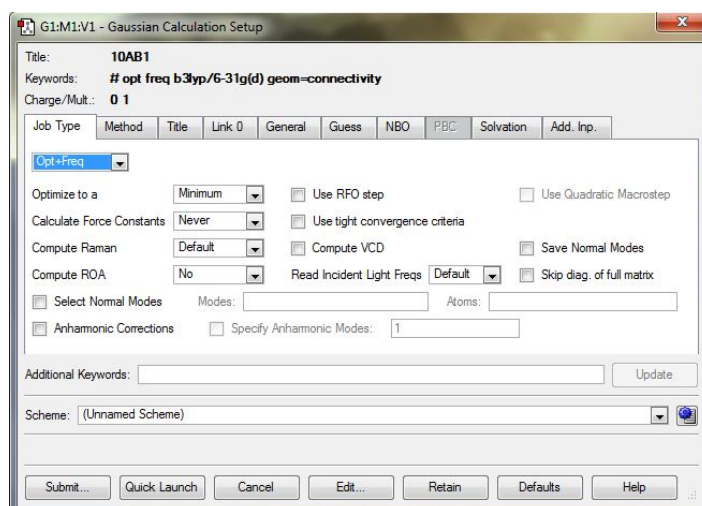


Figura 13. Configuración para el cálculo de “Opt+Freq”.

Una vez establecidas las distancias D1, D2 y D3 se procede a guardar el archivo input de extensión “.gjf”. Dado que es necesario realizar el cálculo de Opt+Freq (optimización geométrica y cálculo de frecuencia) con el Software Gaussian, se selecciona en la barra de tareas de GaussView, “Calculate”, luego “GaussianCalculationsSetup”, luego emergerá la ventana correspondiente y en “Job Type” se verifica que se encuentre seleccionada “Opt+Freq” y que las demás opciones se correspondan con las que se observan en la Figura 13, en la pestaña “Method” se verifican en la primer línea las selecciones “Method”: “GroundState”, “DFT”, “Default Spin” y “B3LYP”, en la segunda fila, la opción “Basis Set”: “6-31G” “(d.)” y finalmente, “Charge:” “0” “Spin:” “Singlet”, en la pestaña Link 0 se debe seleccionar “Full Path”.

Para finalizar es necesario guardar el archivo input de extensión “.gjf” seleccionando “File”, luego “Save”. Para dar continuidad a los cálculos requeridos deben seguirse las acciones descritas dentro de este trabajo en el punto “2.2.3. Uso del software Gaussian”.

2.2.3. Uso del software Gaussian.

El software Gaussian es un potente software destinado al cálculo Químico Computacional, en el que se desarrollan los cálculos de las diferentes Corridas que han sido generadas, para ello una vez finalizada la configuración en todas las pestañas de la ventana “GaussianCalculationSetup” del GaussView y guardados los cambios en forma de archivo input (.gjf), se hace click en el botón “Submit...” en la esquina inferior izquierda de la ventana, se desplegará la ventana “Run Gaussian”, y aquí se selecciona el botón “OK”. De esta manera se inicia el cálculo correspondiente, en la Figura 13 puede observarse un cálculo en el software Gaussian 09W, el cual no debe ser interrumpido hasta concluir.

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

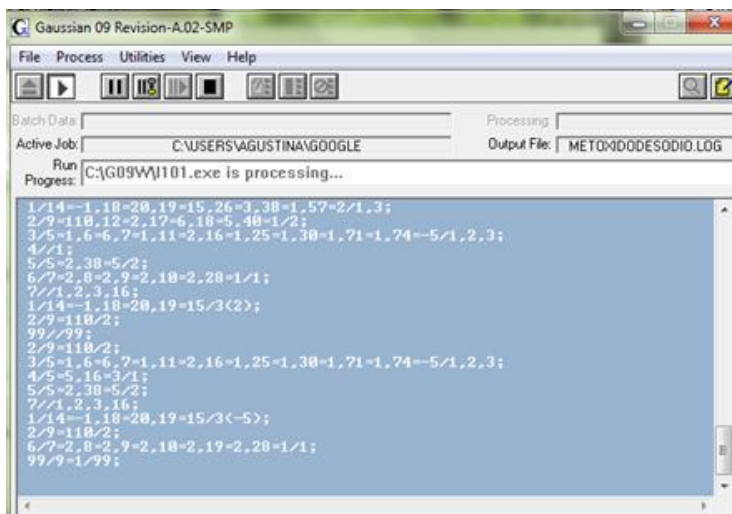


Figura 13. Software Gaussian 09W llevando a cabo el cálculo de Optimización.

Una vez concluido el cálculo, el software Gaussian generará una ventana emergente mediante la cual se presenta la opción de guardar el archivo output de extensión “.log” o “.out” (dependiendo de la versión de Gaussian instalada y las selecciones que el operador haya realizado) se selecciona “Sí”. A continuación se abrirá la ventana “Gaussian Job Completed” y el software permitirá acceder a los resultados para visualizarlos. Esto concluye el cálculo en Gaussian y es recomendable la apertura de los archivos output mediante el GaussView.

3. Resultados y Discusión

Recordando, de la Figura 10, las distancias D1 a D5 y observando la evolución de sus valores en la Tabla 2, el análisis de los resultados es algo complejo.

Sin embargo es interesante observar que el valor de D3 en la Corrida 5 coincide exactamente con el valor de D4 en la Corrida 1, esto se debe a que el valor de D4 en la Corrida 1 es la distancia entre el átomo de sodio y el de oxígeno en el hidróxido de sodio (uno de los reactivos) y que el valor de D3 en la Corrida 5 es la distancia entre el átomo de sodio y el de oxígeno en el metilato de sodio (uno de los productos), es decir que los valores exactamente coincidentes corresponden a distancias entre átomos iguales pero en estructuras moleculares diferentes y han sido obtenidos mediante un cálculo de “Opt+Freq”.

Similar observación a la anterior puede hacerse para el valor de D2 en la Corrida 5 y de D5 en la Corrida 1, pero en este caso los valores corresponden a la distancia entre un átomo de hidrogeno y uno de oxígeno en diferentes estructuras moleculares una de reactivo y otra de producto.

Tabla 2. Valores de distancia en Å de los archivos output.

Corrida	D1	D2	D3	D4	D5
1	3,00000	2,85781	3,42373	2,00946	0,96944
2	3,00000	2,48016	3,14088	1,99554	0,97085
3	3,00000	1,91368	2,71660	2,05661	1,10534
4	2,99999	1,34719	2,29231	2,26032	1,71800
5	3,00000	0,96954	2,00946	2,34649	2,19780

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

Al observar la Figura 14 a la Figura 18, que corresponden a la Corrida 1 hasta la Corrida 5, puede verse cómo se desplazan por un lado el átomo de sodio desde el hidróxido de sodio (reactivo) hasta el metilato de sodio (producto) y por otro lado como se desplaza el átomo de hidrógeno desde el metanol (reactivo) hasta el agua (producto).

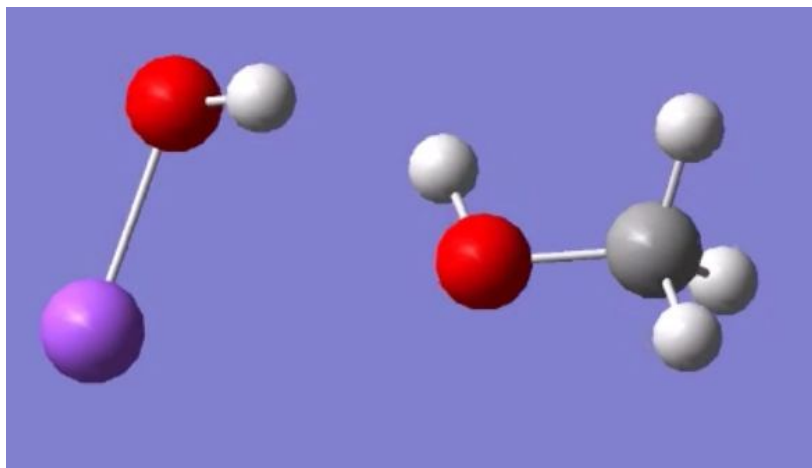


Figura 14. Corrida 1.

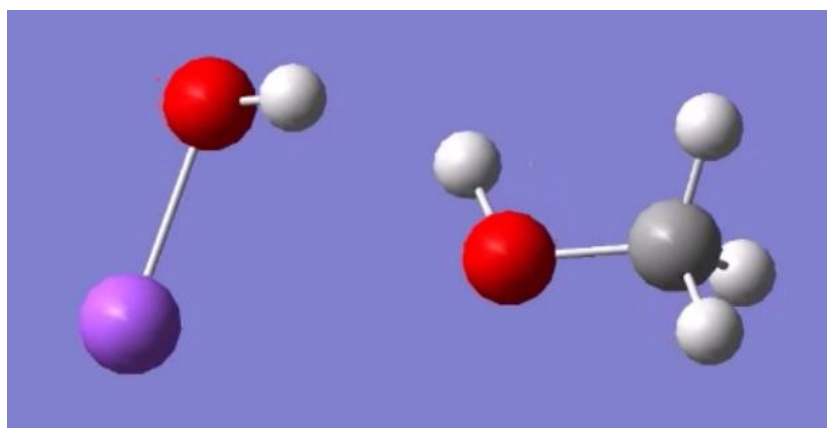


Figura 15. Corrida 2.

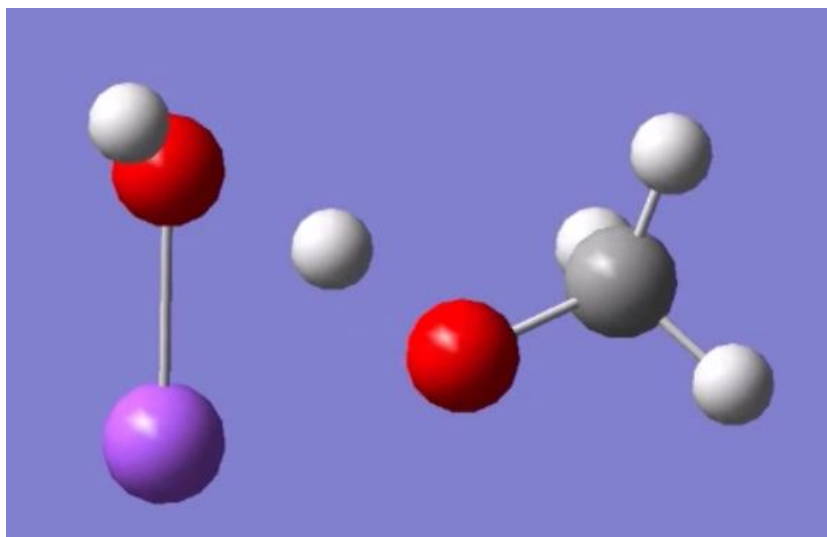


Figura 16. Corrida 3.

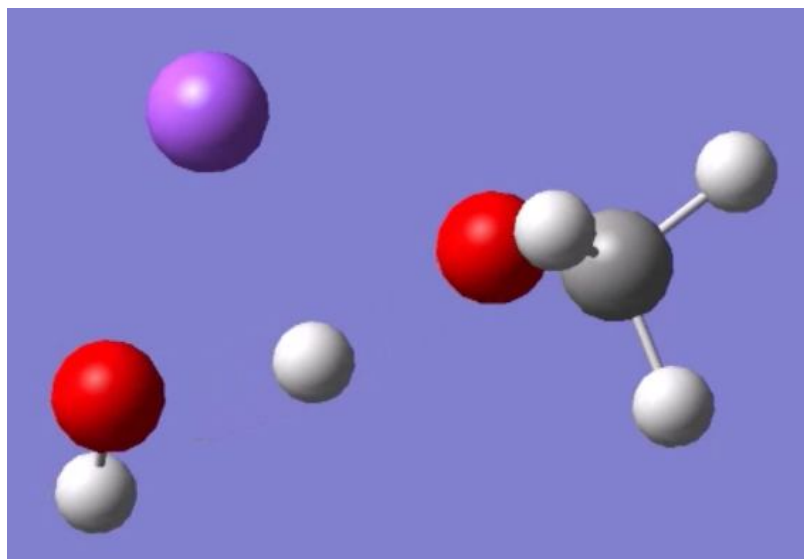


Figura 17. Corrida 4.

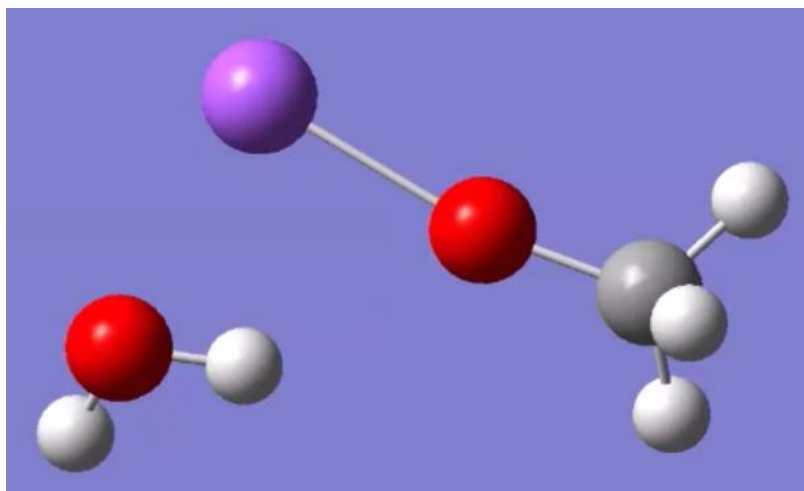


Figura 18. Corrida 5.

Observando detenidamente la Figura 17 que corresponde a la Corrida 4 puede verse como tanto el átomo de sodio como el átomo de hidrógeno se encuentran sin enlace a alguna de las estructuras moleculares presentes y en la Tabla 2 como el valor de D3 que se ha fijado en 3 Å disminuye levemente para la Corrida 4.

4. Conclusiones y recomendaciones

Si bien el presente trabajo solo se limita a analizar e interpretar una limitada cantidad de relaciones de las geometrías Atómicas y Moleculares en una Reacción Química sencilla y no se ahonda en cuestiones energéticas (las que resultan muy relevantes) al igual que otras cuestiones geométricas, es posible concluir, a partir de los resultados obtenidos, que el uso de los softwares Avogadro, GaussView y Gaussian resulta relevante tanto como una herramienta académica apta para la enseñanza en la Ingeniería Química como una herramienta útil que será empleada en la vida laboral del Ingeniero Químico.

ESTUDIO Y MODELADO COMPUTACIONAL DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE METILATO DE SODIO CON FINES DIDÁCTICOS

Como recomendación se sugiere ahondar en el estudio de las energías obtenidas mediante los cálculos realizados, este estudio no se realiza en el presente trabajo dado que excede a los fines del mismo ya que la intención es la de presentar herramientas de cálculo Químico-Computacional e iniciar de manera sencilla al lector en el uso de éstas.

5. Referencias

- [1] DOMÍNGUEZ, L.; BEDOLLA, C. A. (2014). *El Premio Nobel de Química 2013 para Químicos Computacionales*. Educación Química, Volume 25, Issue 1, Pages 82–85.
- [2] <http://www.avogadro.cc>
- [3] http://gaussian.com/g_prod/g09.htm
- [4] http://gaussian.com/g_prod/gv5.htm



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SITUACIÓN DE ALUMNOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y MADERA EN EL PLAN DE ESTUDIOS

María Inés Montanaro, Facultad de Ingeniería –Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires, mmontana@fio.unicen.edu.ar

Irene Elisabet Rivas, Facultad de Ingeniería –Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires, irivas@fio.unicen.edu.ar

Resumen— Al igual que en otras facultades, la duración de la carrera de Ingeniería Civil, en la Facultad de Ingeniería de la UNICEN, es mayor a la teórica prevista. Si bien las causas son múltiples, desde la cátedra de Estructuras de Acero y Madera se decidió analizar cuánta incidencia tiene, en el resultado general, la cursada y aprobación de dicha asignatura. En este trabajo se presenta un análisis efectuado sobre la situación académica (en relación al Plan de Estudios) con la que llegan los alumnos a la misma y el tiempo transcurrido hasta su aprobación.

Para ello, al iniciar la cursada, mediante una sencilla encuesta se recaban datos relacionados con la condición del alumno en las materias correlativas (cursada y/o aprobada), cantidad de finales sin rendir (a la fecha) y asignaturas que cursa en simultáneo durante ese cuatrimestre. Una vez finalizada la cursada se tiene en cuenta el número de alumnos que abandona, desaprueba, o bien promociona y para quienes aprobaron solo la cursada se efectúa un seguimiento posterior para registrar el tiempo transcurrido desde que finalizó la misma hasta que se presentó a rendir el examen final. Esto ha sido útil para reformular algunas metodologías de enseñanza – evaluación de la asignatura, que han mejorado la situación de algunos alumnos en cuanto a su aprobación, en tiempo y forma.

Palabras clave— *acero, estructuras, asignatura, duración cursada.*

1. Introducción

La asignatura Estructuras de Acero y Madera pertenece al grupo de asignaturas obligatorias que conforman el Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la UNICEN. Cronológicamente se encuentra ubicada en el primer cuatrimestre del cuarto año. Forma parte del Bloque Curricular de las Tecnologías Aplicadas porque incluye los procesos de aplicación de las Ciencias Básicas y Tecnologías Básicas para proyectar y diseñar sistemas, componentes o procedimientos que satisfagan necesidades y metas preestablecidas. Particularmente los alumnos que se inscriben para cursar la materia han adquirido, previamente, los conceptos referidos a la resolución de sistemas isostáticos e hiperestáticos.

Las correlatividades solicitadas para acceder a la cursada son:

- (a) Asignaturas Aprobadas: Estabilidad II (se cursa en el 2do. cuatrimestre de 2do. año) y Conocimiento de Materiales (en el 1er. cuatrimestre de 3er. año).
- (b) Asignaturas Cursadas: Estabilidad III (en el 1er. cuatrimestre de 3er. año) y Materiales de Construcción (se cursa en el 2do. cuatrimestre de 3er. año).

En el presente trabajo se analiza la situación académica de los alumnos que se inscriben a la cursada de la asignatura Estructuras de Acero y Madera. Para ello se tienen en cuenta diferentes aspectos, en primer lugar se recaba información respecto de cómo llega a dicha cursada en relación con las condicionalidades que debe cumplir. Obviamente los requisitos de las mismas son determinantes para la inscripción, pero resulta interesante conocer si las asignaturas requeridas como cursadas sólo cumplen con esa condición o bien alguna de ellas o ambas ya han sido aprobadas.

Por otra parte resulta interesante conocer el número de exámenes finales, correspondientes a asignaturas previamente cursadas, que aún debe rendir. Como así también cuántas y cuáles son las asignaturas que cursa en simultáneo en el mismo cuatrimestre. Por Plan de Estudio son tres: Obras Hidráulicas, Instalaciones Complementarias y Geotecnia Aplicada.

Los datos relacionados con las consideraciones mencionadas, surgen de una encuesta a los alumnos en el primer día de clases.

Para el desarrollo de este trabajo, es necesario conocer también el tiempo que transcurre desde la finalización de la cursada hasta que el alumno aprueba la materia, ya que la misma no es correlativa de otras asignaturas en el Plan de Estudio y esto influye notablemente en su presentación a rendir el examen final. Se efectúa un seguimiento posterior a la cursada durante un período de un año medido a partir de la finalización de la misma para obtener este dato.

La mencionada encuesta a los alumnos se realiza desde 2008, y surgió entre otras necesidades por el tiempo que demoraban en presentarse a rendir el examen final. De acuerdo con los resultados obtenidos hasta 2012, desde la cátedra, se propuso modificar la metodología de resolución y de presentación del denominado Trabajo Práctico Integrador, con la finalidad de reducir el tiempo transcurrido para la aprobación de la asignatura. En el presente trabajo solo se lo mencionará brevemente, ya que una descripción detallada del mismo fue publicada por Rivas [1].

A posteriori se analiza su incidencia desde 2013, año de su implementación tanto en la formación de los alumnos como en la presentación y aprobación de la asignatura en tiempo y forma.

2. La encuesta

A partir del año 2008 y al inicio de cada cursada, de la asignatura Estructuras de Acero y Madera, se ha implementado una sencilla encuesta a los alumnos con la finalidad de recabar datos relacionados con su situación en el marco del Plan de Estudios de la carrera. En la figura 1 se presenta detalle de dicha encuesta, mientras que en las figuras 2,3 y 4 se muestran resultados de parte la información obtenida en la misma.

Cada encuesta se realizó oportunamente durante el período que va desde 2008 hasta 2015 obteniéndose una muestra de 105 alumnos. Se han dado casos, muy pocos y solo en algunos años, de alumnos que se habían inscripto para cursar y que nunca se presentaron ni a clases ni a evaluaciones, es decir que nunca completaron la encuesta. Por lo tanto se los ha encuadrado en la categoría de ausentes.

ESTRUCTURAS DE ACERO Y MADERA		CURSO
APELLIDO Y NOMBRES:		
Dirección electrónica (e-mail):		
Teléfono:		
Indicar estado actual de las siguientes Asignaturas Correlativas (tachar lo que NO corresponda):		
Estabilidad III	Cursada	- Aprobada
Materiales de Construcción	Cursada	- Aprobada
Estabilidad II	Cursada	- Aprobada
Conocimiento de Materiales	Cursada	- Aprobada
¿Cuántos Exámenes Finales (de las Asignaturas Cursadas hasta la fecha) tiene sin rendir?		
¿Cuáles son las otras Asignaturas que cursa en este Cuatrimestre?		
.....		
.....		

Figura 1. Encuesta

En la figura 2 se presentan los datos obtenidos con la respuesta a la pregunta: ¿cuántos exámenes Finales (de las asignaturas cursadas a la fecha) tiene sin rendir?.

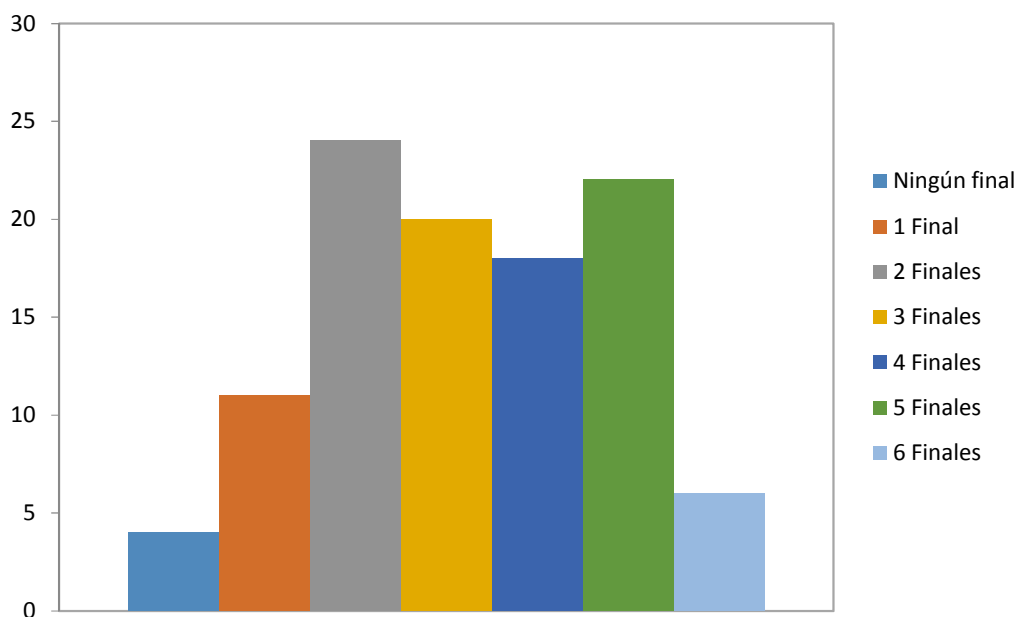


Figura 2: Número de exámenes finales que adeuda.

Se puede observar que la mayoría de los alumnos adeuda el examen final de entre 2 y 5 asignaturas, siendo mayor el número de los que deben 2 y 5 asignaturas al momento de iniciar la cursada de Estructuras de Acero y Madera que corresponde generalmente con el inicio al cuarto año de la carrera.

En la figura 3 se muestra el gráfico correspondiente a la situación, de los alumnos, respecto de las dos asignaturas correlativas indicadas con requisito de cursada en el Plan de Estudios. Es decir se indica la cantidad de alumnos que además de cursar la materia ya la han aprobado.

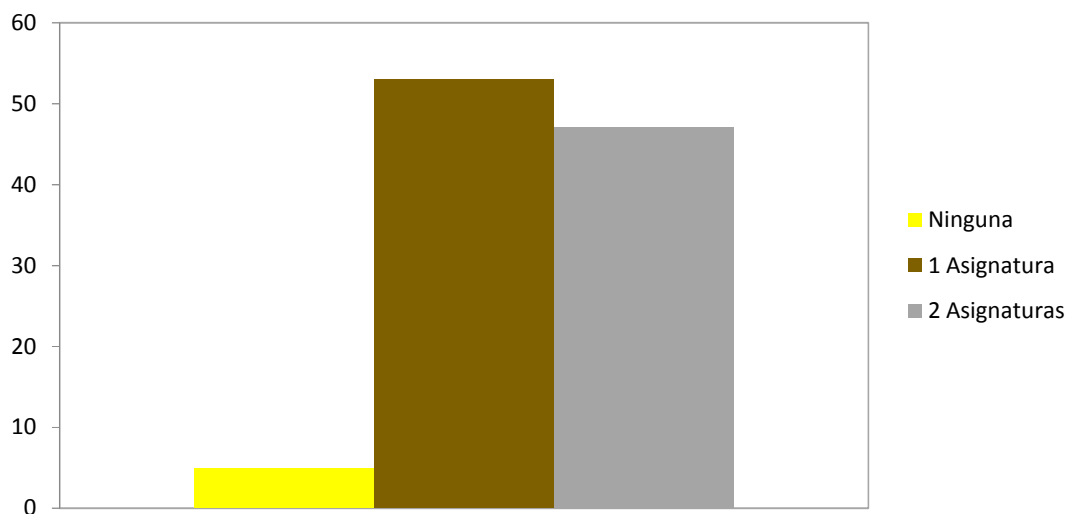


Figura 3: Correlativas con requisito cursadas, que ha aprobado

Se evidencia que la mayoría de los alumnos ha rendido y aprobado el examen final de una o de las dos asignaturas requeridas como cursadas. Se observa que si bien es importante el número de alumnos que ha aprobado las dos asignaturas, resulta superior el que debe rendir aún una y resulta mínimo el número de aquellos que no las han aprobado.

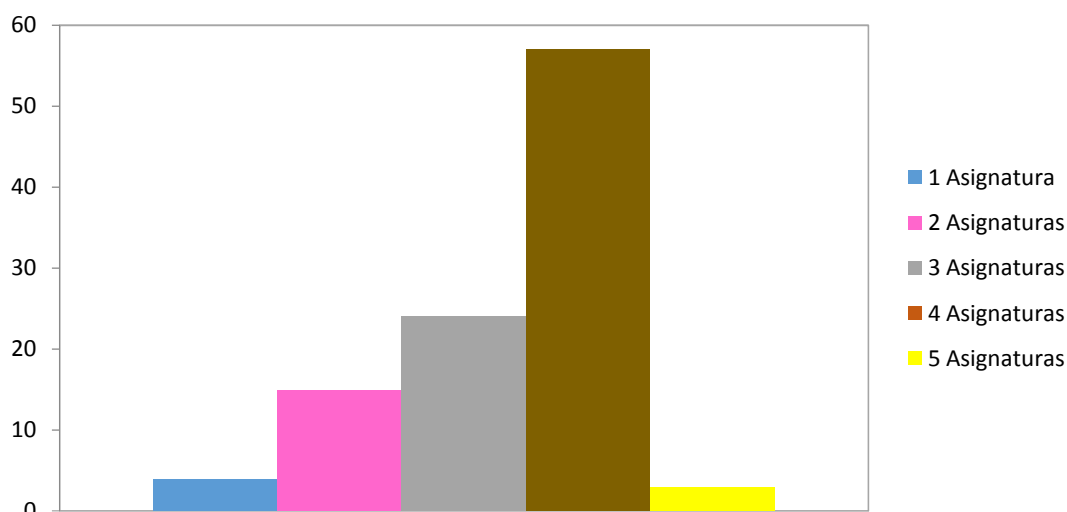


Figura 4: Cantidad de materias que cursan en simultáneo

De acuerdo a la figura 4, se observa que gran parte de los alumnos cursan en el mismo cuatrimestre 4 asignaturas, es decir otras tres o más, y en algunos casos las mismas no son todas las que corresponden al 4to. año del Plan de Estudios, la carga horaria en el cuatrimestre es importante. También se dan situaciones en las que solo cursan Estructuras de Acero y Madera, por trabajo, por correlatividades, o porque al no ser correlativa de otras asignaturas pospuso su cursada.

3. Resultados de cursadas hasta 2012

Antes de presentar los resultados de las cursadas hasta 2012 inclusive, es importante indicar que además de los trabajos prácticos, la asignatura tiene como requisito de cursada la resolución y presentación de un Trabajo Práctico Integrador (TPI), que consiste en cálculo, diseño y dimensionado de una estructura (nave industrial). El mismo se desarrolla a partir de la segunda clase y durante el transcurso de la cursada, para esto los alumnos forman grupos de tres integrantes como máximo. Al evaluar el resultado de esta modalidad, de resolución y presentación del TPI durante un período de más de quince años (considerando años anteriores a 2008 y desde este hasta 2012) surge una situación que puede considerarse como negativa. Se trata de la prolongación en el tiempo para realizar el cálculo, el dimensionado y la presentación, motivo por el cual la entrega del TPI debió pasar de ser requisito de cursada a ser requisito de final. Esto sumado a que, como se ha mencionado previamente, en el Plan de Estudios la asignatura Estructuras de Acero y Madera no es correlativa de otras asignaturas, llevó a que los alumnos demorasen mucho tiempo (generalmente de dos a cuatro años) en presentarse a rendir el examen final, originando un desmembramiento en los grupos, ya que el tiempo transcurrido hacía que las prioridades comunes en el avance de la carrera dejaran de ser compartidas.

Se ha mencionado anteriormente que además de la encuesta se efectúa una evaluación del número de alumnos que aprueban la asignatura por promoción o mediante examen final, fijando un año, a partir de la finalización de la cursada, como tiempo límite para su consideración. Estos resultados se presentan en la figura 5. Allí también se pueden observar a modo comparativo los resultados obtenidos al final de la cursada informando el número de inscriptos, de los que promocionaron y de los que aprobaron en instancia de final en un período menor a un año.

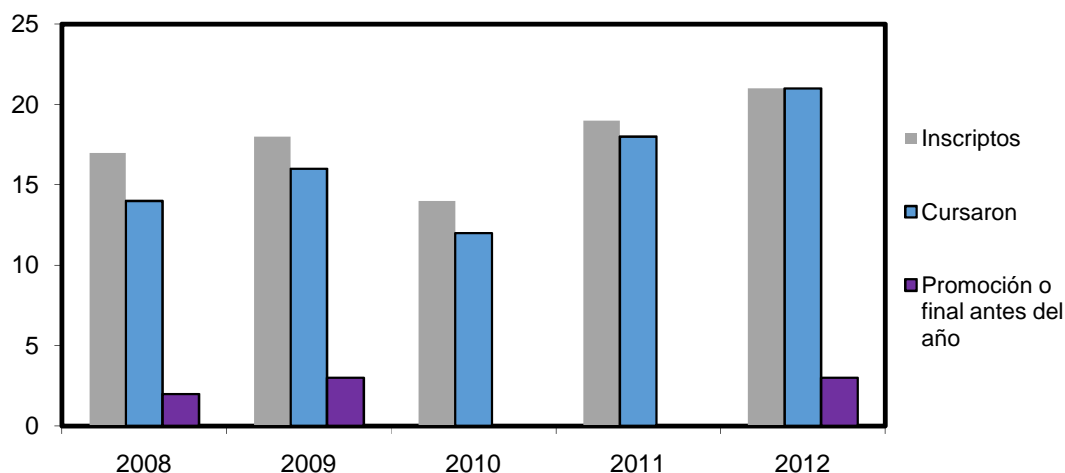


Figura 5: Alumnos de Estructuras de Acero y Madera. Cursadas 2008 a 2012

En figura 5 se puede observar que son muy pocos los alumnos ausentes o desaprobados en las cursadas, el máximo valor que se ha dado es de 3 sobre un total de 14 inscriptos. Al año de la cursada los alumnos que promocionaron y rindieron final son menos del 20 %, advirtiendo que en las cursadas 2010 y 2011 ningún alumno aprobó la materia en el transcurso del año posterior a la finalización de la misma.

Se conoce que la duración total de la carrera de Ingeniería Civil excede ampliamente la duración teórica prevista para la misma. Se sabe también que las causas son variadas pero una de las más mencionadas en la Facultad de Ingeniería de la UNICEN está dada por la cantidad

de exámenes finales que adeudan los alumnos al terminar de cursar la carrera. Este número se va acumulando en el transcurso de la misma y fundamentalmente durante el ciclo superior, período en el que gran parte de los alumnos trabaja. En el gráfico de figura 5 se advierte una muestra de lo mencionado en el párrafo anterior, ya que son pocos los alumnos que aprueban el final de Estructuras de Acero y Madera antes del año. Esto lo fundamentan también indicando que si bien es una materia de cuarto año, no tiene ninguna correlativa posterior lo que hace que tengan otras asignaturas como prioritarias al momento de prepararse para rendir un examen final. Por tal motivo, transcurre mucho tiempo entre la fecha de finalización de la cursada y la fecha en que se presentan a rendir el examen final, se han dado muchos casos en los que debieron solicitar reválida. Por lo tanto, prepararse para rendir el examen final de una asignatura que se cursó cuatro años antes se asemeja mucho a prepararse para rendir un examen como libre.

4. Modificaciones efectuadas

A partir de los antecedentes presentados en el ítem 3 del presente trabajo, en el año 2013 se efectuaron cambios con el objetivo de incentivar la presentación del alumno a la promoción o al examen final en un tiempo próximo a la finalización de la cursada. Es así que se decidió cambiar la modalidad del TPI, que consiste en el diseño y construcción de una maqueta correspondiente a una nave industrial o una parte importante o definitoria de la misma de la misma, pudiendo usar libremente para su ejecución cualquier material. Adicionalmente se debe presentar una memoria descriptiva.

Al igual que en la modalidad anterior, el TPI se realiza durante el transcurso de la cursada y los alumnos se organizan en grupos debiendo establecer el destino de la edificación, y la ubicación geográfica de la misma, a efectos de determinar las cargas actuantes para su posterior valoración.

Desde la cátedra se pretende que, con este tipo de trabajo, el alumno adquiera competencias tendientes a identificar y resolver problemas de ingeniería para ser capaz de interpretar el funcionamiento de las estructuras de acero en su conjunto y de cada uno de sus componentes frente a las diferentes acciones; analizar, determinar y combinar las acciones actuantes y, fundamentalmente, que pueda identificar el camino que siguen las cargas originadas por dichas acciones. También se procura incentivarlo para desarrollar competencias para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo, estimulando el espíritu de observación y crítico y mejorando la fluidez en la comunicación oral y en la presentación escrita del trabajo. Se aclara que luego de la entrega de la maqueta, esta no será objeto de ensayos de carga.

Se considera que mediante el desarrollo del TPI, cuyas características se describen en el trabajo presentado por Rivas [1], se ha cumplido con los objetivos planteados desde la cátedra que consisten en dotar a los alumnos de competencias, conocimientos, aptitudes, habilidades y destrezas que sirvan tanto para la esfera académica como laboral, los cuales pueden ser evaluados durante el cuatrimestre.

La actividad propuesta interesó y entusiasmó a la mayoría de los alumnos, y les permitió demostrar capacidad para identificar problemas o situaciones, organizando datos pertinentes, evaluando el contexto general y el particular. Al realizar una búsqueda creativa de soluciones, pudieron desarrollar criterios profesionales para evaluar diferentes alternativas. Es muy importante destacar que todos completaron la actividad propuesta, en tiempo y forma, y cumplieron con los objetivos planteados. Logrando completar y entregar el TPI al momento de finalizar el cuatrimestre.

Esto además, ha contribuido a mejorar y acelerar la presentación de los alumnos para promocionar la materia, o también para presentarse a rendir el final en el turno de examen siguiente a la finalización de la cursada.

En las figuras 6 y 7 se muestran fotos de dos grupos de alumnos de diferentes cursadas con las maquetas que ellos construyeron.



Figura 6: Alumnos de la cursada 2014



Figura 7: Alumnos de la cursada 2015

5. Resultados desde el 2013.

En la figura 8 se presentan los datos de la cantidad de alumnos que promocionaron o aprobaron el examen final antes del año de finalizada la cursada, en comparación con el número de inscriptos y el de los que solo aprobaron la cursada. Estos datos corresponden a las cursadas posteriores a la implementación de la nueva metodología del TPI.

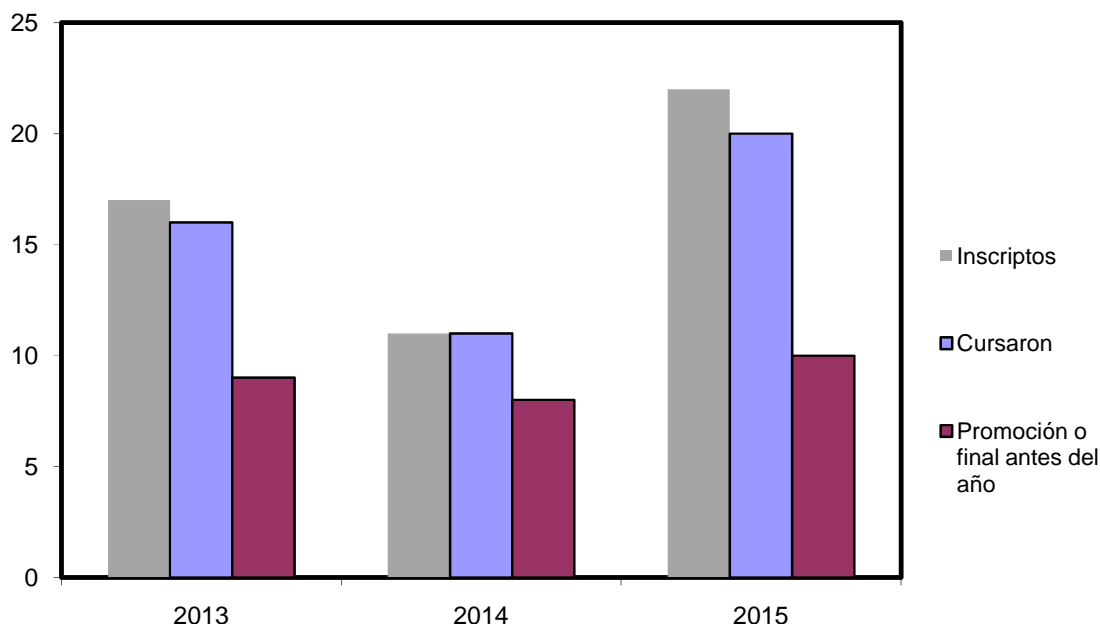


Figura 8: Alumnos de Estructuras de Acero y Madera. Cursadas 2013 a 2015

En la figura 8 se puede observar que es importante el número de alumnos que aprueba la asignatura en la instancia de promoción o examen final antes de transcurrido el año. Se trata de un porcentaje de aproximadamente el 50%, el cual fue superado ampliamente por el curso 2014. Si se comparan las figuras 5 y 8 se puede afirmar que la modificación propuesta, en la modalidad de ejecución, entrega y presentación del TPI, ha resultado ampliamente satisfactorio ya que se ha logrado incrementar el número de alumnos que aprueban la asignatura en tiempo y forma. Es para destacar que no solo en cuestión de tiempos, que es lo que se pretende tratar en este trabajo, se nota el beneficio de esta modalidad de trabajo. Los resultados académicos también son muy interesantes y fueron descriptos oportunamente en Rivas [1].

6. Conclusiones y recomendaciones

- Mediante una modificación de la forma de ejecución y no de contenidos, se ha logrado una sustancial mejora en el número de alumnos que aprueban en tiempo y forma la asignatura Estructuras de Acero y Madera, en la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA.
- La propuesta interesó y entusiasmó a los alumnos, y también permitió la evaluación de los conocimientos relacionados con el tema y del desempeño de los mismos en el grupo de trabajo.
- Todos los trabajos se presentaron simultáneamente.

- Resultaría importante que desde las diferentes cátedras se efectúen estos planteos como los descriptos en el presente trabajo con el objetivo de obtener mejoras (por parte de los alumnos) en cuanto al cumplimiento de la duración del plan de Estudios de la carrera, obviamente sin que esto modifique contenidos.

7. Referencias

- [1] RIVAS, I.E.; MONTANARO, M.I. (2014). Práctica Integradora en Estructuras de Acero y Madera, II CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA, CADI 2014, Tucumán.

INVESTIGACIÓN: PARTE DEL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN EL GRADO

Orlandi Sandra Graciela, UNPSJB, sandra.orlandi@gmail.com

Manzanal Diego Guillermo, UNPSJB, diego.manzanal@gmail.com

Espelet María Alejandra, UNPSJB, ale.espelet@gmail.com

Resumen— En el departamento de Ingeniería Civil sede Comodoro Rivadavia, se llevan a cabo hace ya varios años, proyectos de investigación y pasantías. De los mismos participan docentes y estudiantes que se encuentran cursando los últimos años de la carrera. Los estudiantes se involucran en proyectos de investigación aplicada ya sea a la geotecnia o a la tecnología de los materiales y en trabajos de extensión universitaria con el medio productivo. En el proceso desarrollan diferentes habilidades. Algunos estudiantes optan por encuadrar la actividad dentro de las Prácticas Profesionales Supervisadas, mientras que otros lo incorporan como una parte del proceso de aprendizaje. El cuerpo de docentes que participan en dichas actividades analizan los alcances de los trabajos desarrollados en cuanto a la docencia y enseñanza, así como también la respuesta obtenida por parte de los estudiantes involucrados en las mismas. Se analiza la importancia de mantener en el tiempo dichas actividades así como el hecho de extenderlas a otras temáticas debido a la maduración que logran los estudiantes sobre los conceptos adquiridos durante el cursado de las materias.

¿Son útiles? ¿Debe dárseles continuidad a estas prácticas de enseñanza tratando de incorporar mayor cantidad de temáticas o mejor aún, grupos interdisciplinarios? Son algunas de las preguntas que intentan dilucidar los autores en el presente artículo.

Palabras clave— *extensión, proyectos de investigación, práctica profesional supervisada.*

1. Introducción

El Laboratorio de Investigación de Suelos, Hormigón y Asfaltos (en adelante LISHA) es el ámbito donde se desarrollan las actividades de investigación y de articulación con el medio productivo de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (FI-UNPSJB). Desde hace ya varios años, el LISHA incorpora estudiantes de grado de los últimos años de la carrera de Ingeniería Civil en los trabajos de extensión y en los distintos proyectos de investigación. Año a año se renuevan los alumnos abocados a dichas tareas y la cantidad de estudiantes convocados depende no solo del interés que presentan en las áreas de investigación sino del desarrollo de la actividad laboral en la zona. Los mismos se capacitan en problemáticas no abordadas durante los cursos de grado (en caso de colaborar con tareas de investigación) o desarrollan tareas específicas afines a materias que ya han cursado y aprobado con anterioridad (en el caso de participar de trabajos a terceros como pasantes del LISHA).

Los docentes involucrados instruyen, capacitan y guían a los alumnos, tanto en conocimiento como en habilidades inherentes a cada tarea. En algunos casos, pasantes con experiencia previa ofician de ayudantes o guías de los nuevos miembros que se incorporan en equipos que se encuentran en desarrollo. En los grupos de pasantes del LISHA, no así en los grupos de

investigación, existe una suerte de superposición en las tareas, de modo que se produce un período de transmisión de conocimientos entre los individuos salientes y los ingresantes. Muchas veces durante el desarrollo de las actividades los alumnos optan por encuadrar a las mismas dentro de la práctica profesional supervisada o PPS. De este modo cumplen con uno de los últimos requisitos necesarios para poder alcanzar el título de grado. Dados los altibajos por los que suele pasar la industria de la construcción en la zona, fuertemente atada a la industria del petróleo, las oportunidades de realizar PPS en empresas son acotadas en algunas circunstancias. Por ello la oportunidad de realizarla en el ámbito del laboratorio constituye una opción conveniente.

El hecho de involucrarse en este tipo de tareas, principalmente prácticas, permite desarrollar habilidades no solo técnicas sino deductivas, así como la necesidad de adaptarse al trabajo en equipo, entre otros. En algunos casos se asignan labores metódicas aunque en muchos otros necesitan del estudio y análisis de normas y la elaboración de informes.

A pesar de la oportunidad que brindan estas prácticas de extensión, no todos los alumnos se encuentran interesados en participar de las mismas. Cabe entonces preguntarse si acaso, con el objeto de despertar interés en mayor cantidad de alumnos, es necesario abarcar mayores áreas del conocimiento o si por el contrario la creciente demanda de profesionales de la ingeniería hace de dicho reclutamiento una labor casi imposible o poco tentadora, dada baja remuneración que una pasantía percibe.

Es por ello que por medio del presente trabajo se realiza una descripción de los equipos de trabajo involucrados, las actividades desarrolladas, la metodología de avance y el alcance logrado, realizando tanto una autocrítica sobre el alcance de dichas prácticas, como un análisis del interés demostrado por los alumnos en participar de las mismas. Se incluye una breve mención de variables que podrían influir sobre el alcance de las convocatorias que se realizan año a año desde hace ya veinticuatro años.

2. Conformación de los equipos de trabajo

Los equipos de trabajo pueden estar constituidos de formas diferentes dependiendo de las tareas involucradas.

Por lo general los equipos de investigación lo forman un director y un codirector, y dos o más alumnos de los últimos años de la carrera. En general, muchas de estas actividades son voluntarias, y se busca que los alumnos despierten vocaciones científicas en el ámbito de la ingeniería civil. Los proyectos de investigación son abordados principalmente por el cuerpo docente y los alumnos participan en tareas de realización de ensayos, interpretación de resultados y elaboración de informes. El carácter voluntario de la actividad y la exigencia de la carrera hacen que sea variable el compromiso de los estudiantes a lo largo de un año lectivo.

Los alumnos que participan en tareas del LISHA son guiados por un director y acompañados por tres laboratoristas distribuidos en dos turnos de trabajo. Durante la primera etapa del proceso, un alumno que ha desarrollado las mismas tareas y que se encuentra en su último mes de trabajo adiestra a él o a los ingresantes. En épocas de gran desarrollo económico en la zona se ha contado hasta con once pasantes en un año, en tanto que en épocas de inactividad se ha contado con un único pasante.

Las líneas de trabajo básicamente se enfocan en las áreas de Geotecnia y Tecnología del Hormigón aunque existe actualmente la iniciativa de extenderlo a mayor cantidad de áreas.

En cuanto a los alumnos beneficiados con este tipo de actividades, entre los requisitos para su postulación se encuentra la entrevista previa y contar entre las materias aprobadas con Tecnología de Hormigón y Geotecnia. En el caso de existir múltiples postulantes, la selección se realiza con base en el certificado analítico. El desempeño académico es entonces determinante para decidir quién o quienes serán beneficiados. La cantidad de alumnos involucrados depende tanto del interés en desarrollar este tipo de actividades así como también de la demanda externa de trabajos a terceros y de la cantidad de proyectos de investigación en proceso. En su gran mayoría, los alumnos que participan en proyectos de investigación realizan las actividades ad honorem. En tanto que los pasantes del LISHA reciben una remuneración mensual.

De los docentes que conforman los equipos de investigación, uno de ellos está abocado mayormente a la participación en laboratorio en tanto que el otro se encuentra enfocado principalmente en la tarea de gestión y obtención de recursos. Ambos tienen contacto permanente con los alumnos participantes quienes pueden recurrir a los docentes durante todo el proceso ante cualquier duda o inquietud que pudiese presentarse. A pesar de que los alumnos adquieren autonomía en la medida que avanzan los proyectos, nunca tienen la responsabilidad de alterar los cronogramas o programas de ensayo de forma unilateral.

3. Dedicación requerida

La dedicación horaria presencial requerida, en el caso de los proyectos de investigación, consiste en cuatro horas agrupadas en un día a la semana. En forma excepcional puede requerirse de dedicación adicional para la lectura de material sugerido por los docentes involucrados o para la digitalización de los datos que se van obteniendo. Y en dos o más oportunidades, dentro del período del desarrollo de todo el proyecto, se requiere de la presentación de los resultados obtenidos a todo el grupo de trabajo. Dicha presentación tiene carácter formal y en algunas ocasiones se invita a participar de las mismas a otros docentes miembros de departamento. De esta forma se produce un intercambio de experiencias durante las que existe una retroalimentación de todos los elementos que conforman los equipos. Cada dos años son alentados a presentar los proyectos en los que participaron en Jornadas de Ingeniería Civil que se llevan a cabo en la Facultad. Estas son abiertas a la comunidad y entre otros cuentan con la participación de profesionales externos, docentes de la sede y alumnos que exponen sus proyectos finales.

En cuanto a los pasantes del LISHA, tienen una dedicación diaria de cuatro horas. En algunos casos dentro de ese período se desarrollan tareas de investigación, pero durante períodos acotados, no en forma exclusiva.

4. Etapas de desarrollo dentro del proyecto de investigación

A lo largo del desarrollo de un proyecto existen diferentes etapas bien diferenciadas, las cuales han ido evolucionando a lo largo de los años, siendo la metodología que mejor se adapta a las necesidades de los integrantes y que a su vez ha sido la que mejor ha funcionado la siguiente:

- Presentación de los participantes en los diferentes equipos de investigación. Introducción a cada proyecto y presentación del plan de trabajo. Presentación del cronograma y objetivos a alcanzar. Porcentaje de dedicación: 1%.
- Primeros dos meses: lectura de artículos y bibliografía específica guiados por el director y codirector. Consulta permanente con los docentes a cargo. Familiarización con los equipos de laboratorio. Capacitación en el uso del equipamiento y manejo de las normas del laboratorio.

Curso intensivo de capacitación que involucra a los alumnos que inician las actividades y a un grupo reducido de alumnos de la carrera. Porcentaje de dedicación: 17%.

- Presentación oral de toda la información procesada a los diferentes grupos de trabajo. Porcentaje de dedicación: 4%.
- Realización de ensayos de laboratorio proyectados. Porcentaje de dedicación: 66 %.
- Organización de los datos obtenidos: conclusiones, análisis y elaboración de artículos para su presentación en congresos y jornadas afines a los temas involucrados. Porcentaje de dedicación: 8 %
- Presentación final de todos los grupos participantes. Porcentaje de dedicación: 4 %

Cada una de las etapas requiere de un grado de acompañamiento e involucramiento diferente por parte del cuerpo docente.

En general los proyectos comienzan a desarrollarse después de la segunda mitad del segundo semestre. En tanto que las pasantías en el LISHA dependen directamente de la demanda de trabajos externos desde el sector productivo.

5. Resultados obtenidos al cabo de un año de trabajo

Después de un año de trabajo los resultados obtenidos son variados.

Un grupo muy pequeño de estudiantes no logran adaptarse a la metodología de trabajo impuesta por los docentes y abandonan el proyecto. Se han dado casos de alumnos que deciden intentar nuevamente, ninguno de ellos con resultado exitoso.

Para aquellos que superan la etapa de procesamiento de la información la siguiente etapa les resulta mucho más clara. Con los objetivos bien definidos y el cronograma ajustado los alumnos se involucran directamente en la obtención de datos. En cada nuevo ensayo se procede tanto al análisis de los resultados como al análisis de los ensayos fallidos. Rápidamente adquieren habilidades para organizar los tiempos de ensayo, los tiempos necesarios para preparación de las muestras y planifican con anticipación las jornadas de trabajo con el fin de optimizar y mejorar el rendimiento. Aquellos ensayos que deben repetirse son analizados cuidadosamente, tratando de interpretar los errores cometidos o encontrar las fallas en los procedimientos. En algunos casos ha sido necesario modificar los ensayos o las probetas para lo cual se realiza un análisis concienzudo del fundamento teórico que respalde o justifique dichas modificaciones. De situaciones como éstas han surgido ensayos alternativos que reemplazan a otros existentes ante la necesidad de información y falta del equipamiento. Los alumnos suelen cuestionar las modificaciones y comienzan a adquirir un razonamiento crítico ante cualquier alteración que se introduce en los procedimientos.

Después de varios meses, durante los cuales básicamente se realizan ensayos de laboratorio, comienza la etapa de procesamiento de la información. La misma es utilizada básicamente para la elaboración de artículos o para la realización de informes técnicos o informes finales de PPS. En algunos casos se han presentado artículos en jornadas y congresos tanto nacionales como regionales, habiendo asistido a ellos varios de los alumnos involucrados en los proyectos.

En cuanto al compromiso, a lo largo del año de duración de cada proyecto, se pueden diferenciar claramente varias etapas. En períodos en que los alumnos tienen gran exigencia en los estudios, así como también hacia el final del año escolar es cuando se da la mayor cantidad de ausencias. Es por ello que con el fin de acompañar a los alumnos y que los mismos no pierdan el interés en seguir participando de los proyectos se optó por distribuir

actividades pasivas (lectura, búsqueda de información, análisis de bibliografía, etc.) en dichos lapsos de tiempo. La etapa de mayor respuesta es la de realización de ensayos y análisis de resultados. Aunque también en aquellos casos en que los ensayos son muchos y repetitivos suele darse una declinación en el interés que debe ser rápidamente detectada y atendida por los docentes participantes. Puede así entreeverse que la presencia del docente y el compromiso del mismo es fundamental, durante todo el proyecto, para llevar a buen término al equipo en su conjunto.

A cerca de las principales falencias detectadas entre los estudiantes involucrados se encuentran tanto la generación de documentación escrita como las exposiciones orales. Ambas deficiencias son abordadas indirectamente mediante la elaboración de informes y la transmisión de conocimientos participando en reuniones de trabajo y/o en jornadas o congresos de la especialidad [6-9].

Con respecto a las fortalezas que se adquieren a lo largo del proceso, las principales las constituyen: el desarrollo de autonomía para desenvolverse en el laboratorio y el entendimiento y análisis no solo de los resultados exitosos sino también de los fallidos. En muchos casos, se logra que naturalmente incorporen el análisis de sensibilidad correspondiente. Un pequeño porcentaje de alumnos ingresan a los grupos de trabajo y activan sus habilidades de liderazgo constituyéndose o perfilándose como líderes naturales. Otros tantos logran desarrollar la confianza necesaria para defender o cuando menos proponer y sostener sus ideas o propios puntos de vista en situaciones de conflicto.

Por ende, hacia el final del proyecto no han adquirido únicamente habilidades técnicas sino otras que son necesarias dentro de la formación de los futuros profesionales.

6. Expectativas a futuro

Para realizar el análisis de los proyectos a futuro es necesario enumerar los factores que influyen la participación de alumnos en los mismos. También hemos de analizar la necesidad de establecer la continuidad en el tiempo de este tipo de actividades.

Estas acciones constituyen un eje de desarrollo de los alumnos en su proceso de formación. Los futuros profesionales deben no solo “saber” sino que también deben “saber hacer”. El desarrollo de saberes requiere necesariamente de la adquisición de habilidades por medio de la práctica y análisis de resultados y no solo mediante la adquisición de conocimientos en clases áulicas o prácticas de laboratorio. El desarrollo de estas habilidades, cuando se realiza bajo la tutela de docentes, conduce al afianzamiento de conceptos previamente adquiridos y a la adquisición de otros nuevos vinculados.

Es por ello que por medio del “hacer “ no solo se pretende afianzar conocimientos sino también adquirir otros nuevos conocimientos que no fueron abordados en las materias específicas, por superar los mismos los alcances del título de grado. A través de este tipo de actividades es posible desarrollar habilidades o conocimientos que son necesarios estén presentes en los ingenieros pero que son parte de la formación humana y no de la formación profesional. Estas habilidades muy difícilmente se desarrollan a través de la participación en clases áulicas y la interacción en grupos reducidos de trabajo constituye un lugar propicio para la activación de las mismas.

Un número significativo de los alumnos involucrados opta por desarrollar estas tareas dentro del marco de las prácticas profesionales. De este modo su primera experiencia laboral la realizan en un ambiente conocido y acotado, con tareas bien definidas.

Por último, desde la perspectiva del laboratorio, el desarrollo de este tipo de actividades permite la adquisición y renovación del equipamiento, ya sea por financiamiento externo o por medio de la realización de trabajos a terceros.

Por todo lo anterior, es intención de los involucrados que este tipo de iniciativas se mantengan en el tiempo, ya sea por el beneficio que reciben los alumnos que en ellos participan como por el beneficio que implica para el laboratorio en el que se desarrollan las mismas.

Y puesto que las universidades deben ser vanguardistas en cuanto a desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías es que la captación de vocaciones científicas debe constituir una de las metas que muchas veces se ve descuidada. Este tipo de prácticas fomenta el desarrollo de investigadores, quienes de otro modo no encontrarían un medio en el cual descubrir su vocación.

Desde el comienzo, hace ya veinticuatro años atrás, algunos de los alumnos involucrados optaron por realizar estudios de posgrado. Luego de dichos estudios retomaron la actividad profesional. Muchos de ellos pertenecen actualmente al cuerpo docente de la facultad en la que se formaron y desarrollan actividades de investigación. Se observa que los estudiantes actuales reflexionan sobre la especialización y la posibilidad de una carrera científica a partir de la experiencia transmitida en estas actividades.

A modo de presentación en cuanto a su evolución, se presenta un diagrama, para las actividades de investigación o las pasantías. También se incluye el número de deserciones a los proyectos de investigación dados en cada período (Figura1). En cuanto a las tareas de investigación, se incorpora el avance en los últimos seis años, que es cuando los autores del presente artículo comenzaron a realizar este tipo de actividades en forma sistemática y pretenden seguir manteniéndolas en el tiempo.



Figura 1. Evolución en el tiempo de la cantidad de pasantes en el LISHA, en proyectos de investigación y deserción en los proyectos de investigación
Fuente: LISHA

Es así que no solo se forman profesionales, sino que se los orienta en su vocación conformando un semillero de futuros docentes o investigadores, formadores de nuevos profesionales.

En cuanto a los docentes involucrados en este tipo de actividades, estas experiencias son claramente diferentes al dictado de cátedras. Durante el dictado de clases teóricas, en su mayoría, se transmiten conocimientos en forma casi unidireccional. Los docentes por medio de la utilización de diferentes herramientas tecnológicas y dentro de un horario acotado instruyen a los educandos en áreas del conocimiento definidas y los orientan en la búsqueda de información necesaria para su formación. Los alumnos son evaluados en diferentes etapas del proceso con el fin de verificar la adquisición de dichos conocimientos y afianzamiento de conceptos. En cambio, en los proyectos de investigación, cuya participación es voluntaria y no rentada (en la gran mayoría de los casos) los alumnos y los docentes interactúan permanentemente. No se transmiten conocimientos por vías formales sino a través de la discusión de artículos en mesas de trabajo o por medio del análisis de los datos que se producen en los ensayos que se realizan. Es así que en el proceso, se aprende no solo de los errores sino del ejemplo del docente que participa del proceso a la par de los alumnos. El docente de esta forma se retroalimenta de las experiencias, dudas e inquietudes que durante el proceso experimenta el alumno. Como contraparte, este tipo de acciones requieren mucha presencia por parte de los docentes que produce un alto grado de desgaste cuando se mantiene en el tiempo. En otros proyectos se ha optado por darle a los alumnos total autonomía en la actividad a desarrollar indicando los lineamientos generales, y con reuniones periódicas para ver el avance. Los alumnos desarrollan capacidad para la resolución de problemas de manera autónoma y son expeditivos en la búsqueda de soluciones. Esta autonomía muchas veces trae como consecuencia que los resultados de los ensayos no son satisfactorios, lo cual profundiza el proceso de aprendizaje a partir de los errores.

En cuanto a los trabajos a terceros, los alumnos que se involucran en este tipo de experiencias tienen un perfil diferente. Necesitan el ingreso que asegura este tipo de actividad y no se sienten atraídos por la investigación en sí misma. Son alumnos con orientación clara hacia la profesión sin vocación por la docencia o la investigación en ninguna de sus versiones. Muchas veces por la ausencia de ofertas de PPS ya sea en el sector público o privado recurren al LISHA que constituye un ambiente controlado y a su vez familiar donde realizar su primera experiencia profesional.

La cantidad de alumnos que realizan tareas en el LISHA depende principalmente de dos factores. La actividad económica en la zona es el primer condicionante y la demanda de profesionales de la ingeniería es el otro. Cuando la actividad económica en la región presenta períodos de incremento sucede que se necesita de mayor cantidad de pasantes para cumplir con los trabajos a terceros. A la vez los mismos estudiantes rápidamente encuentran una salida laboral entre las empresas que acuden al LISHA. Esto es debido a que diariamente los pasantes están en contacto directo con profesionales pertenecientes a empresas del sector. Por esta razón no resulta posible mantener la cantidad de pasantes constante en el tiempo y menos aún predecir demanda y oferta de alumnos en cada nueva convocatoria.

En cuanto a la cantidad de alumnos que desarrollan tareas en proyectos de investigación depende de la cantidad de alumnos interesados en cada convocatoria pero no puede alcanzar un número muy elevado dada la escasa cantidad de docentes involucrados en la tarea.

7. Variables que afectan la respuesta a las convocatorias a los proyectos de investigación

Año a año, los docentes que participan este tipo de tareas introducen nuevos proyectos a desarrollar durante un año, por diferentes grupos de trabajo. Algunos proyectos dependen o están relacionados con otros, de modo que el avance está restringido o limitado por el avance de los mismos. No todos los proyectos resultan atractivos para los estudiantes puesto que básicamente se orientan a las áreas de tecnología de los materiales y geotecnia.

Áreas como hidráulica, estructuras, puertos y caminos no han sido abordadas para el desarrollo de proyectos de investigación. Muchos estudiantes las prefieren como orientación profesional y para su desarrollo a futuro, no siendo alcanzadas por este tipo de actividades. El problema principal lo constituye la dedicación de los docentes. La dirección o codirección de grupos en proyectos de investigación requiere de docentes con dedicaciones diferentes a la dedicación simple. Como ya se mencionó, es necesario que los estudiantes y los docentes a cargo de los proyectos se encuentren en contacto permanente. Y un docente con una baja carga horaria no puede asegurar este tipo de condición. Los proyectos de investigación interdisciplinarios requieren de la participación de docentes de áreas diversas, tal como su nombre lo dice y puesto que no todas las áreas cuentan con dedicaciones semi-exclusivas o exclusivas la inclusión de estas áreas se torna una tarea compleja. A pesar de ello se encuentra entre las metas a lograr, la inclusión de la mayor variedad de proyectos de investigación posibles, con el fin de satisfacer la inquietud (no siempre presente y mucho menos en forma ad honorem y voluntaria) de los estudiantes de la carrera de participar en las mismas. La participación en convocatorias nacionales de proyectos de investigación aplicados que se brindaron a través de la Secretaría de Políticas Universitarias en los últimos años han permitido incorporar estudiantes rentados a estos proyectos de investigación. Para grupos de investigación pequeños, estas líneas de financiamiento son un claro apoyo para continuar con este tipo de actividades.

8. Consideraciones finales: conclusiones

Se trate de prácticas profesionales supervisadas, proyectos de investigación o tareas de extensión, todas ellas han resultado ser claramente positivas en cuanto a la influencia que ejercen ya sea sobre los alumnos como sobre los docentes.

Los integrantes de las cátedras del departamento de Ingeniería Civil tienen la intención de extender la aplicación de estas tareas de formación. El ideal que se persigue es que exista suficiente oferta de proyectos para que todos los alumnos que cursan la carrera puedan optar por su participación ya sea en proyectos de investigación o prácticas de extensión. De este modo, el paso lógico posterior lo constituiría la generación de equipos multidisciplinarios.

En resumen, la experiencia solo trae efectos positivos. Los docentes tienen un contacto más personalizado y directo con los alumnos. Los alumnos desarrollan capacidades en áreas tan variadas como la comunicación oral, comunicación escrita y la científica.

En el campo de las ingenierías, los laboratorios constituyen valiosas y poderosas herramientas que contribuyen a potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje, en el que los estudiantes pueden lograr una mayor comprensión de los conceptos involucrados. Poniendo en práctica lo aprendido en el aula y en los libros se logran afianzar los conceptos y conocimientos. Meta que es casi imposible de lograr por otros medios.

Es por ello que desde el LISHA, el cuerpo de docentes involucrados en este proceso pretende mantener y hacer perdurar en el tiempo este tipo de experiencias. Alentando a otros docentes

a participar en las mismas, a sabiendas que son mucho mayores los beneficios que las desventajas aun cuando este tipo de tareas suelen requerir muchas veces mayor dedicación que la simple tarea de dictar cátedra.

Referencias

- [1] Garibay, María Teresa, y Silvia Angelone. (2008) “Diseño de una actividad para favorecer el Desarrollo de Competencias” INTERTECH’2008- International Conference on Engineering and Technology Education. Peruibe, Brazil.
- [2] Orlandi, Sandra G.; Espelet, María A.; Bobrowski, Luciano P. (2016). Motivos por los que se opta por el estudio de carreras científico tecnológicas y razones por las cuales se demora en su finalización. V Jornadas Nacionales y I Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico Tecnológicas. IPECYT 2016, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional bahía Blanca. En proceso de edición.
- [3] Orlandi, Sandra G.; Espelet, María A.; Manzanal, Diego G. (2015). Alcance y necesidad de realizar tareas de extensión en la carrera ingeniería civil. IV Jornada de intercambio de experiencias en la enseñanza de la Facultad de Ingeniería; Universidad Nacional de la Patagonia, Sede Comodoro Rivadavia.
- [4] Spinel, Silvia Caro, Juan Carlos Reyes Ortiz. (2003). Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en ingeniería civil. Revista de ingeniería 18: 48-55.
- [5] Savio, Carlos H; Savio, Marcelo E. y Tapia Suárez, Nelly. (2015). Práctica científica y social: gestión del conocimiento en la Universidad. Revista Argentina de Ingeniería. Año 3. Volumen V: 41-45.
- [6] Ruiz, R. Vargas D. Manzanal, (2012) "Estudio preliminar de las arcillas activas de la ciudad de Comodoro Rivadavia" National Conference: Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica - CAMSIG 2012 Rosario – Argentina (September 12 -14) - ISBN 978-987-28643-0-9.
- [7] S. Orlandi, S., D. Manzanal, A. Ruiz, M. Ávila, V. Graf. (2015). A case study on expansive clays on Comodoro Rivadavia city. Proceedings of the 15th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (15th PCSMGE). 15-17 November, Buenos Aires, Argentine. Ed. IOS Press. Pages 2276 – 2283. DOI: 10.3233/978-1-61499-603-3-2276
- [8] Manzanal, D; Orlandi, S; Barria, JC; Ruiz, B.; Graf, V; Avila, M; Soto, A. (2016) "Arcillas Expansiva: Estudio y analisis de comoportamiento" XXIII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica - CAMSIG 2016 Santa Fe – Argentina (Noviembre 09 -11). Resemen Aceptado
- [9] Orlandi, S; Vargas, R. Manzanal, D; (2016) " Ensayos Harvard versus ensayos Proctor en la determinación de la curva de compactación e arcillas de alta plasticidad de la zona” XXIII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica - CAMSIG 2016 Santa Fe – Argentina (Noviembre 09 -11). Resemen Aceptado



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

LA APLICACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN UN CURSO DE CAPACITACIÓN DOCENTE

Nidia Antonia Dalfaro, FRRe UTN, ndalfaro@frre.utn.edu.ar

Patricia Belén Demuth Mercado, FRRe UTN, correo electrónico

Carmen Graciela Del Valle, FRRe UTN, cgdelvalle2002@yahoo.com.ar

Nancy Francisca Aguilar, FRRe UTN, nfaguilar13@yahoo.com.ar

Resumen— Se trabajó con cursantes de Álgebra y Geometría Analítica y de Matemática Discreta, asignaturas de primer año de diferentes carreras de ingeniería que se dictan en la Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

Para desarrollar las competencias específicas de matemática, elegimos trabajar con la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en las dos materias mencionadas.

Luego de la experiencia realizada durante dos años y dados los resultados positivos obtenidos decidimos dictar un curso para docentes de la Regional sobre el tema. En el presente trabajo se pretende mostrar los resultados obtenidos en el mismo.

Se trabajó desde el formato de seminario-taller, tanto en los encuentros presenciales como en el desarrollo mediado por el entorno virtual a través de la Plataforma Moodle de la Facultad.

El curso tuvo como objetivo constituirse en un espacio de desarrollo de competencias específicas para la construcción de propuestas de enseñanza y aprendizaje mediante ABP. Con lo cual, el centro de interés del mismo es el docente que ejerce la docencia en los primeros años, en un contexto singular de formación de grado: el ciclo básico de las carreras de ingeniería.

Palabras clave— *enseñanza de la ingeniería, competencias, aprendizaje basado en problemas.*

1. Introducción

En el año 2010 con el Grupo de Investigación Educativa Sobre Ingeniería (GIESIN) comenzamos a investigar sobre competencias matemáticas en el marco del Proyecto “Relación entre las competencias matemáticas reales de los aspirantes y las requeridas a los ingresantes en las carreras que se dictan en la FRRe de la UTN”.

Acordamos que las competencias matemáticas consisten en la habilidad para utilizar y relacionar los números, sus operaciones básicas, los símbolos y las formas de expresión y razonamiento matemático. Tanto para producir e interpretar distintos tipos de información, como para ampliar el conocimiento sobre aspectos cuantitativos y espaciales de la realidad. Y también para resolver problemas relacionados con la vida cotidiana y con el mundo laboral. (Dalfaro et al [1])

Con posterioridad concluimos que el medio más adecuado para lograr el desarrollo y aprendizaje de las mismas era la resolución de problemas, porque “es el mejor camino para desarrollar estas competencias ya que es capaz de activar las capacidades básicas del individuo”. Además, está claro que “centrar la actividad matemática en la resolución de problemas es una buena forma de convencer al alumnado de la importancia de pensar en lo que hace y en cómo lo hace” (Rupérez Padrón [2]).

Barrows [3], define la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas como un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos.

Sus características fundamentales fueron fijadas por este autor y entre ellas podemos citar: el aprendizaje está centrado en el alumno, se produce en pequeños grupos, los profesores son facilitadores o guías, los problemas son el foco de organización y estímulo para el aprendizaje y la nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido.

Por otra parte Escribano y Del Valle [4], definen el Aprendizaje Basado en Problemas como “un sistema didáctico que requiere que los estudiantes se involucren de forma activa en su propio aprendizaje hasta el punto de definir un escenario de formación autodirigida”. Puesto que son los estudiantes quienes toman la iniciativa para resolver los problemas, afirman que “es una técnica en la cual ni el contenido ni el profesor son elementos centrales.”

En tanto que Torp y Sage [5] coinciden en definirlo como “una experiencia pedagógica (práctica) organizada para investigar y resolver problemas que se presentan enredados en el mundo real”. Aclaran que “es un organizador del curriculum y también es una estrategia de enseñanza, dos procesos complementarios”. Entre las características principales del ABP mencionan que “compromete activamente a los estudiantes como responsables de una situación problemática” y “crea un ambiente de aprendizaje en el que los docentes alientan a los estudiantes a pensar y los guían en su indagación, con lo cual les permiten alcanzar niveles más profundos de comprensión.”

Como se puede observar todos los autores citados coinciden en que es una metodología netamente activa, centrada en el estudiante, basada en el mundo real y que propicia el autoaprendizaje y la indagación

Por lo expuesto, elegimos trabajar con la metodología ABP 4x4, ya que existen numerosos trabajos en investigación educativa que han estudiado y comprobado que esta estrategia es una efectiva metodología para la formación de competencias profesionales, transversales o específicas en carreras de formación profesional. Se denomina 4x4 porque se desarrolla en cuatro sesiones y se siguen cuatro pasos, a saber: Análisis inicial del problema, Investigación, Resolución y Evaluación, conocidos por la sigla AIRE [6]

Se fundamenta en los mismos principios didácticos: el trabajo con un problema de interés disciplinar y profesional, que actúa como disparador y encuadre de interrogantes acerca de lo conocido y lo no conocido por el grupo de estudiantes autorregulado; identificación de aquello que no conocen y deberían conocer para comprender mejor el problema, planteo de los objetivos de aprendizaje para orientar la búsqueda y lectura bibliográfica que les permita avanzar en la tarea. Luego, la puesta en común y la discusión entre pares acerca de los contenidos que hayan podido estudiar, como aporte a todo el grupo; y finalmente el avance del mismo hacia una mejor comprensión, y, en algunos casos, la solución del problema planteado.

Como podemos apreciar, aplicar esta metodología, implica un cambio en cuanto a los roles tradicionales del profesor y los alumnos, ya que estos últimos son ahora los responsables de

sus propios aprendizajes. En cuanto al profesor, éste debe adoptar el papel de ser guía del aprendizaje de los estudiantes.

Posteriormente, en el proyecto “Las competencias matemáticas y su desarrollo curricular en los primeros años en carreras de ingeniería. El caso de la Facultad Regional Resistencia”, desarrollado a partir de 2014, nos propusimos intervenir en la realidad del aula a través de procesos de enseñanza y aprendizaje concretos en materia de competencias.

Como hemos dicho, se trabajó con cursantes de las materias Álgebra y Geometría Analítica y de Matemática Discreta, que son asignaturas de primer año de diferentes carreras de ingeniería que se dictan en la Regional. Se organizaron pequeños grupos de estudiantes que interactuaron con el profesor. Se puede decir que de esta manera los mismos aprendieron “de” y “con” los demás. Realizaron estudios en forma individual y grupal.

Como el proyecto se enmarcó en la línea de Investigación – acción (I-A), no solamente se continuó con el análisis de la problemática, sino además se propusieron acciones remediales a partir de lo indagado por el equipo de investigación en los últimos años. A su vez, se pretendió continuar con la generación de espacios institucionales de comunicación y debate en torno a los resultados que se fueron obteniendo. Por la fuerte conexión que tiene con la práctica docente, la I-A puede definirse por su propio método de trabajo, que tiene como ejes centrales los siguientes ciclos o fases: planificación, acción, observación y reflexión. Estas fases mantienen una interrelación constante conformando, según Carr y Kemmis [7] una espiral autorreflexiva. Según Elliott [8] la I-A, es una forma de autoperfeccionamiento por parte del profesor. En este sentido, los objetivos del proyecto fueron: 1- Mejorar la calidad de la enseñanza por medio de la investigación cooperativa en la acción, en un campo de común interés: en este caso, la matemática como disciplina básica para las carreras de ingeniería. 2- Contribuir al desarrollo institucional de la Facultad Regional Resistencia (FRRe) en materia de docencia universitaria. 3-Coadyuvar en el desarrollo de una cultura profesional común, formando un banco de conocimientos profesionales relativos a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la matemática.

Así es que, convencidas de que el ABP es la metodología de enseñanza más adecuada para nuestros estudiantes, decidimos compartir nuestra experiencia con los docentes relacionados con el área matemática.

En este marco diseñamos un curso para profesores de la Regional, al que denominamos “Las competencias matemáticas en la formación del ingeniero” cuyos destinatarios fueron los docentes de la FRRe que dictan materias en los primeros años de las carreras de ingeniería, relacionadas con las Ciencias Matemáticas.

2. Materiales y Métodos

Trabajamos con el formato de seminario-taller, y las actividades fueron tanto presenciales como mediadas por el entorno virtual a través de la Plataforma Moodle de la Facultad. La carga horaria fue tres encuentros presenciales y tres encuentros virtuales. Finalmente los cursantes utilizaron la plataforma para enviar sus trabajos finales que les permitieron aprobar el curso.

Aplicamos estrategias formativas fundadas en la resolución de situaciones problemáticas, simulación, y breves exposiciones dialogadas. Todo el desarrollo de las mismas se sustentó en propuestas colaborativas de producción (grupales) a partir de las afinidades por asignaturas.

Los temas desarrollados fueron: Educación por competencias y las propuestas globalizadoras, La planificación didáctica en matemáticas: estrategias de enseñanza y aprendizaje por

competencias (ABP, Casos, Proyectos, Simulación) y Evaluando la propuesta de enseñanza, la investigación acción

Planteamos las sesiones de ABP siguiendo el siguiente encuadre metodológico:

Primera sesión: en el primer tramo del encuentro analizamos los temas Educación por competencias y las propuestas globalizadoras, la planificación didáctica en matemáticas: estrategias de enseñanza y aprendizaje por competencias (ABP, Casos, Proyectos, Simulación). Continuamos con la conformación de los grupos por materias afines, a los cuales entregamos un problema que actuó como disparador de las actividades colaborativas grupales

El problema elegido para trabajar fue el siguiente:

“Y si cambiamos?”

El equipo de una asignatura básica de los primeros años de una carrera de Ingeniería todos los años tiene problemas con el aprendizaje con Sistema de ecuaciones. Han venido prestando atención año tras año y se han dado cuenta que siempre les genera dificultades a los estudiantes, o porque no lo entienden, o porque no integran los contenidos teóricos y prácticos. El sentimiento de frustración crece con el paso de los años, y en una reunión de asignatura, Roberto, un JTP, decide ponerlo sobre la mesa de discusión:

Roberto (JTP): “Miren, siempre nos pasa lo mismo con el aprendizaje de sistemas de ecuaciones de los chicos, yo ya estoy cansado de ver todo el tiempo las mismas dificultades, y no hacer nada para que lo aprendan...no se me ocurre nada...”

Mariana (Adjunta): “Es cierto, el año pasado ya nos pasó lo mismo, y hablando entre nosotros, se nos había ocurrido cambiar la metodología de clases. Es más, ¿se acuerdan que después del congreso de enseñanza de ingeniería del año pasado, dijimos que íbamos a trabajar con ABP, para ver si con esa metodología podíamos romper con la fragmentación teoría-práctica. ¿Se acuerdan? Después que escuchamos una ponencia muy interesante de un grupo de profes...”

Armando (Titular): “Miren, yo ya les dije que no tengo inconvenientes en cambiar la metodología, lo único que les pedí es que me demuestren paso a paso que eso del ABP va a servir para aprender mejor, si ustedes me lo demuestran, cambiamos; pero necesito saber cómo es que esta nueva metodología realmente ayuda a razonar como un profesional de la ingeniería, qué procesos mentales van a hacer los estudiantes y cómo después vamos a evaluarlos, porque recuerden que nosotros tenemos que poner una nota al final y decir si sabe o no algo...”

Julia (Adjunta): “yo también quiero saber en detalle, porque si no, yo prefiero seguir con nuestras clases magistrales de siempre y que apruebe al que le da la cabeza y estudió, tampoco podemos facilitarle todo a los estudiantes, qué estudien!”

Para trabajar este problema los docentes que formaron grupos por asignatura y siguiendo esta metodología se abocaron a buscar información, y a procesarla, asumiendo los distintos roles propios de la estrategia del ABP.

Segunda sesión: Tratamos los temas: Evaluando la propuesta de enseñanza, la investigación acción. Compartimos aquí nuestra experiencia en la aplicación de esta metodología de enseñanza en las asignaturas Álgebra y Geometría Analítica y Matemática Discreta. Luego cada grupo se abocó a la resolución del problema planteado en la primera sesión con la investigación de los contenidos necesarios para resolverlo. Experimentaron así las actividades y la forma de trabajo que llevan a cabo los alumnos cuando se trabaja con esta metodología.

Tercera sesión: Luego de transitar por todas las etapas del ABP, los docentes cursantes expusieron sus conclusiones en el último encuentro del Seminario Taller.

Los grupos llevaron a cabo la puesta en común produciéndose un debate enriquecedor, acompañados por el equipo organizador. Luego compartimos con los cursantes la forma en que evaluamos a nuestros alumnos en las asignaturas mencionadas.

Por último explicamos la forma en que evaluaríamos el seminario-taller. La misma consistió en enviar a través de la plataforma virtual un problema del ámbito específico de cada asignatura, indicando los objetivos de aprendizaje y preguntas sugeridas para el tutor (de apoyo a las tutorías).

Así es como el curso se constituyó en un espacio de desarrollo de competencias específicas para la construcción de propuestas de enseñanza y aprendizaje de competencias matemáticas. Con lo cual, el centro de interés del mismo fue el docente que ejerce la docencia en los primeros años, en un contexto singular de formación de grado: el ciclo básico de las carreras de ingeniería.

3. Resultados y Discusión

Consideramos que las producciones grupales presentadas fueron muy apropiadas e interesantes, adecuadas en su forma y presentación. Los problemas muy bien estructurados y planteados. Sin embargo, en algunas de ellas fue necesaria nuestra intervención para que los problemas asumieran un formato de relato, con personajes y situaciones concretas que representen en la vida cotidiana aquello que se quiere desarrollar como contenido. Así los estudiantes se introducen en una descripción que vincule el lenguaje formal, a la realidad concreta, y a la práctica profesional del ingeniero.

Durante el seminario-taller se produjeron diálogos enriquecedores, fue un espacio de intercambio de ideas, propuestas y debate sobre la problemática de la enseñanza y el aprendizaje en los primeros años de nuestra Regional.

Los docentes cursantes opinaron que era muy buena la propuesta, les permitió tener otra visión sobre el desarrollo de sus asignaturas, consideraron que esta metodología de enseñanza favorecería el aprendizaje, permitiría a los estudiantes prepararse de a poco para su inserción en su futura vida como profesional de la ingeniería. Permitiría además desarrollar competencias transversales tales como trabajo en equipo, responsabilidad individual y grupal, autoaprendizaje, etc.

4. Conclusiones y recomendaciones

Vimos que una buena forma de acercar a los docentes la metodología ABP era sometiéndolos a ellos mismos al ABP. Así estarían experimentando en carne propia lo que después podrían aplicar con sus alumnos.

Los docentes que realizaron el curso opinaron, en general, que quedaron muy satisfechos con la metodología de enseñanza. Algunos manifestaron su intención de implementar la misma en sus respectivas cátedras.

A raíz de la aceptación que tuvo el seminario entre los docentes, en el presente año volvimos a implementarlo.

En esta ocasión los docentes estuvieron conformes nuevamente con la propuesta de trabajo.

Entre los participantes del Seminario Taller del pasado año se encontraban profesores titulares y autoridades de la Regional, quienes solicitaron trabajar al año siguiente en forma conjunta

con los integrantes de este grupo de investigación para aplicar la metodología ABP en las materias integradoras de las carreras de IEM e IQ. Como corolario de esta experiencia surgió un nuevo Proyecto de investigación que denominamos “El desarrollo de las competencias en materias integradoras de las carreras de Ingeniería Química y Electromecánica de la FRRe de la UTN” que se inscribe nuevamente en la línea de Investigación – acción (I-A) porque pretende, no solamente continuar con el análisis de la problemática, sino además proponer acciones remediales a partir de lo indagado por el equipo de investigación en los últimos años. Por lo expuesto, esta metodología de trabajo parece ser la más adecuada para realizar esta investigación, ya que además promovería el autoperfeccionamiento de los docentes de las asignaturas involucradas.

5. Referencias

- [1] DALFARO, N.; DEMUTH, P.; DEL VALLE, G.; AGUILAR, N. (2011). *Los ingresantes de ingeniería de la FRRe y el estudio de la construcción de las competencias matemáticas*. Revista Científica La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. -en el Nordeste Argentino – N.E.A. Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia .EduTecne (Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional). ISBN 978-987-27897-0-1. Vol.1.
- [2] RUPÉREZ PADRÓN, J. A. Y GARCÍA DÉNIZ, M., (2008). *Competencias, matemáticas y resolución de problemas*. Números 69. Sociedad Canaria de Profesores de Matemática Isaac Newton, 2008, [Consulta: 20 mayo 2016].
http://www.sinewton.org/numeros/numeros/69/ideas_01.pdf
- [3] BARROWS, H.S. (1986). *A Taxonomy of problem-based learning methods*, en Medical Education, 20/6, 481–486.
- [4] ESCRIBANO, A Y DEL VALLE, A. (2008). *El Aprendizaje Basado en Problemas*. Madrid. NARCEA.
- [5] TORP, L Y SAGE, S. (1999). *El aprendizaje basado en problemas. Desde el jardín de infantes hasta la escuela secundaria*. Madrid. Amorrortu.
- [6] MARTÍN, A. P., ESCUDERO, J. B., MARTÍN, E. R., SANZ, J. M., MARTÍN, D.D. MAREÑO , M. V., Y SOTO, M. Á. M.(2006) Un nuevo modelo de aprendizaje basado en problemas, el ABP 4x4, es eficaz para desarrollar competencias profesionales valiosas en asignaturas con más de 100 alumnos. Aula abierta 87, 171-194.
- [7] CARR, W. y KEMMIS, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- [8] ELLIOTT, J. (1990) *La investigación-acción en educación*. Ediciones Morata.

PROYECTO DE ARTICULACIÓN ESCUELAS TÉCNICAS Y UNIVERSIDAD

Nicolás Félix Kotliar, DIIT-UNLaM, nkotliar@unlam.edu.ar

Bettina Laura Donadello, DIIT-UNLaM, bdonadello@unlam.edu.ar

Resumen— La Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), a través del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) ha elaborado un proyecto de articulación con escuelas secundarias técnicas, con los siguientes objetivos: Realizar una tarea de despertar vocacional temprano que conduzca a los estudiantes secundarios a proseguir sus estudios en carreras técnicas e ingenieriles que se imparten en el DIIT-UNLaM. Incrementar la matrícula de ingresantes a las carreras de ingeniería y técnicas. Trabajar en forma temprana las competencias ingenieriles definidas por ASIBEI y suscritas por el CONFEDI en 2006, para facilitar y mejorar la posterior formación académico-profesional de los estudiantes. Ofrecer un espacio estructurado para el cumplimiento de prácticas profesionalizantes obligatorias para alumnos de 7mo. año de escuelas técnicas del Partido de La Matanza y zonas aledañas. Desde 2006, se realizan diferentes acciones de articulación dentro de una estrategia más amplia de mejora de la formación de ingenieros. Actualmente, las mismas son realizadas en forma conjunta por un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por docentes, no docentes y asesores pedagógicos del DIIT. En el presente trabajo nos proponemos presentar la experiencia de lo actuado en los últimos diez años y en concreto, evaluar resultados de la implementación del proyecto en sus distintos ejes de actuación, planteando los desafíos a futuro.

Palabras clave— *despertar vocacional, prácticas profesionalizantes, cambio pedagógico.*

1. Introducción

La Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), a través del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), desde 2006 realiza diferentes acciones de articulación dentro de una estrategia más amplia de mejora de la formación de ingenieros.

Como se divulgó en el VI FIIU (Foro Internacional de Innovación Universitaria), celebrado en la UNA el pasado 2015 [1]: “La Universidad en general y, el DIIT en particular, se caracterizan desde sus inicios por generar una política académica tendiente a la inclusión educativa de los jóvenes que aspiran a ingresar a los estudios superiores. En los inicios de la Institución se abrieron las puertas a la vida académica esencialmente a la comunidad cercana, incluyendo a los egresados de las escuelas secundarias de la zona. Años después, se amplió dicho entorno y participan activamente jóvenes estudiantes de partidos aledaños”.

En el DIIT se favorece la articulación con las escuelas medias de la zona, el propósito de estas acciones es captar las vocaciones tempranas con especial foco en aquellas científicas y desarrollar interés en especial por las carreras tecnológicas, para ello se trabaja con las escuelas técnicas. Los proyectos intentan nuclear a estudiantes, docentes y directivos escolares con el equipo del DIIT.

En varias ocasiones en los últimos 10 años se analizaron las estrategias y contenidos del ciclo de ingreso con el fin de lograr articular los saberes provenientes de las escuelas con los saberes necesarios para el desarrollo de las actividades académicas en Ingeniería. El curso de ingreso es fundamentalmente un espacio formativo, en el que los jóvenes profundizan y afianzan nociones y competencias adquiridas en la educación secundaria, pero también supone un pasaje inicial a la vida universitaria [1].

A tal fin, se llevan a cabo: visitas a escuelas secundarias técnicas, talleres vocacionales, charlas para ingresantes, participación en ferias y exposiciones. En particular, anualmente se lleva a cabo la Expo Escuela, en forma conjunta con la Expo Proyecto, donde alumnos de escuelas secundarias y aquellos que se encuentran finalizando sus estudios, presentan proyectos de fin de carrera de ingeniería (prototipos de desarrollos informáticos, electrónicos, de alto nivel).

Estas acciones son realizadas en forma conjunta por un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por docentes, no docentes y asesores pedagógicos del DIIT.

1.1 Objetivo general

Propiciar el ingreso de los estudiantes de las escuelas técnicas al DIIT-UNLaM, fomentando en fases tempranas: vocación tecnológica, fortaleciendo el desarrollo de la innovación y el desarrollo de competencias ingenieriles definidas por ASIBEI [2].

1.2 Objetivos específicos

- Realizar una tarea de despertar vocacional temprano que conduzca a los estudiantes secundarios a proseguir sus estudios en carreras técnicas e ingenieriles que se imparten en el DIIT-UNLaM.
- Incrementar la matrícula de ingresantes a las carreras de ingeniería y técnicas.
- Trabajar en forma temprana las competencias ingenieriles definidas por ASIBEI (competencias tecnológicas y competencias sociales, políticas y actitudinales), suscritas por el CONFEDI.
- Mejorar la formación académico-profesional de los estudiantes.
- Ofrecer un espacio estructurado para el cumplimiento de prácticas profesionalizantes obligatorias para alumnos de 7mo. año de escuelas técnicas del Partido de La Matanza y zonas aledañas.

1.3 Marco teórico

Explicitaremos qué nociones utilizamos como directrices conceptuales para el desarrollo del plan de articulación:

Despertar vocacional temprano

Al término "profesión" debe asociársele la idea de "servicio", pues, al hablar de las profesiones, existe una conexión entre la práctica profesional y la vocación que se tenga hacia ella. La palabra "vocación" procede del verbo latino "voco", que significa llamar o convocar, o como sustantivo, "llamado", "invitación". La vocación es el llamado que sentimos en nosotros mismos para profesar un espíritu de servicio en aras del bien universal. Siguiendo estas acepciones, consideramos fundamental trabajar desde fases tempranas ambos aspectos como partes constitutivas del futuro ingeniero donde coexistan profesión y vocación con un perfil ingenieril [3].

La vocación no aparece como algo puntual y espontáneo, sino que se inicia en la infancia, va configurándose durante la adolescencia para definirse en la adultez. La misma se deriva desde fuera del sujeto, es exterior a él y lo invita a participar de una determinada situación: la elección de una profesión, de un trabajo, de una carrera. (Aguirre Baztán, 1996).

Esta vocación está determinada por motivos inconscientes, que pueden crear confusión en el o la estudiante y por otros más conscientes como las actitudes, aptitudes, intereses, capacidades y personalidad, los cuales pueden potenciarse o no, influidos por factores socioambientales y culturales como agentes de socialización (familia, amigos, sociedad), por el prestigio y auge de ciertos estudios en comparación con otros, el género, etc. Es el resultado de unos factores más inconscientes (a veces desconocidos por el sujeto) que pueden o no modificarse a través de los factores socioambientales y culturales (Aguirre Baztán, 1996).

Los principios de la orientación vocacional se desprenden de los principios propios de toda orientación. Álvarez González (1995) y Caballero (2005) coinciden en señalar tres principios fundamentales de la orientación académico profesional: la prevención, el desarrollo y la intervención.

La prevención implica adelantarse a las dificultades que previsiblemente pueden surgir, interviniendo tanto en situaciones personales más o menos problemáticas como en los contextos que las provocan.

El desarrollo engloba tanto el desarrollo académico y vocacional como el desarrollo personal.

En este sentido, la propuesta de Rodríguez Espinar (1993:37) para trabajar conforme a este principio es “dotar al sujeto de las competencias necesarias para afrontar las demandas de cada etapa evolutiva o el proporcionarle las situaciones de aprendizaje vital que faciliten una reconstrucción y progreso de los esquemas conceptuales del mismo”.

El de intervención social. La formación para un desempeño vital incide no sólo en el contexto de origen, sino también en los escenarios donde cada individuo se desarrolla profesionalmente.

Competencias ingenieriles

Entendemos el tránsito de la escuela secundaria a la universidad, fundamentalmente como el desarrollo y adquisición de ciertas competencias propias del mundo académico y profesional. Para el caso de las carreras que se imparten en el DIIT encontramos como relevantes las 10 Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano adoptadas por ASIBEI como “faro” para las instituciones de los países integrantes, las cuales son:

Competencias tecnológicas:

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Competencias sociales, políticas y actitudinales:

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Aprender en forma continua y autónoma.
- Actuar con espíritu emprendedor.

2. Materiales y Métodos

En el DIIT se favorece la articulación con las escuelas medias de la zona, el propósito de estas acciones es captar las vocaciones tempranas con especial interés en las vocaciones científicas y por las carreras tecnológicas, para ello se trabaja articuladamente con las escuelas técnicas, intentando nuclear a estudiantes, docentes, directivos escolares e inspectores con el equipo del DIIT. Entendemos por articulación en particular, a partir de necesidades específicas (Clases Abiertas, Olimpiadas, Exposiciones, etc.), así como también un proyecto específico de articulación en contenidos entre el Curso de Admisión de nuestra Universidad y de los contenidos afines propuestos en los Diseños Curriculares para la Escuela Secundaria, a través de las prácticas profesionalizantes.

Siguiendo los objetivos establecidos mencionados anteriormente, a continuación expondremos la relevancia de las acciones llevadas a cabo dentro del DIIT para la consecución de dichos objetivos, desde el despertar temprano por la vocación ingenieril y desde un enfoque basado en competencias.

Acciones desarrolladas: a) Prácticas profesionalizantes. b) Expo Escuela. c) Visitas a escuelas. d) Talleres de despertar vocacional para alumnos de escuelas secundarias técnicas. e) Participación en ferias y exposiciones. f) Acciones complementarias desde el DIIT y g) Acciones complementarias desde la Secretaría de Extensión Universitaria de UNLaM.

Estas acciones mencionadas, se orientan al estímulo y desarrollo temprano de las competencias indicadas por Fernández March [4] y las de egreso para el Ingeniero Iberoamericano adoptadas por ASIBEI y suscritas por el CONFEDI [5].

a) Prácticas profesionalizantes: Las prácticas profesionalizantes (PP) de 200 hs. que realizan los alumnos de séptimo. año de escuelas secundarias técnicas, en el ámbito de la UNLaM, consisten en prácticas de laboratorio (neumática, física, química, desarrollo de sistemas, realidad aumentada, preparación para la Olimpiada Informática Argentina, etc.), cursos que complementen la currícula del ciclo medio (en electrónica, electromecánica, en química de alimentos, diseño industrial, programación, utilitarios, entre otros) y desarrollo de prácticas de campo en situaciones laborales (mantenimiento edilicio de la Universidad, relevamiento de seguridad e higiene, adecuación de planos, soporte técnico informático, mantenimiento de redes, desarrollo de sistemas, etc.).

.

b) Expo Escuela: Consiste en una exposición en la que se presentan y exponen los resultados de distintos proyectos tecnológicos que desarrollan los estudiantes de escuelas secundarias técnicas.

c) Visitas a escuelas: Se realizan periódicamente en las escuelas técnicas, charlas informativas y de motivación vocacional respecto a las carreras impartidas en el DIIT por coordinadores, ingenieros y graduados de UNLaM.

d) Talleres de despertar vocacional para alumnos de escuelas secundarias técnicas: En la misma universidad, se dan charlas con videos y presentaciones informativas y motivacionales acerca de las características de la UNLaM y de las carreras de Ingeniería, Arquitectura y tecnicaturas que se ofrecen en el DIIT.

e) Participación en ferias y exposiciones: El DIIT, a través de su Secretaría de Extensión, participa asiduamente en diversas ferias y exposiciones, propias del DIIT, de la UNLaM (organizadas por la Secretaría de Extensión Universitaria), y en otras del Partido de La Matanza.

f) Acciones complementarias desde el DIIT: Preparación de alumnos para OIA (Olimpíada Informática Argentina).

g) Acciones complementarias desde la Secretaría de Extensión Universitaria de UNLaM: Participación en ferias, visitas guiadas por la Universidad, presencia en medios de UNLaM, entre otras.

Próximamente, en el año en curso, participaremos en Ferias:

- Expo Universidad Rural 22 al 26 de junio.
- Municipalidad Feria de Ciencias 15 al 20 de septiembre.
- Expo Universidad DIIT (Expo Proyecto / Expo Escuela) 25 al 30 de octubre.

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados

Dentro de los resultados obtenidos, a continuación realizamos una reseña de algunas de las actividades más destacadas.

Respecto a prácticas profesionalizantes para alumnos de escuelas técnicas, se han acreditado más de 500 alumnos que han realizado prácticas profesionalizantes a lo largo de 2014-2015 (pasando de 95 en 2014 a más de 405 en 2015).

Respecto al ingreso a la UNLaM, sobre una muestra representativa del 15% de estudiantes que finalizaron las PP se obtuvo que: 1) fueron satisfactorias con más de 7 puntos de promedio. 2) El 72% continuaría sus estudios en UNLaM y más del 90% en carreras que ofrece el DIIT.

Datos de referencia respecto a ingresantes al comenzar prácticas profesionalizantes en 2012 un total de 781 estudiantes, en 2015 un total de 831 estudiantes (dato al que hay que sumar carrera de Arquitectura con más de 150 alumnos que han ingresado), esta tendencia se perpetúa en subir la media de aspirantes a las carreras técnicas e ingenieriles que ofrece el DIIT (superando en 2016 los 1000 alumnos).

En el primer cuatrimestre de 2016, han comenzado a realizar PP más de 300 estudiantes. Y otros 300 específicamente en OIA (preparación para estudiantes de escuelas secundarias para las Olimpíadas Argentinas de Informática, dentro de los cuales 90 son de 7° año y se les computa como horas de PP).

Áreas de PP 1C 2016: Desarrollo de Sistemas, Laboratorio de Informática, Soporte Informático, Electromecánica, Radio, Taller de Neumática y Electroneumática, Gestión y Control de la calidad, Diseño Industrial, Seguridad e Higiene, Electromecánica y OIA Programación.

En 2015, al igual que otros años, se realizó Expo Escuela con una participación de 20 escuelas técnicas estatales y privadas, con 40 proyectos (algunos de ellos: prototipo de silla de ruedas automatizada, leche para diabéticos, sistema de monitoreo para hogares, prototipo eléctrico de auto que participó en Eco 2015). En paralelo se realizó la Expo-Proyecto, donde se presentaron 27 proyectos de fin de carrera y 12 robots.

Todos los proyectos son premiados en las categorías: impacto social, innovación y transferencia tecnológica.

En 2016, ya hay convenio con más de 25 escuelas de La Matanza y zonas de influencia, con buena interacción con directivos, docentes e inspectores involucrados.

En 2014, se realizaron 5 Talleres de Orientación Vocacional, con más de 180 asistentes por instancia. Y se llevaron a cabo 5 Charlas informativas sobre el curso de ingreso, y las características de las Carreras de Ingeniería con más de 180 asistentes por instancia.

Como acciones complementarias de articulación desde el DIIT, cabe destacar:

Resultados de acciones de articulación desde la Secretaría de Extensión Universidad de UNLaM, podemos mencionar:

- 150 Visitas guiadas por las instalaciones de la Universidad - cubriendo un aproximado de 6000 jóvenes que han recorrido nuestra Universidad durante las dos jornadas.

- Participación de la Radio R.U. 89.1 en vivo donde se hicieron entrevistas a participantes, docentes, expositores y organizadores.

- Participación del Periódico El 1, con la realización de la tapa del diario personalizada a cada colegio que visito la feria.

- Proyección de 50 cortometrajes, realizados por alumnos de 30 escuelas secundarias, cuya temática se propuso que fuera los Derechos Humanos.

A continuación, algunas imágenes de la Feria Educativa UNLaM, celebrada recientemente, los días 9 y 10 de junio de 2016, con la Charla Vocacional del DIIT, a la cual han acudido más de 300 alumnos interesados por realizar carreras de ingeniería, tecnicaturas y arquitectura que se ofertan en el Departamento, con aforo completo:



Fotos Feria Educativa UNLaM. Charla Vocacional & Stand DIIT 2016.
Fuente: DIIT-UNLaM

3.2 Discusión

Fernández March [4] señala la importancia, para el aprendizaje de competencias en la universidad, de producir “...situaciones de aprendizaje contextualizadas, complejas, focalizadas en el desarrollo en los estudiantes de la capacidad de aplicación y resolución de problemas lo más reales posibles”. Al mismo tiempo, se señala que la formación de competencias hace necesario el contacto con los contextos sociales y profesionales en los que el futuro titulado va a tener que intervenir.

En este sentido las PP, como su nombre lo indica, consisten básicamente en *haceres* más que en *saberes*, o en todo caso estos últimos se desprenden de las acciones que los estudiantes llevan a cabo como si ya estuviesen ejerciendo la función profesional. De esta forma, gracias a la dinámica de enseñanza y aprendizaje en un contexto cuasi-real y bajo la tutoría de los docentes, los alumnos van adquiriendo y desarrollando competencias: tecnológicas, sociales, políticas, actitudinales, personales y de inducción a la cultura universitaria de cara a poder facilitar el acceso y el despertar vocacional.

En el presente plan de articulación, se trabajan en forma integrada los aspectos vocacionales, competenciales y profesionales.

El perfil profesional del futuro ingeniero abarca un rango mucho más amplio de actividades que los reconocidos tradicionalmente en esta profesión. Así, hoy en día el perfil del ingeniero se ha extendido a roles gerenciales, políticos, comerciales.

Es por ello, que entendemos clave para el desarrollo de prácticas profesionalizantes, en este nivel y profesionales a lo largo de toda la carrera de ingeniería, el contar con infraestructura y equipamiento tecnológico de alto nivel, con profesionales / docentes altamente cualificados para responder a las demandas de nuestros alumnos-profesionales del mundo tecnológico.

Por ejemplo, en algunas PP, deben realizarse cursos más teóricos de lo esperado, debido a escasez de insumos o disponibilidad de laboratorios especialmente equipados. Un aspecto

que consideramos básico a ser revertido para seguir en la línea que marca el desarrollo del futuro profesional, como hemos mencionado.

Esto se ve corroborado también por los resultados de algunas de las encuestas hechas a alumnos de las PP 2014-2015, en las que destacan su preferencia por las prácticas tipo taller o laboratorio frente a las instancias de cursos teóricos.

Las universidades ¿disponen del andamiaje compuesto de todos los recursos necesarios (económicos, humanos, materiales y técnicos) para convertirse en una plataforma formadora de competencias de alto nivel, como es requerido? ¿Qué debemos hacer para lograrlo?

4. Conclusiones y recomendaciones

El Proyecto se encuentra en permanente proceso de adaptación a las necesidades de los alumnos y de la comunidad de influencia del Partido de la Matanza y zonas aledañas. Se trabaja en forma colaborativa con la Secretaría de Extensión Universitaria de la UNLaM. El mismo centra su intervención en la mejora de actividades de extensión universitaria y en las prácticas docentes.

La generación de proyectos en la Expo y la participación en las PP con producciones concretas evidencian que los estudiantes han desarrollado competencias ingenieriles, en términos de ASIBEI. Asimismo, los datos de encuestas muestran preliminarmente que las PP tuvieron un impacto positivo en el ingreso a la Universidad, como detallamos en los resultados respecto al crecimiento de matrícula de ingresantes en el DIIT, desde 2012 a 2016, ascendiendo a 1000 alumnos.

Consideramos indispensable una revisión a fondo y consecución de los recursos disponibles indicados en el apartado de discusión, para poder implementar las distintas instancias de formación del tipo “prácticas” en forma completa, en todas las instancias en las que las currículas y programas de formación de la universidad así lo requieran.

En este sentido, en 2016 estamos en proceso de analizar más profundamente los resultados obtenidos, los recursos necesarios, evaluar las acciones y la calidad a fin de mejorar el Proyecto en su conjunto. Serán considerados entre otros aspectos: la información proporcionada a los alumnos antes, durante y al cierre de las prácticas (seguimiento), motivación y *expertise* de los docentes que imparten PP, material disponible para alumnos, adecuación de las prácticas ofertadas respecto a la especialidad de interés de los alumnos / de la escuela técnica.

5. Referencias

- [1] SPÓSITTO, O., BLANCO, G. Y DONADELLO-ANADÓN, B. (2015): [Comunicación oral]: Innovación pedagógica en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza. *En: VI Foro Internacional de Innovación Universitaria. Innovación en la Formación del Profesorado Universitario. Contribuciones desde la docencia, gestión, investigación y tecnologías.* Asunción, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción. Del 21 al 23 de septiembre del 2015.
- [2] ASIBEI. Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería. <<www.asibei.net>>
- [3] PONTORIERO, D., DONADELLO, B.L. Y KOTLIAR, N. F. (2015): [Comunicación oral]: Plan de Articulación Escuela Secundaria Técnica-Universidad. *En: CIGU 2015.*

XV Coloquio Internacional de Gestión Universitaria (CIGU 2015). "Desafíos de la Gestión en la Universidad del Siglo XXI". Mar del Plata, República Argentina: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata. 2, 3 y 4 de diciembre de 2015.

- [4] FERNÁNDEZ MARCH, A. (2006): Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24 · 2006. pp. 35 – 56
- [5] CONFEDI (2014): *Competencias en ingeniería*. Universidad FASTA. Mar Del Plata.

PERCEPCIÓN DE GRADUADOS EN INGENIERÍA ACERCA DE LA FORMACIÓN EN COMPETENCIAS RECIBIDA: UN ESTUDIO EXPLORATORIO

Lucrecia Moro, Grupo de Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Ingeniería (GIEnApI), Departamento de Ingeniería Química y en Alimentos-Facultad de Ingeniería- UNMDP, lemoreo@mdp.edu.ar

Victoria Hormaiztegui, GIEnApI, FI-UNMDP, m.e.v.hormaiztegui@fi.mdp.edu.ar

Julieta del Hoyo, GIEnApI, FI-UNMDP, julidelhoyo@fi.mdp.edu.ar

José Gallo, GIEnApI, FI-UNMDP, gallototi@gmail.com

Guillermo Gómez, GIEnApI, FI-UNMDP, guigomez@fi.mdp.edu.ar

Fabián Buffa, GIEnApI, FI-UNMDP, fbuffa@fi.mdp.edu.ar

Resumen— El GIEnApI junto a la Comisión de seguimiento de planes de estudio vienen realizando una serie de acciones que tienden a crear espacios de discusión y reflexión acerca de la evolución de los mismos. Durante el transcurso del año 2014 se realizó una encuesta a graduados para conocer cuál es la valoración, desde su experiencia laboral, que le dan a las competencias genéricas recibidas durante su formación académica.

Se presentan los resultados obtenidos a partir de un instrumento diseñado para tal fin, teniendo en cuenta el Documento sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino establecidas por CONFEDI y un listado de competencias elaboradas por estudiantes que cursan la asignatura “Introducción al Desempeño Profesional”, y que han sido consideradas como las más relevantes en la formación del ingeniero. Se encontró que los graduados hacen una buena valoración de la formación recibida en cuanto a las habilidades para resolver problemas de ingeniería, utilizar de manera efectiva las técnicas de la ingeniería, desempeñarse efectivamente en equipos de trabajo y aprender en forma continua y autónoma. En cambio se observa un déficit en las habilidades vinculadas con la gestión de proyectos de ingeniería y la contribución a la generación de desarrollos tecnológicos. A partir de los resultados obtenidos se ha decidido profundizar la indagación en los aspectos que se ha apuntado en este estudio.

Palabras clave— *ingeniería, planes de estudio, graduados, competencias.*

1. Introducción

Los cambios globales producidos en los ámbitos de la ciencia, la tecnología, la política y la cultura están incidiendo significativamente en las formas de vida de los seres humanos, así como en las reformas de los sistemas educativos en todos los países. El proceso de modernización de la educación superior, ha impulsado cambios curriculares hacia los modelos por competencias. El cambio de un modelo por objetivos a uno por competencias es un reto que las diferentes carreras vienen asumiendo en nuestro país con diferentes grados de compromiso, según el convencimiento que las autoridades de las Universidades y sus Unidades Académicas hayan alcanzado de este proceso que se considera trascendente, especialmente desde el punto de vista pedagógico.

Según Sladogna [1] las competencias son capacidades complejas que poseen distintos grados de integración y se manifiestan en una gran variedad de situaciones en los diversos ámbitos de la vida humana personal y social. Son expresiones de los diferentes grados de desarrollo personal y de participación activa en los procesos sociales. Agrega la autora que toda competencia es una síntesis de las experiencias que el sujeto ha logrado construir en el marco de su entorno vital amplio, pasado y presente. Masseilot [2] afirma que el concepto de competencia es elástico y flexible, dirigido a superar la brecha entre trabajo intelectual y manual.

Como puede verse, el concepto de competencia es bastante amplio, integra conocimientos, potencialidades, habilidades, destrezas, prácticas y acciones de diversa índole (personales, colectivas, afectivas, sociales, culturales) en los diferentes escenarios de aprendizaje y desempeño.

Las competencias se expresan en su forma más expedita en el desempeño. Maurino, Reason, Johnston y Lee [3] proponen una taxonomía que comprende tres niveles de desempeño humano basado en:

- Habilidades en tareas ampliamente practicadas y programadas.
- Reglas preestablecidas en una situación modificada y prevista.
- Conocimiento (comprensión) y uso de técnicas para la resolución de problemas y para encontrar soluciones a situaciones nuevas.

Podemos entonces decir que las competencias son diferentes en cada situación y momento, por lo que permite suponer la existencia de conflictos, dado lo inasible del concepto y su condición de construcción social [4]. Se desarrollan a través de experiencias de aprendizaje en cuyo campo de conocimiento se integran tres tipos de saberes: conceptual (saber conocer), procedimental (saber hacer) y actitudinal (saber ser). Son aprendizajes integradores que involucran la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje (metacognición) [5].

En particular en Argentina, y en palabras del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI):

“Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo. Trabajar por competencias, o integrar de manera intencional las competencias, supone un marco que facilita la selección y tratamiento más ajustados y eficaces de los contenidos impartidos” [6].

Ahora bien, la diferencia fundamental entre un currículo basado en competencias y un currículo convencional, es que en el primer caso la planificación de la docencia se hace a partir de un diagnóstico prospectivo de la realidad donde se va a desempeñar el egresado o la egresada y particularmente sobre las funciones y las tareas que determinan su ejercicio profesional. La planificación de la docencia tradicional se basa más bien en las lógicas conceptuales que especifican los especialistas del mundo académico.

El presente trabajo tiene su origen en el cumplimiento de los 10 años de vigencia de los actuales planes de estudio de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos, a fin de analizar la marcha de los mismos. Si bien estos Planes no fueron diseñados ni reformulados en base a las competencias recomendadas por el CONFEDI, igualmente se decidió tomarlas como referencia para el análisis, a fin de contribuir al trabajo de la comisión de seguimiento de los planes de estudio del Departamento de Ingeniería Química y en Alimentos.

El objetivo, entonces, que se persiguió y el del presente trabajo fue indagar acerca de la percepción de los graduados que cursaron sus estudios bajo los planes de estudio vigentes, acerca del alcance logrado en las competencias genéricas redactadas por el CONFEDI para las carreras de Ingeniería.

2. Marco Conceptual

2.1 Competencias en educación

El término competencias Achaerandio [7] lo define como “un conjunto denso, complejo, integrado y dinámico de saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales que un ser humano ha conseguido desarrollar a ciertos niveles de calidad; y que le hacen apto para seguir aprendiendo (significativa, funcional y permanente); esencialmente, hacen al sujeto competente para realizarse humanamente, socialmente y laboral o profesionalmente.”. Una definición similar presentan Villa y Poblete [8], ya que se refieren a competencia como “el buen desempeño en contextos diversos y auténticos basado en la integración y activación de conocimientos, normas, técnicas, procedimientos, habilidades y destrezas, actitudes y valores”. Estos autores explican también que las competencias son factores de superación individual y grupal, ya que permiten el desarrollo propio para complementar con el otro y lograr el mutuo beneficio.

Las competencias también se relacionan con la resolución de problemas, y se presentan como alternativa a modelos formativos que son insuficientes para dar respuesta a necesidades laborales y problemas que depara la vida [9].

Las definiciones de competencia, difieren según el enfoque del autor que lo plantea. Villa, Poblete, Campo y Arranz [10] presentan elementos comunes que se extraen de las diferentes definiciones de competencias y poseen elementos clave que deben tomarse en cuenta al momento de plantearlas y aplicarlas:

- La competencia está vinculada a un contexto determinado: el contexto puede marcar lo competente que es un individuo, es por ello que debe tomarse en cuenta e ir de lo simple a lo complejo.
- La competencia tiene integrados sus recursos: más que evaluar el desempeño, la competencia se debe desglosar en elementos claros para el alumno y observables para el docente.
- Las competencias están sometidas a cambios: la flexibilidad ante los cambios denotará el ejercicio de su juicio experto.

- Las competencias tienen conexión con tareas y actividades: La adecuada ejercitación por medio de actividades y tareas, llevarán al individuo a ser competente.
- La competencia tiene un requerimiento de aprendizaje y desarrollo: el aprendizaje es un ciclo sistémico que integra saberes y destrezas que le permiten fundamentar criterios para actuar.
- Las competencias están relacionadas: las competencias no se desarrollan de forma aislada, deben relacionarse unas con otras, o ser base de otras.

Estos autores clasifican a las competencias en Genéricas y Específicas. Las competencias genéricas son llamadas también básicas o claves y son comunes y necesarias para todas las profesiones y deberían cultivarse desde preescolar. Para Villa y Poblete [8] este tipo de competencias son útiles y valiosas para un buen desempeño profesional y pueden adquirirse durante el período académico universitario. Las competencias específicas son aquellas que van asociadas a áreas concretas de conocimiento profesional; y responden a las demandas de las diversas profesiones, áreas académicas y carreras.

2.2 Competencias en carreras de Ingeniería

El CONFEDI, reunido en la ciudad de Santa Fe en mayo de 2005, elabora el documento preliminar “Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005 – 2007”, donde confirman la estructura actual de las carreras de cinco años e inician los debates acerca de un nuevo modelo de enseñanza de la ingeniería basado en competencias, contenidos y créditos [11]. En el año 2009, este plenario reunido en la ciudad de Bahía Blanca, aprueba por unanimidad el documento que sintetiza las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Este acuerdo orienta a las Facultades de Ingeniería en la definición de sus procesos de enseñanza y de aprendizaje tendientes al desarrollo de competencias en sus alumnos. En el año 2014 publica: Documentos de CONFEDI, Competencias en Ingeniería. Dicha publicación contiene los siguientes documentos, “Declaración de Valparaíso” sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, “Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino” y el documento “Competencias Requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina” [6].

2.3 Competencias Genéricas

Las competencias genéricas deben reunir ciertos criterios, Villa, Poblete, Campo y Arranz [10] enumeran los siguientes:

- Son consistentes con los principios de los derechos humanos y los valores democráticos.
- Desarrollan la capacidad individual para una buena y exitosa vida.
- No son incompatibles con la diversidad individual y social.
- Son integradoras de las capacidades humanas.
- Desarrollan la autonomía de las personas.
- Desarrollan el aprendizaje significativo.
- Son multifuncionales.
- Son transversales.
- Se refieren a un orden superior de complejidad mental.

Para el CONFEDI [6] las competencias genéricas son aquellas competencias profesionales comunes a todos los ingenieros, y las divide en Competencias Tecnológicas y Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales según:

- Competencias Tecnológicas:

1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
3. Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar- proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

- Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales:

1. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
2. Competencia para comunicarse con efectividad.
3. Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
4. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
5. Competencia para actuar con espíritu emprendedor.

3. Materiales y Métodos

Se planteó una investigación de corte exploratorio, con el objetivo de indagar acerca de un tema de estudio que no ha sido abordado con anterioridad. Los estudios exploratorios sirven para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular y establecer prioridades para dar continuidad a la investigación.

En este caso particular el objetivo es indagar en graduados de la Facultad de Ingeniería de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos, acerca de la percepción que tienen con respecto al logro de las competencias genéricas desarrolladas durante el transcurso de la carrera, y que son necesarios para el desarrollo profesional.

3.1 Participantes

La población constó de todos los graduados (122) de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos que cursaron las carreras con los Planes de estudio 2003, distribuidos de la siguiente manera: 34% de Ingeniería en Alimentos y 66% de Ingeniería Química. De los cuales participaron de este estudio 98 graduados, 25% de Ingenieros/as en Alimentos y 75% de Ingenieros/as Químicos/as.

3.2 Instrumento

Para indagar acerca de las competencias que los graduados perciben como alcanzadas se diseñó un instrumento tipo encuesta autoadministrada con 48 preguntas, 11 cerradas, 1 abierta de opinión, 12 de respuestas múltiples y 24 con escala tipo Likert.

El instrumento se encuentra dividido en cinco partes. La primera parte que permite recolectar las variables sociodemográficas: género, estudios previos, carrera, título obtenido, y sus experiencias laborales iniciales (estrategias de búsqueda del primer empleo, tiempo que tardó en conseguirlo, en qué consistió ese trabajo, dónde se encontraba la empresa). La segunda parte con 6 ítems de respuestas múltiples indaga acerca de su primer trabajo. La tercera parte consta de 6 ítems de respuesta múltiple que indagan acerca de su trabajo en el momento de realizarse la encuesta. La cuarta parte diseñada con una escala tipo Likert que se divide a su vez en dos bloques, una de ellas con los 10 ítems que corresponden a las competencias genéricas de CONFEDI y la segunda con 14 ítems de relacionados a competencias que los propios estudiantes de ambas carreras consideran de relevancia profesional y que fueron trabajadas en la asignatura “Introducción al Desempeño Profesional” durante los últimos quince años, se muestran en las Tablas 1 y 2. Y por último la encuesta se cierra con una pregunta abierta a la opinión y comentarios. El instrumento se encuentra disponible en <https://goo.gl/mzzi2y>

Para validar el instrumento se utilizó el juicio de expertos, seleccionando para ello profesionales de la ingeniería con experiencia en la elaboración de instrumentos

3.3 Procedimiento

Para realizar el presente trabajo se realizaron los siguientes pasos:

- Se relevó la cantidad de graduados que habiendo cursado la carrera con el Plan de estudio 2003 concluyeron sus estudios entre los años 2007 y 2014, y sus respectivos contactos de correo electrónico.
- Se diseñó el instrumento de 48 preguntas antes detallado.
- Se validó el instrumento por medio de juicio de expertos.
- Se envió el instrumento por correo electrónico y/o distintas redes sociales de forma privada.
- Se tabularon los datos obtenidos del instrumento.
- Se realizó el análisis estadístico de los datos.
- Se elaboró la discusión de los resultados.

3.4 Análisis de datos

El instrumento fue enviado por correo electrónico y/o distintas redes sociales (LinkedIn, Facebook) de forma privada a todos los graduados, obteniendo 98 respuestas de 122 encuestados (80.33%), 25% de Ingenieros/as en Alimentos y 75% de Ingenieros/as Químicos/as. Luego de un período de 3 meses, en el cual se observó que no se iban a obtener más respuestas, se dio por concluida la encuesta con los porcentajes anteriormente mencionados.

Se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos para las 4 secciones.

- Sobre el graduado y su búsqueda laboral:
 - Duración de la carrera.
 - Estudios secundarios (escuela técnica, otra).
 - Lugar de residencia anterior a comenzar la carrera.

- Especialidad (Química o en Alimentos).
- Si al momento de realizar la encuesta estaba trabajando.
- Hacia qué tipo de empresa dirigió la búsqueda de su primer trabajo (pública, privada).
- Qué tipo de puesto laboral buscaba (investigación, producción, etc.).
- Si la búsqueda estuvo influenciada o no.
- Sobre el primer empleo:
 - Tiempo en conseguir el primer empleo.
 - Carácter de la Empresa (estatal, privada).
 - Tamaño de la Empresa.
 - Ubicación de la Empresa.
 - Objeto social de la Empresa.
 - Área de desempeño.
- Sobre el empleo al momento de contestar la encuesta:
 - Situación laboral (empleado, empresario, independiente).
 - Carácter de la Empresa (estatal, privada).
 - Tamaño de la Empresa.
 - Ubicación de la Empresa.
 - Objeto social de la Empresa.
 - Área de desempeño.
- Sobre las competencias:
 - el nivel de capacitación que considera haber recibido durante el desarrollo de sus estudios en cada una de las competencias indicadas (mucho/poca/nula).
 - la importancia que considera que tienen las competencias seleccionadas en base a su desarrollo profesional

4. Resultados y Discusión

4.1 Análisis de los resultados sobre el empleo al momento de responder la encuesta

De los datos extraídos de la encuesta a los graduados, se observa que cerca del 90% de los egresados contaban con trabajo al momento de realizar la misma. El 68,5% de los logró conseguir su primer trabajo en menos de 6 meses luego de iniciada la búsqueda, mientras que el 22,5% lo consiguió en menos de un año, por lo tanto el 89% de los graduados que contaban con trabajo, consiguieron su primer puesto laboral en menos de un año. Aparte de ello, el 47,2% de los Ingenieros graduados con el plan de estudio 2003 trabaja en la ciudad de Mar del Plata y cerca del 20% trabaja a menos de 500 km de la ciudad de Mar del Plata. Un análisis que se puede realizar de estos datos, es que las competencias adquiridas durante su paso por la Facultad lograron una capacitación que les permitió afrontar con éxito las etapas de selección en los diferentes ámbitos laborales en los que eligieron incorporarse (empresas, docencia,

investigación, etc.) y a su vez pone en duda el mito de que los Ingenieros egresados en nuestra ciudad no pueden ejercer en la misma.

Sin lugar a dudas estas especialidades (Ingeniería Química y en Alimentos) permiten que el egresado trabaje por su cuenta, por ejemplo en una consultora o en un emprendimiento propio, o bien que trabaje en relación de dependencia en empresas marplatenses y en la Universidad. En la Figura 1 se muestra el porcentaje de graduados que trabaja en empresas de diferentes tamaños de la ciudad de Mar del Plata (el tamaño de la empresa se relaciona con la cantidad de empleados que posee).

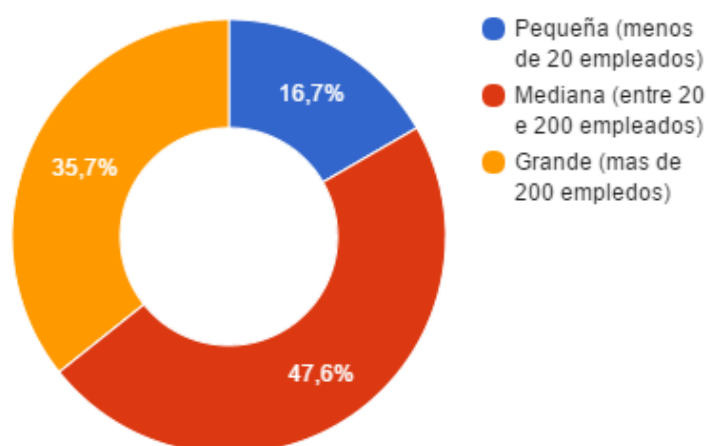


Figura 1. Porcentaje de graduados en función al tamaño de empresa en la que trabajan en la ciudad de Mar del Plata.

Fuente: elaboración propia

Se observa un porcentaje importante de graduados ocupados en empresas de gran tamaño. Dado el paralelismo observado con empresas estatales y también con el área de desempeño “investigación”, concluimos que se hace referencia tanto a la Universidad pública como a Institutos de investigación (INTEMA, INTI, etc.).

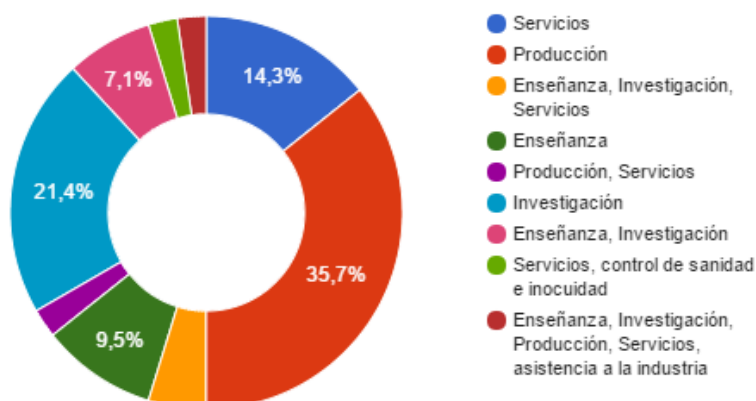


Figura 2. Área de desempeño de los graduados que ejercen en la ciudad de Mar del Plata

Fuente: elaboración propia

En la Figura 2 se muestran las áreas en las que se desarrollan los Ingenieros, graduados con el plan 2003, en nuestra ciudad.

La pertenencia de un gran número de docentes de las carreras analizadas al INTEMA y la invitación que ellos hacen a los estudiantes de los últimos años para sumarse a sus proyectos de investigación a través de becas (CONICET, CIC, UNMDP), explica el gran número de graduados que se desempeñan en dicha área.

Solo el 27% de los graduados que trabajan en áreas de producción lo hacen en empresas de menos de 20 empleados. Esto lleva a pensar que el perfil del egresado es compatible con empresas de mayor envergadura que una PYME. Debido a que las competencias requeridas para desarrollarse en estos ámbitos son diferentes, podemos inferir que la actual formación brindada no considera la capacitación para desarrollar la profesión en empresas pequeñas, muy numerosas en la ciudad de Mar del Plata.

4.2 Análisis de los resultados de la percepción de las competencias alcanzadas

4.2.1 Competencias extraídas del documento confeccionado por el CONFEDI

En este bloque de la encuesta, se le consultó al graduado sobre el nivel de capacitación que considera haber recibido por parte de la Facultad de Ingeniería durante el desarrollo de sus estudios en cada una de las competencias genéricas indicadas (mucho/poca/nula). Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje de respuestas dadas según el nivel de capacitación que considera el egresado haber recibido durante sus estudios sobre las competencias genéricas de CONFEDI.

Competencias	Mucha (%)	Poca (%)	Nula (%)
1- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	81.1	18.9	0
2- Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería	42.2	3.3	54.4
3- Gestionar (Planificar y ejecutar) proyectos de ingeniería	25.6	57.8	16.7
4- Utilizar de manera efectiva las técnicas de la ingeniería	65.2	33.7	1.1
5- Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos	25.8	60.7	13.5
6- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo	72.2	25.6	2.2
7- Comunicarse con efectividad	54.4	42.2	3.3

8- Actuar con ética, responsabilidad y compromiso social	67.8	25.6	6.7
9- Aprender en forma continua y autónoma	84.4	13.3	2.2
10- Actuar con espíritu emprendedor	50	38.9	11.1

Fuente: elaboración propia

Se encontró que los graduados hacen una buena valoración de la formación recibida en cuanto a las habilidades para resolver problemas de ingeniería, utilizar de manera efectiva las técnicas de la ingeniería, desempeñarse efectivamente en equipos de trabajo y aprender en forma continua y autónoma. En cambio se observa que las mayores debilidades se encuentran en las competencias 2, 3, 5, 7, y 10. Estas debilidades constituyen una referencia imposible de soslayar al momento de reformular los planes de estudio.

Algunas reflexiones del análisis de estas debilidades se expresan a continuación:

- Respecto a la competencia “Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería” y “Gestionar (Planificar y ejecutar) proyectos de ingeniería”.

Los estudiantes de las carreras analizadas enfrentan el diseño y desarrollo de un proyecto integral recién en el último año de las carreras, en la asignatura Proyecto Final. Para mejorar en esta habilidad se propone trabajar en un proyecto que se lleve a cabo durante toda la carrera y que tenga su inicio en primer año, donde el estudiante intervenga de acuerdo a las capacidades y conocimientos adquiridos año a año. Con esto se logra un efecto adicional muy importante: que se identifique con la INGENIERÍA desde el inicio de la carrera y no cuando comience a cursar las asignaturas profesionales (segundo cuatrimestre de segundo año).

- En cuanto a la competencia “Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos”.

Los estudiantes no encuentran la posibilidad de vincularse con los proyectos de investigación y de extensión que se llevan a cabo en la Facultad, lo que les permitiría involucrarse en este tipo de desarrollos. Tampoco las Prácticas Profesionales Supervisadas han ayudado, porque además de su corta duración, en numerosas oportunidades las tareas realizadas por los pasantes no los incluyen en trabajos de tal envergadura. Consideramos que deberían aprovecharse los trabajos y desarrollos que se hacen a terceros por parte de docentes del Departamento y considerar la posibilidad de Pasantías voluntarias de un cuatrimestre de duración para adscribirse a proyectos de investigación que cuenten con un desarrollo tecnológico.

- Acerca de la competencia “Actuar con espíritu emprendedor”:

Es difícil poder transmitir a los alumnos un espíritu emprendedor cuando los docentes no lo poseen o no poseen las herramientas para transmitirlo. También es importante que los estudiantes entren en contacto con pares, graduados o no, que hayan desarrollado emprendimientos propios a fin de que los consideren como una salida laboral concreta y en el caso de ser estudiantes y cuentan con un emprendimiento, puedan ser tomados como referentes a fin de constituirlos como ejemplos motivadores de sus pares, de que se puede compatibilizar tanto la actividad profesional como la continuidad de los estudios.

A su vez, consideramos importante que los docentes realicen la difusión de posibles fuentes de financiación tales como por ejemplo el programa **Fondo Semilla** dependiente del Ministerio de Producción (<http://www.produccion.gob.ar/fondo-semilla/>), que brinda tanto asistencia

financiera como técnica a proyectos innovadores. Otro ejemplo de actividades que fomenten el espíritu emprendedor es el caso de la *Experiencia endeavor 2016* (<http://endeavor.org.ar/experiencia-endeavor-2016>) que se desarrollará en diferentes lugares de Argentina, eventos en donde los emprendedores exitosos cuentan sus experiencias y en donde se puede acceder a información sobre diferentes empresas que brindan apoyo a emprendedores nuevos para que desarrollen sus innovaciones y además se fomenta la vinculación de las diferentes partes. El Ministerio de Producción a su vez, cuenta con un programa de capacitación y acompañamiento de emprendedores y formadores llamado Academia Argentina Emprende. (<http://www.produccion.gob.ar/academia-argentina-emprende/en-que-consiste/>). La iniciativa propone la puesta en marcha de un programa de sensibilización en cultura emprendedora y, paralelamente, la conformación de mesas de trabajo locales con los referentes de formación del ecosistema.

4.2.2 Competencias extraídas de la asignatura “Introducción al Desempeño Profesional”

La opinión de los graduados sobre la importancia en la formación del futuro profesional de un grupo de competencias elaboradas y reunidas por los estudiantes de estas carreras a lo largo de 15 años (en épocas en que el CONFEDI aún no discutía estos temas), aparece en la Tabla 2. Los resultados indican que todas estas competencias han sido consideradas como importantes por los graduados, aunque el CONFEDI no las haya considerado en forma explícita.

Tabla 2. Porcentaje de respuestas dadas por los egresados sobre las competencias trabajadas en la asignatura “Introducción al Desempeño Profesional”.

Importancia que tiene cada una de las competencias indicadas en un desempeño profesional eficiente			
Competencias	Mucha (%)	Poca (%)	Nula (%)
1- Tomar decisiones en situaciones de emergencia	90.1	9.9	-
2- Planificar y organizar el tiempo	96.7	3.3	-
3- Liderar grupos de trabajo	85.7	14.3	-
4- Trabajar en equipo	97.8	2.2	-
5- Tolerar el stress	87.9	9.9	2.2
6- Reconocer con claridad el entorno de trabajo	82	15.7	2.2
7- Flexibilizar posiciones	65.9	33	1.1
8- Delegar responsabilidades y tareas	80.2	16.5	3.3
9- Actuar y proceder con sentido de la urgencia	84.4	13.3	2.2

10- Prestar atención al detalle	67.8	32.2	-
11- Ejercer la escucha activa	90.1	9.9	-
12- Evaluar acertadamente a los colaboradores	64.8	31.9	3.3
13- Persuadir a los demás	53.8	38.5	7.7
14- Negociar eficazmente	76.9	22	1.1

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los encuestados consideraron que todas estas competencias son muy relevantes, validando la elección hecha por los estudiantes. Por esto consideramos que deberán ser tenidas en cuenta a fin de favorecer su desarrollo mediante las estrategias que diseñamos para acompañar sus aprendizajes, ya que no se encuentran incluidas en las competencias elaboradas por el CONFEDI.

5. Conclusiones y recomendaciones

El estudio exploratorio realizado con los graduados del Plan de estudio 2003 de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos acerca de la percepción que tienen acerca de la capacitación recibida en cuanto a las competencias genéricas de estas carreras ha permitido obtener una información trascendente para el análisis de los planes de estudio vigentes. Si bien los mismos no fueron elaborados teniendo en cuenta tales competencias, se encontró que los graduados reconocen haber recibido una formación que les permitió desarrollar un grupo de ellas mientras que fue deficitaria con otras. En cuanto al grupo de competencias surgido de la reflexión de los estudiantes de estas carreras, los graduados coinciden en que todas son importantes en la formación del futuro profesional.

Este análisis brindó, además, otra información que fue destacada: la referida al grado de ocupación de los egresados, el tiempo que tardaron en conseguir su primer empleo y el lugar en donde se encuentran trabajando. Si bien este no era el objetivo principal de la encuesta, debería convertirse en un insumo fundamental para el cuerpo docente y para los cuerpos colegiados encargados de la toma de decisiones.

Dados los resultados obtenidos, se considera que la metodología empleada se puede seguir aplicando a otras cohortes de graduados, y que también se puede reformular para incorporar el análisis de otras competencias. Las conclusiones a las que se arriban deberían ser capitalizadas en las transformaciones de los planes de estudio de las carreras de ingeniería.

Está previsto ampliar este estudio realizando entrevistas a graduados con las que no sólo se pueda profundizar en las concepciones de las competencias alcanzadas durante su paso por la facultad, sino que también se les solicite un aporte de ideas y nuevas formas de poder adquirir competencias o mejorar la forma en que se aprende en nuestra casa de estudios.

6. Referencias

- [1] SLADOGNA, M. G. (2000). Una mirada a la construcción de las competencias desde el sistema educativo. La experiencia Argentina. En: CINTERFOR-OIT. *Competencias*

- laborales en la formación profesional*. Boletín Técnico Interamericano de Formación Profesional. N° 149, mayo-agosto de 2000, p. 115.
- [2] MASSEILOT, H. (2000). Competencias laborales y procesos de certificación ocupacional”. En: CINTERFOR-OIT. *Competencias laborales en la formación profesional*. Boletín Técnico Interamericano de Formación Profesional. N° 149, mayo-agosto de 2000, p. 79.
- [3] MAURINO, D.; REASON, J.; JOHNSTON, N., LEE, R. (1995). Beyond Aviation: Human Factors. Avebury: Aldershot, 1995. En: CAPPER, P. “La competencia en contextos laborales complejos”. En: ARGÜELLES, A. y GONCZI, A. *Educación y capacitación basada en normas de competencias: una perspectiva internacional*. México: Limusa, 2001, p. 200.
- [4] AGUERRONDO, I. (2004). *Argentina y la Educación para el Tercer Milenio*. Obtenido de <http://boards4.melodysoft.com/educamed/la-educacion-en-el-tercer-milenio-1.html>, © 1999-2004 EDUFORUM - El foro de la UTDT para la Educación.
- [5] PINTO CUETO, L. (1999). Currículo por Competencias: Necesidad de una Nueva Escuela, Tarea, N° 43, p.10-17.
- [6] CONFEDI (2014). *Documentos de CONFEDI. COMPETENCIAS EN INGENIERÍA*. Universidad FASTA Ediciones. Mar del Plata.
- [7] ACHAERANDIO, L. (2010). *Competencias fundamentales para la vida*. Edit. IGER Talleres Gráficos. Guatemala.
- [8] VILLA, A. y POBLETE, M. (2007). *Aprendizaje Basado en Competencias: Una propuesta para la evaluación de competencias genéricas*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- [9] ZABALA, A. y ARNAU, L. (2007). *11 ideas clave: Cómo aprender y enseñar competencias*. España: Grao.
- [10] VILLA, A.; POBLETE, M.; CAMPO, L. y ARRANZ, S. (2013). *Cuaderno de Competencias*. Bilbao: Universidad de Deusto, p. 1-6
- [11] CONFEDI (2005). *Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005 – 2007*. XXXVII Reunión Plenaria, Santa Fé, p. 1-24

CINEU NO PRESENCIAL: PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA INNOVADORAS EN EL INGRESO UNIVERSITARIO

Rosanna Paula Forestello, FCEFyN, forestello@gmail.com

Mariel E. Rivero, FCEFyN, mariel.rivero@unc.edu.ar

Resumen— Esta comunicación se inscribe en el marco del Proyecto de Investigación *Prácticas de enseñanza innovadoras en la FCEFyN – UNC (2016-2017)* en el cual emprendimos la indagación de aspectos ligados a la enseñanza de las ciencias exactas y naturales desde la perspectiva de la buena enseñanza. Dicho estudio se encuadra dentro de la llamada innovación educativa, ya que el proceso analizado se corresponde con cambios graduales realizados para la mejora continua de la enseñanza. En esta ponencia describimos las características centrales del diseño y desarrollo del Ciclo de Introducción a los Estudios Universitarios ofrecido por la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba en su modalidad no presencial con aula virtual. Este proyecto piloto se implementó durante octubre a noviembre del año 2015 y en su diseño se contó con el asesoramiento técnico/didáctico del Equipo de Tecnología Educativa e Innovación de la mencionada unidad académica. En esta oportunidad, no solo compartimos las razones que fundamentaron dicho proyecto piloto, sino que también damos cuenta de las categorías teóricas que, por un lado, sostuvieron las decisiones pedagógicas/didácticas del diseño y que, por el otro, permitieron generar dimensiones para analizar e interpretar la propuesta educativa implementada.

Palabras clave— *innovación educativa, ingreso universitario, TIC*

1. Contexto y justificación de este trabajo

La presente ponencia forma parte de un proyecto de investigación más amplio, titulado *Prácticas de enseñanza innovadoras en la FCEFyN – UNC*, que fue aprobado y financiado por la SECyT/UNC, para ser implementado en el periodo 2016-2017. El propósito central del mencionado proyecto es indagar en los aspectos ligados a la enseñanza de las ciencias exactas y naturales desde la perspectiva de la buena enseñanza. Por lo tanto, en él se cruzan preocupaciones provenientes tanto desde el campo de la Didáctica, de la Tecnología Educativa como los vinculados a la enseñanza de las áreas disciplinares mencionadas.

Entre los objetivos del mencionado proyecto de investigación podemos explicitar los siguientes:

- Construir un marco teórico interpretativo que permita comprender las prácticas innovadoras que tienen lugar en la FCEFyN/UNC.
- Identificar las prácticas de enseñanza innovadoras desarrolladas por los docentes de dicha unidad académica.
- Describir las características centrales de las modificaciones e innovaciones realizadas junto a las razones que las fundamentaron.

- Generar dimensiones que permitan analizar e interpretar las prácticas innovadoras identificadas desde la perspectiva de la buena enseñanza.

Este estudio se desarrolla desde la perspectiva cualitativa y crítica interpretativa, ya que pretendemos conocer con mayor profundidad las prácticas innovadoras que tienen lugar al interior de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (en adelante FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) con la intención de valorar el trabajo realizado por los docentes que las llevan a cabo. Vale mencionar que a esta investigación la definimos al servicio de la mejora, de la innovación, de la evaluación y por ende, de la transformación de las propuestas educativas. Parafraseando a Litwin (2008) entendemos que investigar las prácticas es mirarlas en las condiciones naturales y en los contextos en que se desenvuelven, lo que redundará en una mirada privilegiada para aquel que se interroga a partir de reconocer e indagar su propio accionar. En este sentido, reconocemos que se trata de un genuino camino de descubrimiento que requiere curiosidad, interés sostenido y tiempo para pensar, sistematizar información, intercambiar opiniones y debatir hallazgos y preocupaciones.

A su vez, consideramos que la investigación didáctica tiene su punto de partida en la problematización de la realidad, y es a partir del interjuego entre la teoría y la práctica desde donde se pretende generar conocimiento. Por lo tanto, comprender mejor lo sucedido, describir en profundidad cómo fueron los acontecimientos, el lugar y el contexto en el que se inscribieron y atender al proceso que se desarrolló, nos enseñará aspectos de la experiencia que desconocemos (Litwin, 2008).

El relato de la experiencia que presentamos en esta comunicación nos implicó desde nuestra función de asesoramiento técnico didáctico como Equipo de Tecnología Educativa (en adelante Equipo TEI) al interior de la FCEFyN/UNC. Por ende, aquí damos cuenta del diseño y del desarrollo de un proyecto piloto en torno a la implementación del Ciclo de Introducción a los Estudios Universitarios (CINEU) con uso de aulas virtuales, en el segundo semestre del año 2015. Lo enmarcamos dentro de lo que se conoce como *investigación de diseño*.

En el contexto educativo, este tipo de indagación representa no sólo una metodología de trabajo, sino también una perspectiva epistemológica en relación a la construcción de conocimiento sobre el aprendizaje, la enseñanza y el cambio educativo (Brown, 1992; Collins, 1999). Para el campo de la Tecnología Educativa implica reconocer la necesidad de innovar en un contexto específico y en un campo particular de trabajo didáctico; diseñar y construir la nueva propuesta de enseñanza y de aprendizaje, y todas las mediaciones tecnológicas que ésta implique; implementar la propuesta de innovación y las estrategias de investigación asociadas; analizar dicha propuesta y posteriormente definir un nuevo ciclo de diseño e implementación (Cobb et al., 2003; Edelson, 2002; Bannan-Ritland, 2003).

En este sentido, el principal propósito del proyecto piloto en cuestión fue generar *una propuesta de ingreso universitario virtual para las carreras Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas, Geología e Ingenierías* de la mencionada unidad académica, que respetara las preocupaciones en torno a los desafíos que se inscriben en el campo de la Educación y, en particular, dentro de la Enseñanza de la Ingeniería y del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI). Concretamente, la intención fue facilitar el tránsito de los estudiantes del Nivel Medio al Nivel Superior e incrementar su retención desde el mismo ingreso.

2. Relato de la experiencia

La FCEFYN/UNC ofrece el dictado de 16 carreras de grado: Agrimensura, Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas, Geología, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Electricista, Ingeniería Química, Constructor y Técnico Mecánico Electricista. Para ingresar a esta unidad académica, los interesados deben cursar y aprobar el CINEU, un ciclo académico que consta de cinco asignaturas: Ambientación Universitaria, Matemática, Física, Química y Biología (ver Tabla 1). Estas materias son correlativas con las de primer año de cursado y en general, en el plan de estudios de cada carrera se incluyen tres de las asignaturas del CINEU, excepto en Ciencias Biológicas y Profesorado en Ciencias Biológicas que tiene cuatro.

Tabla 1. Asignaturas del CINEU según las carreras ofrecidas por la FCEFYN/UNC.

Ing. Química e Ing. Ambiental	Todas las Ingenierías (excepto Ing. Química e Ing. Ambiental), Técnico Mecánico Electricista y Constructor	Geología	Ciencias Biológicas y Profesorado en Ciencias Biológicas
Ambientación Universitaria	Ambientación Universitaria	Ambientación Universitaria	Ambientación Universitaria
Matemática	Matemática	Matemática	Matemática
Química	Física	Química	Química
			Biología

Cabe mencionar que como proyecto institucional, la modalidad no presencial del CINEU se originó en el año 2008. En ese momento, se decidió ofrecer a los estudiantes de nivel secundario, futuros alumnos de las carreras antes mencionadas, la posibilidad de realizar el *ingreso universitario de manera no presencial* durante los meses de octubre a diciembre. Inicialmente se puso a disposición de dichos estudiantes tanto los materiales de estudio, como las actividades didácticas, las guías de trabajo y algunos exámenes modelo a través de aulas virtuales. Por su parte, los docentes de cada uno de los espacios curriculares brindaron clases de consulta presenciales. Respecto de las aulas virtuales, vale explicitar que éstas se organizaban como repositorios, lo cual implicaba una utilización de la plataforma Moodle sólo para la distribución de materiales y/o para la realización de alguna actividad puntual de forma voluntaria. Dicha plataforma no se utilizó para la gestión de las asignaturas, ya sea a través del calendario, de la sección novedades o del correo interno. La información en torno a consultas, inscripción y fechas de exámenes, además de todos los requisitos para la matriculación, fueron suministrados a través de la página web de la facultad.

Si analizamos estas aulas desde la dimensión “*técnico estética*” propuesta por Juárez Jerez (2007), y focalizamos en lo propio del “*entorno audiovisual*”, el cual hace referencia “*a la presentación, a la estructura de las pantallas, la composición, la tipografía, los colores, la disposición de los elementos multimedia, la estética*” (Juárez Jerez, 2007: 56), podemos decir que no existió un criterio homogéneo en cuanto al diseño y a la presentación de la

información a los alumnos, así como tampoco se manifiesta un tratamiento didáctico de los contenidos. En algunas aulas, el uso de diversos colores o la abundancia de texto generaban un impacto visual de saturación, mientras que en otras no existían definiciones claras de los diversos espacios disponibles en cada bloque (lecturas, entrega de actividades, consultas, etc.).

Vale explicitar también que los alumnos no tenían la obligación de ingresar a las aulas virtuales y si decidían concretarlo, lo hacían a través de un usuario de invitado. En estos casos, se registró sólo la descarga de los materiales de estudio y/o de los ejemplos de exámenes. Sumado a esto, durante el mes de diciembre de cada año académico, se ofrecía a los alumnos la posibilidad de rendir el examen de cada una de las materias que le correspondía según la carrera que había elegido y si lo aprobaban, cumplimentaban el Ciclo de Ingreso habilitándolos así a cursar, de manera regular, las asignaturas correlativas del primer cuatrimestre.

Por todo lo mencionado hasta aquí, podemos reconocer al CINEU no presencial, que se desarrolló desde el año 2008 hasta el año 2014, como una clara propuesta educativa “*a distancia*” desde las dimensiones espacio-temporales, acompañamiento docente y vínculos que se construían. En ella, los alumnos asumieron muchas responsabilidades y, a manera de “*llanero solitario*”, llevaban a cabo el estudio de los contenidos de cada asignatura y rendían, presencialmente, las evaluaciones obligatorias definidas por la unidad académica como si fueran “*alumnos libres*”.

En este sentido, un dato importante de considerar refiere al número de alumnos inscriptos y aprobados en la modalidad no presencial del CINEU durante el mencionado período. Haciendo un raconto, podemos señalar que en 2012 se anotaron 410 estudiantes, en 2013 fueron 432 los interesados y en 2014 los inscriptos ascendieron a 649. A pesar de que estos números se incrementaron año a año no se manifestó un aumento semejante en torno al número de estudiantes que aprobaron el Ciclo de Ingreso. Por ejemplo, en Matemática, Física y Química sólo aprobaron entre un 7 y 13%, lo que en palabras de los propios coordinadores de dichas asignaturas significaba “*que de 400 alumnos que se inscribían, entraban 20 o 30 en esta modalidad*”, teniendo la posibilidad de rematricularse para cursar el CINEU de manera presencial.

En este sentido, resulta importante señalar que, desde los primeros años de implementación del CINEU no presencial hasta hoy, el Departamento de Ingreso cuenta con un Director, cinco profesores con cargos interinos (tres profesores auxiliares con semi-dedicación y dos profesores auxiliares con dedicación simple) y cuatro docentes coordinadores (uno por cada espacio curricular). Estos últimos no son docentes del Departamento de Ingreso, pero sí son profesores titulares y/o adjuntos por concurso, en algunos casos con carga anexa a dicha función y/o designados -por resolución del HCD- para cumplir con esta tarea por un determinado período de tiempo. Llegado el momento de implementarse el CINEU presencial se realiza un llamado abierto a docentes que, luego de una selección de antecedentes, son elegidos y contratados por el periodo de tiempo en que se desarrolla dicho ciclo.

En el año 2015, y como resultado de diferentes acciones que realizó la Facultad sobre aspectos vinculados al acceso, retención y avance de los alumnos en los primeros años de las carreras de grado, incluido el ciclo de nivelación presencial, en el mes abril, desde la Secretaría Académica y la Prosecretaría de Seguimiento Académico se decide -por consenso- junto al Departamento de Ingreso, construir un plan de mejora y buscar maneras alternativas de planificar el ingreso. En ese momento, se convoca al Equipo de Tecnología Educativa para asesorar, acompañar y rediseñar la propuesta educativa del Ciclo de Nivelación no presencial para ser implementado a partir de Octubre de ese año en modalidad virtual. Cabe aclarar que

estas acciones se financiaron a través del Programa de Mejoramiento de la Enseñanza de Grado (PAMEG 2015).

Luego de varias reuniones de trabajo con el Director del Departamento de Ingreso, los docentes coordinadores y los docentes con cargo, se establecieron los siguientes acuerdos:

- a. generar una imagen visual que de identidad a todas las aulas virtuales que componen el CINEU;
- b. incluir actividades didácticas que los profesores puedan seguir y retroalimentar además de actividades de autoevaluación que los estudiantes puedan realizar por sí solos;
- c. homogenizar la forma en que se trabaja al interior de los espacios curriculares, sobre todo en las consignas de las actividades, en cómo se presentan los problemas y en sus estrategias de resolución;
- d. ofrecer un repositorio virtual, dentro de cada aula, con actividades semejantes a las del examen final.

Respecto de los *materiales de estudio* vale explicitar que se trabajó -paralelamente- con los docentes ya que en algunos casos los textos utilizados tenían más de diez años de antigüedad o no tenían autor identificado o no habían sido escritos teniendo en cuenta la no presencialidad y, en otros casos, como en Química, fue necesario generar un nuevo material de estudio que respetara las diferencias de contenidos entre Ing. Química y Biología y el resto de las carreras. Es decir que en todas las asignaturas, los materiales se reescribieron, adaptaron, cambiaron y/o actualizaron, proceso que quedó bajo la responsabilidad absoluta de los docentes que designó el Director del Departamento de Ingreso, bajo la supervisión de los docentes coordinadores. Vale aclarar que en la realización de estas tareas, el Equipo TEI no participó.

Con relación a las *aulas virtuales*, el mencionado equipo -conformado por una tecnóloga educativa, una bióloga con especialización en TIC, un diseñador multimedial y un webmaster de la plataforma Moodle (versión 2.8)- tomó las siguientes decisiones:

- Todas las aulas virtuales tendrían una *Presentación general de la asignatura* en la cual quedara claramente explicitado el programa, el equipo docente, el material de estudio obligatorio, el cronograma de trabajo y las orientaciones generales. Por otro lado, se generó un espacio para la interacción a través de dos foros denominados Novedades y Consultas. En el primero, sólo el equipo docente podía generar temas, mientras que en el segundo todos los participantes -alumnos y docentes- tenían la posibilidad de abrir hilos de conversación y ofrecer respuestas.
- La interfaz de las aulas virtuales sería de fácil navegación, para lo cual se diseñó una propuesta “*minimalista*”- buscando la expresión de lo esencial y eliminando lo superfluo desde lo estético y lo disciplinar- en torno a colores, espacios de trabajo y a la vez, con una clara visualización de íconos y carpetas, las que contenían los materiales y/o actividades.
- La presentación del equipo docente sería a través de un CV de 5 renglones acompañado de una fotografía de cada uno para que los estudiantes pudieran conocer e identificar a sus docentes. En este sentido, también se invitó a los alumnos a que subieran alguna fotografía propia en su perfil.
- Cada asignatura se organizaría en unidades temáticas presentadas en cajas que tenían, a su vez, una organización interna particular. Ellas contenían carpetas con los contenidos, la bibliografía complementaria, las actividades obligatorias y complementarias, y un foro de consultas propio. Vale mencionar que la última caja

correspondiente a las actividades preparatorias para el examen final no siguió esta lógica organizativa ya que representaba en sí misma el repositorio de exámenes y parciales.

- Todos los alumnos que se inscribieran en la propuesta del CINEU no presencial iban a ser ingresados a las aulas virtuales ya que existía la posibilidad de vincular técnicamente la información del Sistema Guaraní con la plataforma Moodle.
- Se diseñaría la interfaz y se subiría a ella todos los insumos brindados por los docentes que se involucraran en la tarea de diseño y/o producción. Esto implicaría que las aulas virtuales serían entregadas “listas” para desarrollar el espacio curricular.
- En la interfaz diseñada, los foros, como espacios de encuentro entre docentes y estudiantes cumplirían un papel central durante la implementación de la propuesta de enseñanza.
- Durante la realización de esta propuesta académica virtual se solicitaría, en el marco de cada asignatura, el desarrollo -individual o grupal- de una actividad semanal que, junto con dos evaluaciones parciales (no obligatorias), permitiría la promoción de la misma. También existiría la posibilidad de realizar el examen final en el turno de diciembre para quienes no accedieran a la promoción del espacio curricular en cuestión.
- El cursado de las asignaturas sería intensivo, por lo cual en una primera etapa se habilitarían las aulas de Ambientación Universitaria y Matemática y, en una segunda instancia, las de Química, Biología y Física.

El CINEU virtual se desarrolló entre los meses de Octubre y Noviembre del 2015. Se inscribieron 692 alumnos. De acuerdo a los datos que tenemos hasta la fecha, en Matemática y Ambientación Universitaria -asignaturas claves del Ingreso- el número de aprobados, entre alumnos promocionales y aquellos que rindieron el examen final de cada una de estas materias, es significativamente mayor a lo sucedido en años anteriores (ver Tabla 2).

Tabla 2. Número de estudiantes que se inscribieron, rindieron y aprobaron los exámenes parciales y finales en dos de las asignaturas del CINEU no presencial en su implementación durante 2015.

	<i>Matemática</i>	<i>Ambientación Universitaria</i>
N° de alumnos que ingresaron a las aulas virtuales	542	623
N° de alumnos que realizaron 1er. y 2do. Parcial	1er Parcial: 296 2do Parcial: 254	1er. Parcial: 334 2do. Parcial: 304
N° de alumnos que aprobaron cada parcial	1er. parcial: 240 2do. parcial: 210	1er. parcial: 324 2do. parcial: 294
N° de alumnos que promocionaron	194	276
N° de alumnos que realizaron el examen final	280	159 (aprobaron 156)

Nº de alumnos que aprobaron la asignatura (promocionados y/o aprobados en examen final)	400	432
---	-----	-----

Esto nos estaría indicando que los cambios generados en la propuesta académica implementada, se encaminan hacia cumplir las metas definidas institucionalmente y como Equipo de Tecnología Educativa e Innovación. Resta ahora analizar con mayor profundidad los datos provenientes de las otras materias del CINEU no presencial con la intención de conocer e interpretar la realidad en su conjunto, apostando a la mejora continua del proceso de enseñanza. Por lo tanto, también será importante identificar todo aquello que se considere pertinente de cambiar o modificar ante una inminente nueva implementación de este ciclo de ingreso universitario.

3. Algunos cimientos teóricos

Hasta el momento hemos realizado una descripción de nuestra propuesta educativa, considerando que el pasado tiene *fuerza reinterpretativa* (Jackson, 2002), es decir, que uno puede cambiar el pasado a través de un proceso de reconstrucción hacia atrás para analizar el presente.

Como explicita Piscitelli (2012) estamos viviendo un momento histórico de una fuerza, efervescencia y riqueza muy grande. Están pasando muchas cosas, es un momento de intensa creatividad, de intensa confusión, de sucesivas contradicciones pero también un momento muy positivo y muy rico para hacerse nuevas preguntas, para cuestionar las respuestas construidas y ponerse a operar, a accionar para generar novedad. Estamos en un momento retroprogresivo que significa que uno tiene que retroceder si quiere saltar más lejos.

Consideramos que es posible construir conocimiento pedagógico didáctico cuando pensamos en lo que hicimos en nuestras propuestas educativas, cuando volvemos a encontrar significado en aquello que sucedió. Por ende, nos interesa, desde *una mirada metaanalítica*, identificar y analizar algunos cimientos, categorías conceptuales en las cuales asentamos la propuesta formativa, que justifican las decisiones y acciones en torno al diseño y a la implementación realizada. Aquí se entrelazan las características fundantes del diseño formativo de la misma con sus efectos sobre la construcción de conocimientos por parte del alumnado. En este sentido, la iniciativa se piensa desde los siguientes principios:

*Se conceptualiza a *la innovación educativa* como toda planeación y puesta en práctica creada o inventada con el objeto de promover el mejoramiento institucional, de las prácticas de la enseñanza y/o de sus resultados. Las innovaciones responden a los fines de la educación y se inscriben con sentido en los contextos sociales, políticos e históricos de la vida de las instituciones. Creación, promoción del cambio y mejora son conceptos asociados a las innovaciones. Según Jaume Carbonell (2001):

“existe una definición bastante aceptable y aceptada que define la innovación como una serie de intervenciones, decisiones y procesos con cierto grado de intencionalidad y sistematización que tratan de modificar actitudes, ideas, culturas, contenidos, modelos y prácticas pedagógicas y a su vez introducir en una línea renovadora, nuevos proyectos y programas, materiales curriculares, estrategias de enseñanza y de aprendizaje, modelos didácticos y otra forma de organizar y gestionar el curriculum, el centro y la dinámica del aula”.

Por su parte, Edith Litwin (2008: 67-68) expresa que:

“...las innovaciones requieren que los docentes reconozcan su valor, las hayan adoptado porque así lo consideran, hayan decidido diseñarlas, implementarlas, monitorear esos procesos con el objeto de mejorar la misma. (...) Forma parte de las decisiones autónomas de los docentes y no una práctica a la que se los convoca para aplicar. (...) Tiene que ver más con un proceso que con un producto y como toda acción que implica los aprendizajes de los estudiantes sus resultados se reconocerán a largo plazo y no simplemente como respuesta a una aplicación. Es difícil hablar de éxito o fracaso como si fuera una propuesta que se puede evaluar de inmediato. Durante toda su implementación se podrá recabar información acerca de cada una de las acciones que se llevan a cabo y, como resultado de ellas es probable que puedan diseñarse propuestas de mejoramiento”.

Es decir que son la visión y los pensamientos pedagógicos en torno a los procesos de enseñanza los que marcan las maneras de incluir los recursos multimediales en el diseño e implementación de las propuestas educativas.

*Que el proceso se engarce con acciones que impliquen la conformación de una comunidad virtual de aprendizaje colaborativo ya que el diseño conceptual para introducir las TIC al servicio de la educación es una tarea primordialmente pedagógico-didáctica-comunicacional. El *aprendizaje colaborativo* nace y responde a un nuevo contexto sociocultural donde se redefine el *cómo aprendemos y dónde aprendemos*. Es así que se validan las interacciones sociales como también la visión de que el aporte de dos o más personas que trabajan en función de una meta común puede tener como resultado una producción más enriquecida que la propuesta de uno solo. Este aprendizaje está centrado en el diálogo, la negociación, en la palabra, en el aprender por explicación y en un entorno “conversacional”. Esto implica que estamos considerando -siguiendo a Vigotsky (1979)- que el hecho de aprender es por naturaleza un fenómeno social en el cual la construcción y adquisición de conocimientos es el resultado de la interacción de personas que participan en un diálogo. Aprender es un proceso dialéctico y dialógico en el que una persona contrasta, negocia su punto de vista personal con el otro hasta llegar a un acuerdo. En palabras de Salomon y Perkins (1998):

“La mediación social del aprendizaje y los individuos involucrados son vistos como un sistema integrado y altamente situado en donde la interacción sirve a manera de vehículo del pensamiento socialmente compartido. Por lo tanto los productos de aprendizaje, que son construidos conjuntamente, están distribuidos a través de todo el sistema social, más que estar como posesión de los individuos participantes”.

Aunque el profesor es responsable de facilitar el proceso de aprendizaje, los participantes tienen una responsabilidad en la creación de la comunidad. La habilidad para colaborar y crear conocimiento y significado en común es un indicador claro de que una comunidad de aprendizaje virtual ha sido creada con éxito. Esto implica plantear tareas y un clima de trabajo que potencie una interdependencia positiva -compromiso y responsabilidad de aprender y enseñar unos de otros-. Así, los estudiantes se brindan ayuda y apoyo mutuo según metas comunes, respetando la expresión de los puntos de vista diferentes que puedan surgir durante el proceso de desarrollo del trabajo colaborativo a través de pequeños grupos de producción y discusión.

Aquí es importante destacar no sólo el formato de la propuesta didáctica sino también el lugar del docente que le cabe en la acción de crear un clima democrático y responsable de trabajo, donde los lazos que se entablan son pedagógicamente comunicacionales.

**Que la propuesta de enseñanza se constituya en un entorno, en un contexto en el cual se da cabida a un ambiente didáctico de trabajo donde las categorías actividad conjunta, ayuda pedagógica y construcción del conocimiento (Onrubia, 2005), caractericen el diseño formativo. Esto es así porque entendemos que la práctica de la enseñanza es una conversación continua en la que todo saber está sometido a debate e interpretación. Al respecto, Onrubia, (2005: 5) nos advierte claramente cuando dice:*

“así entendida, la enseñanza en entornos virtuales tiene un componente necesario de “realización conjunta de tareas” entre profesor y alumno: sólo a partir de esa realización conjunta se podrá realizar una intervención sensible y contingente que facilite realmente al alumno el ir más allá de lo que su interacción solitaria con el contenido le permitiría hacer. De nuevo, ello encaja difícilmente con una visión del diseño de los procesos virtuales de enseñanza y aprendizaje centrada, única o prioritariamente, en el diseño de los contenidos o materiales de aprendizaje”.

Esto nos lleva a considerar que la interacción entre alumno y contenido, no garantiza por sí sola formas óptimas de construcción de significados y sentidos, y de allí la importancia de lo que Onrubia (2005, p. 4) conceptualiza como *la ayuda educativa ofrecida por el profesor*. En palabras de este autor:

“esta ayuda debe entenderse como un proceso, que permita la adaptación dinámica, contextual y situada entre el contenido a aprender y lo que el alumno puede aportar y aporta a ese aprendizaje a cada momento. Desde la propuesta de enseñanza se debe seguir de manera continuada el proceso de aprendizaje que los alumnos desarrollan y ofrecerle apoyos y soportes en aquellos momentos que sean necesarios.”

Hasta aquí algunos principios que nos sostienen. Que lo enriquecieron y lo enriquecen. Porque el marco teórico sigue en construcción al igual que el proyecto...

4. Para cerrar...y seguir caminando...

Hasta aquí compartimos nuestra experiencia desde las ideas de quienes lo diseñaron y desarrollaron, acercándose desde el hacer, el crear.... reconociendo que ha habido una evolución... registrando que entre el decir y el hacer hay una distancia...y, fundamentalmente, poder dar respuestas a la pregunta *¿Hay algo que permanece en todo eso que cambia?*. En este sentido, Litwin (2008) nos advierte que:

“a la hora de formular proyectos recuperamos nuestras mejores aspiraciones, pero también nos interrogamos acerca de los límites, las condiciones, las realidades y el sentido con el que el proyecto se instala. Alcances, límites, condiciones de efectividad requieren estudios, consultas, comparaciones y propuestas alternativas que confronten su eficacia”.

Desde esta perspectiva, y luego de haber desarrollado esta experiencia piloto en el marco de la FCEfyN - UNC, y en un camino que hoy nos está desafiando a pensar el diseño y desarrollo del CINEU Virtual para todos los alumnos que ingresen a la mencionada unidad académica como parte de la agenda de gestión 2016-2017, nos parece necesario prever estrategias que articulen en simultaneidad lo técnico y lo didáctico.

En este sentido nos parece importante recuperar:

- ✓ Que en *la gestión institucional de proyectos* no sólo nos compromete a los docentes sino también a la institución, a la facultad.... y no es poca cosa.
- ✓ Que la realidad que habitamos y el proceso que generamos no son lineales, no podemos predecir con precisión el proceso, reconocer causa y efecto no están cerca ni

en el tiempo ni en el espacio y las intervenciones pensadas muchas veces son atravesadas por otras variables, dimensiones, factores no pensados en el proceso. Debimos entender que la complejidad, el dinamismo, la imprevisibilidad no son obstáculos sino partes del camino. Nos permitimos revisar las maneras en que generamos, diseñamos y acompañamos los procesos de implementación de este proyecto, no desde una concepción de linealidad porque limita las posibilidades de crecimiento e innovación, sino pensando que los proyectos con mayores oportunidades de desarrollo son aquellos que surgen de acciones colectivas que desarrollamos con otros, de manera colaborativa en el intento de aprender y responder a las cambiantes condiciones contextuales e institucionales (Lila Pinto, 2012).

- ✓ Parafraseando a Carina Lion (2005) no se trata solamente de incorporar tecnologías, sino de pensarlas en forma contextualizada, en proyectos institucionales, curriculares, con significatividad pedagógica.
- ✓ Hoy podemos visualizar *los efectos no buscados* de nuestras decisiones en torno a lo técnico y desde lo didáctico que implicó el ingreso de todos los alumnos a las aulas virtuales, que se apropiaran de la propuesta más del 50% de ellos, que permanecieran en el proceso, que se transformaran en tutores de sus propios compañeros y que tuvieran un espacio de encuentro en la virtualidad desde diferentes lugares geográficos, lo que acerca a una apuesta a la democratización del conocimiento.
- ✓ El lugar que ocuparon *los foros de consultas* al interior de cada unidad didáctica y el foro de consulta transversal a cada espacio curricular. Los mismos se desarrollaron recuperando su esencia, es decir, un espacio en donde los alumnos hacían escuchar sus voces, se trataban temas, se hacían preguntas, se compartían dudas, se ayudaban mutuamente y en este proceso, jugaron un lugar central, en muchos casos, sin la necesidad de intervención de los docentes. Permitieron el análisis, la confrontación y la discusión en torno a la resolución de ejercicios o problemas que eran nodales para ellos. Todo lo allí desarrollado era posible de ser visualizado y compartido por los todos los alumnos más allá de que participaran o no, lo que, inferimos, fueron también GPS para el estudio y el aprendizaje a manera de ayudas pedagógicas (Onrubia, 2005) y/o préstamos de mente (Bruner, 1988). Dimensión que tenemos que seguir indagando.
- ✓ En lo que refiere al diseño didáctico de las aulas virtuales, existió una clara división de tareas, dado que los docentes se focalizaron en lo disciplinar y confiaron en el Equipo TEI en lo pedagógico-didáctico y en lo tecnológico para, posteriormente, vincularse y apropiarse con la propuesta educativa. Esto da cuenta de lo siguiente: aún sigue siendo potente la tradición transmisiva en torno a la enseñanza de asignaturas pertenecientes a las denominadas “ciencias duras” de las carreras de Ingeniería por lo cual consideramos necesario interpelarlas; la necesidad de formación pedagógico didáctica de los docentes que les permita construir un marco diferente en torno a las relaciones entre tecnologías, enseñanza, conocimiento y aprendizaje al interior de las disciplinas; la imperiosa compenetración de los docentes que se involucren en este tipo de proyectos, con el Modelo TPACK (Misha y Koehler, 2006) que intersecciona el eje del conocimiento tecnológico, el eje del conocimiento pedagógico y el del contenido, para que se animen a probar, a enseñar, a aventurarse, lo que nos invita a seguir indagando en torno a la pregunta *¿cómo se integran las aulas virtuales frente a los desafíos de la enseñanza de cada una de las áreas disciplinares?*

Los cambios profundos que realmente sostienen las innovaciones educativas deberán permitir revisar concepciones respecto al conocimiento, al rol y a la formación del docente y sobre el sujeto que aprende. Sólo en estas instancias las mismas serán aportes que mejoren las prácticas y no las reproduzcan. En esa dirección, es nuestro anhelo que se comiencen a encaminar los esfuerzos y las acciones. Sabemos que el camino hacia la concreción de este tipo de proyectos supone un recorrido lento, con diferentes niveles de resistencias y dificultades, aun así, lo importante es que continuamos caminando.

5. Referencias

- [1] LITWIN, E. (2008) *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos*. Buenos Aires: Paidós.
- [2] BROWN, A. (1992) Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of learning Sciences*, 2(2) pág. 141-178.
- [3] COLLINS, M. (1999) *Head – Driven Statistical Models for Natural Language Parsing*. Thesis for PHD. Degree. University of Pennsylvania.
- [4] COBB et al. (2003) *Design experiments in educational research*. *Educational Researcher*, 32(1): 9–13.
- [5] EDELSON, D. C. (2002) Design Research: *What We Learn When We Engage in Design*. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- [6] BANNAN-RITLAND, B. (2003) The Role of Design in Research: The Integrative Learning Design Framework. *Educational Researcher*.
- [7] JUÁREZ JEREZ, H. G. (2007) *Proceso educativo y tecnologías*. Córdoba: FCE.
- [8] JACKSON, P. (2002) *Práctica de la Enseñanza*. Buenos Aires: Amorrortu.
- [9] PISCITELLI, A. (2012) *Hay vida después de la imprenta*. Conferencia. I encuentro virtual sobre TIC y enseñanza superior UBATIC+ UBA. Ciudad de Buenos Aires. Noviembre de 2012.
- [10] CARBONELL, J. (2001) *La aventura de innovar*. Madrid: Morata
- [12] VIGOSTSKY, L. (1979) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- [13] SALOMON, G. y PERKINS, D (1998) “Individual and social aspects of learning”, en *Review of Research in Education*, núm.23,p.12.
- [14] ONRUBIA, J. (2005) *Aprender y enseñar en entornos virtuales: actividad conjunta, ayuda pedagógica y construcción del conocimiento*. RED. Revista de Educación a Distancia, número monográfico II.

[15] PINTO, Lila (2012) *La gestión educativa en la enseñanza mediada por TIC*. Conferencia. I encuentro virtual sobre TIC y enseñanza superior UBATIC+ UBA. Ciudad de Buenos Aires. Noviembre de 2012.

[16] LION, C. (2005) *¿Qué cambia en nuestras formas de enseñar y aprender cuando se incorporan tecnologías?*. Portal Educ.ar. Recuperado en: <https://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=115849>

[17] BRUNER, J. (1988) *Realidad mental y mundos posibles*. Barcelona: Gedisa

[18] MISHRA, P. & KOEHLER, M. J. (2006) *Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge*, 1017-1054. In Teachers College Record 108 (6). Recuperado en: <http://www.mendeley.com/research/what-istechnological-pedagogical-content-knowledge-tpack/>

RESOLUCIÓN PRÁCTICA DE UN CASO SOBRE TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES APLICANDO EL SOFTWARE DELMIA QUEST

Oscar Manuel Pascal, Universidad Nacional de Lomas de Zamora – Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E), oscarmpascal@gmail.com

Pablo Gustavo Moret, Universidad Nacional de Lomas de Zamora – Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E), Laboratorio de Simulación, pablomore@gmail.com

Flavia Camila Ivañe, Universidad Nacional de Lomas de Zamora – Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Simulación, flaviak1000a@yahoo.com.ar

Resumen— Uno de los inconvenientes por los que atraviesan los alumnos de las carreras técnicas y de la ingeniería en particular, es poder visualizar e imaginar algunos circuitos, traslados y transformaciones a los que serán sometidos los diferentes materiales, que luego formarán parte de un determinado producto, a través de la ingeniería de procesos.

El objetivo de este trabajo es poder simular a través del software Delmia Quest [1], un caso práctico de la cátedra Planeamiento y Control de la Producción, que actualmente se desarrolla de forma manual, el cual está referido a la temática de Teoría de las Restricciones [2].

La metodología a utilizar consistirá en poder desarrollar de manera detallada una guía de trabajo práctico de los pasos a seguir por los alumnos, insertando las correspondientes imágenes de pantalla con las funciones del software a utilizar.

La conclusión a la que aspiramos, es que como consecuencia del resultado de este tipo de experiencias, podamos ir replicando esta actividad en otras materias de la carrera, ya que debido al potencial con que cuenta esta herramienta, será sumamente importante seguir utilizándola en la investigación y desarrollo de numerosas aplicaciones.

Palabras clave— *restricciones, Quest, producción, recursos, tiempos.*

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Comenzaremos definiendo a la teoría de las restricciones o TOC (del inglés theory of constraints) como “el método sistemático de administración, que se centra en administrar activamente las restricciones o cuellos de botella, que impiden el progreso de la empresa hacia su meta de maximizar el total de fondos o ventas con valor agregado, menos los descuentos y los costos variables” [2].

Resulta oportuno también definir al término cuello de botella como un tipo especial de restricción, que se relaciona con la falta de capacidad de un proceso y que bajo ciertas condiciones, también se lo conoce como recurso de restricción de capacidad; Cabe aclarar que “un sistema o proceso empresarial tiene por lo menos una restricción o cuello de botella, ya que de lo contrario, su producción sería ilimitada” [2].

Este cuello de botella actúa como limitante para producir en niveles tales que estén por encima de la capacidad de esta restricción, lo cual origina como consecuencia de esto, que por un lado se genere stock (aguas arriba de la restricción) y por otro, se genere capacidad ociosa (aguas abajo de la restricción).

En cuanto al concepto de teoría de las restricciones, podemos mencionar dos de los fundamentos más importantes. El primero de ellos nos indica que una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema. Como contrapartida, una hora ahorrada en un recurso que no constituye un cuello de botella no redundará en un aumento en la eficiencia del sistema. El segundo, nos indica que solo se necesita inventario al frente de los cuellos de botella para impedir que estos queden ociosos, como así también frente a los puntos de ensamble y expedición, para proteger los programas de los clientes. Deben evitarse la generación de inventarios en cualquier otro sector productivo de la planta [2].

La metodología de enseñanza, con la cual tradicionalmente y habitualmente se aborda la aplicación de este tema sobre entornos productivos, es recurriendo por lo general a métodos manuales, tablas y planillas de cálculo.

Este tipo de metodología, no permite al alumno poder imaginarse de manera clara, cual es la manera en que comienzan a generarse los cuellos de botella sobre las diferentes estaciones de trabajo, como por ejemplo algunos movimientos o acumulación de materiales o lotes de producción sobre un pallet, lo que les impedirá entonces poder detectar rápida y fácilmente sobre que estación de trabajo se presentarán las restricciones de recursos, para de esta manera enfocarles su atención y otorgándoles la debida prioridad. Esta situación queda evidenciada y acentuada sobre todo en aquellos que no tienen, o no han tenido la experiencia laboral dentro de plantas de manufactura de bienes, o de servicios.

De modo entonces es que desde nuestra Facultad, a través del Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E), y del laboratorio de Simulación, surge la necesidad de colaborar en el proceso de aprendizaje de los alumnos de la cátedra de Planeamiento y Control de la Producción (PCP), situada en el 5º año, primer cuatrimestre del ciclo superior de la carrera de ingeniería industrial (orientación gestión y orientación manufactura), acompañándolos y acercándoles una herramienta de simulación de procesos, tal como lo es el Delmia Quest utilizada en esta investigación, y con la cual contamos desde comienzos de 2014, para introducirlos en el ámbito de aprendizaje de la simulación de procesos, lo cual también se encuentra vinculado no solo a la habilidad para la resolución de los problemas, sino también a la toma de decisiones.

2. Materiales y Métodos

2.1 Objetivo

Aplicación de la teoría de las restricciones (TOC) a un caso práctico bajo entorno productivo, de una empresa fabricante de purificadores de agua, para ser aplicado a la cátedra Planeamiento y Control de la Producción (PCP), desarrollado a través del software de simulación de procesos Delmia Quest.

2.2 Métodos

Como paso previo al diseño del caso, el equipo de trabajo le dedicó gran cantidad de horas al estudio y conocimiento del software, que además de tener cierta complejidad, resulta escasa la publicación de bibliografía, artículos o papers, relacionados con el aprendizaje del mismo.

Es así entonces que se ha recurrido permanentemente a la consulta del tutorial del programa [1], aunque el equipo de trabajo no estuvo exento de encontrarse con numerosas dificultades a lo largo de la investigación para la interpretación de algunos de los textos incluidos en él.

Por el lado del tratamiento teórico del tema, se fueron realizando las consultas pertinentes por medio de la bibliografía de referencia [2].

3. Resultados y Discusión

Tal como se ha mencionado, el supuesto del caso se centra en una empresa que produce filtros industriales para la purificación de agua. El departamento de producción detecta que se producen algunas deficiencias en la línea, las cuales se traducen en problemas tales como incrementos de costos, disminución en el porcentaje de participación en el mercado, reclamos, y hasta inclusive la pérdida de algunos de sus mejores clientes.

Dicho esto, y para una mejor comprensión del estudio planteado, a lo largo de este punto, se irán planteando las consignas del caso y posteriormente se irán presentando de manera resumida, los pasos más representativos del mismo, a través de capturas de pantalla con las cuales se irán encontrando los alumnos.

3.1 Consignas iniciales

Debido a nuevos compromisos tomados por la empresa, la misma requiere tamaños de lotes diarios de producción de 1000 unidades, para poder cumplir con los pedidos de sus clientes. Dadas estas condiciones, se requiere al equipo de trabajo encargado de analizar la situación actual de la línea de producción, detectar los posibles cuellos de botella, para posteriormente eliminarlos, aplicándoles la teoría de las restricciones (TOC).

El método se deberá aplicar de manera cíclica y simultánea, completando una planilla de cálculo, la cual servirá para poder realizar las comparaciones respectivas.

Este estudio se realizará para una jornada laboral de 7 hs. con la posibilidad de extenderlo a un horizonte de programación semanal o mensual.

3.1.1 Composición de la línea de producción

La línea a analizar está integrada por tres centros de trabajo, un almacén de materia prima (almacén 1), un almacén de producto procesado (almacén 2), un almacén de producto terminado, y tres cintas transportadoras. La dotación de personal está compuesta por un supervisor y 2 operarios.

Almacén de MP (almacén 1):

Inicia la jornada con un stock de 1000 unidades, y a través de un operario, suministra piezas con un tiempo de ciclo MP = constante 0,28 min/piezas, equivalente a una capacidad de producción de 3,5 piezas/min.

Centro de trabajo 1:

Posee un tiempo de ciclo para procesar materia prima de ciclo1= constante 0,25 min/piezas, con un grado de procesamiento del producto del 33,33%.

Centro de trabajo 2:

Posee un tiempo de ciclo para procesar producto semielaborado de ciclo2= constante 0,5 min/piezas, con un grado de procesamiento del producto del 66,66%.

Centro de trabajo 3:

Posee un tiempo de ciclo para procesar producto semielaborado de ciclo3= constante 0,5. Debido a las características propias de la máquina 3, su capacidad o tiempo de ciclo no puede ser modificado.

Almacén de producto procesado (almacén 2):

Inicia la jornada con un stock de 2000 unidades, y cada 10 minutos proporciona 60 piezas.

Almacén de producto terminado:

En referencia a la política de stock definida por la empresa, la misma consiste en liberar para la venta, lotes de 500 unidades.

3.1.2 Materiales y piezas

En cuanto a los materiales y piezas que van a ser transportadas a través de la línea de producción, las mismas estarán identificadas con diferentes colores, de acuerdo a la etapa del proceso por la cual esté atravesando, y de acuerdo al siguiente detalle:

- ✓ Color verde: materia prima
- ✓ Color naranja: producto en proceso con 33% de valor agregado.
- ✓ Color violeta: producto en proceso con 66% de valor agregado.
- ✓ Color negro: piezas que se ensamblan a las piezas violetas.
- ✓ Color negro y violeta: producto terminado con 100% de valor agregado.

La estructura o lista de materiales del producto (BOM) es la siguiente (Figura 1) :

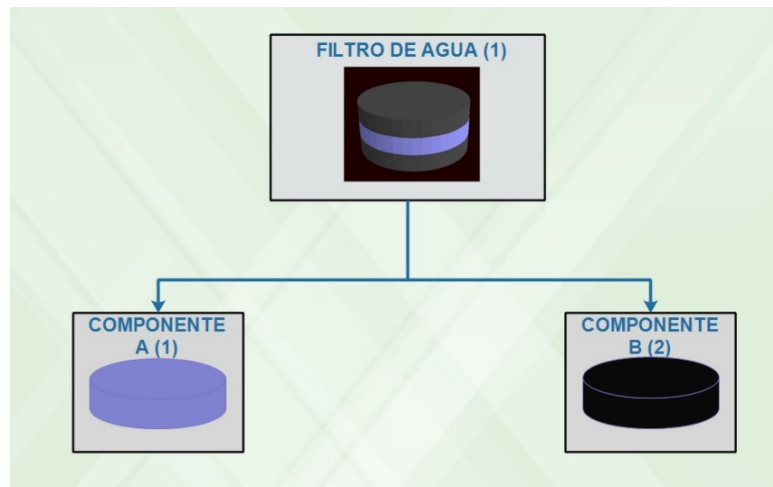


Figura 1. Estructura de componentes del producto (BOM)
Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, de la Figura 1 se desprende entonces, que para producir una unidad de filtro de agua se requiere:

- ✓ 1 unidad del componente A.
- ✓ 2 unidades del componente B.

3.1.3 Conceptos teóricos a ser utilizados

- ✓ costos operativos
- ✓ costos de almacenamiento.
- ✓ lotes de transferencia vs lotes de producción.
- ✓ tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- ✓ planificación de los recursos.
- ✓ capacidad de producción (medida en unidades/tiempo).
- ✓ tiempos de ciclo (medida en tiempo/unidades)
- ✓ tasa de producción (medida en tiempo/unidades)

3.2 Desarrollo del caso

A continuación se irán mostrando de manera secuencial, los pasos necesarios para desarrollar el presente caso.

3.2.1 Etapa 1

En esta etapa el alumno se encontrará con el siguiente escenario (Figura 2):

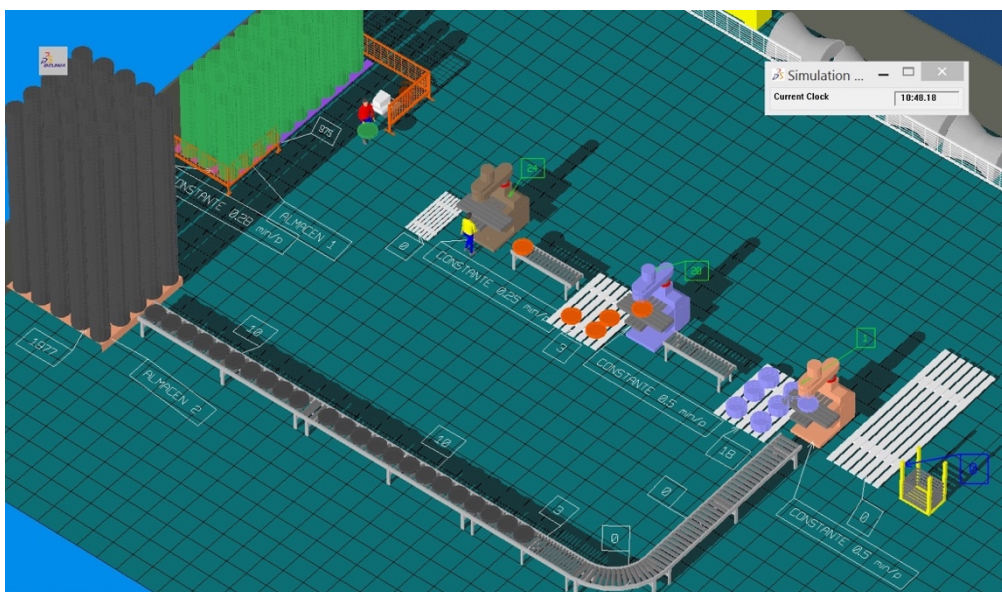


Figura 2. Vista inicial de la planta productiva.
Fuente: elaboración propia

A continuación se procederá a obtener los indicadores iniciales del proceso productivo para ser analizados y tenidos en cuenta, para a partir de ellos, poder alcanzar las posibles alternativas de solución.

Los pasos posteriores son los siguientes:

- ✓ Verificar las unidades de trabajo.
- ✓ Simular el modelo con un tiempo de 7 hs o su equivalente de 420 minutos, y determinar la velocidad de simulación, presionando el botón intervalo $\rightarrow 0.004$.

Para que el alumno pueda familiarizarse con el software y el entorno del sistema productivo que deberá analizar, se le proporcionarán algunos minutos para interactuar con el modelo.

Posteriormente deberá completar la siguiente planilla de cálculo (Figura 3).

ANÁLISIS ETAPA 1_ Situación Actual															
Costos de tenencia															
Materia Prima_1		\$	3,00												
Materia Prima 2		\$	5,00												
Stock interproceso 1		\$	5,00												
Stock interproceso 2		\$	8,00												
Stock Prod Terminado		\$	25,00												

Almacén 1		Maq 1	Stock interproceso 1		Maq 2	Stock interproceso 2		Maq 3	Almacén 2		Stock producto terminado		Jornada Laboral	Unidades vendidas	Total de piezas prod.	Tasa de producción
Unid	Costos de stockear MP	CICLO Min/P	unid	Costos de stock con un 33,33% de avance	CICLO Min/P	unid	Costos de stock interproceso con un 66,66% de avance	CICLO Min/P	unid	Costos de stockear MP	unid	costos de stock de producto terminado 100% procesado	Minutos	Unid	Unid	min/pieza
39	\$ 117	0,25	123	\$ 615	0,5	75	\$ 600	0,5	474	\$ 2.370	263	\$ 6.575	420	500	763	0,55

RESUMEN									
Costos operativos normales/jornada		Costo total de stocks		Cant. Producida	Cant. Vendida	Precio de venta	Beneficios	Tasa de producción	
\$ 380		\$ 7.907		763	500	\$ 120	\$ 51.713	0,55	min/p

Figura 3. Planilla de carga valores iniciales “Análisis Etapa 1- Situación Actual”

Fuente: elaboración propia

3.2.2 Etapa 2

En esta etapa se aplicará el método TOC y se evaluarán los resultados.

Se les entrega a los alumnos una pauta de trabajo la cual indica que el centro de trabajo 2 está en condiciones de elevar su capacidad productiva desde 2 piezas/min a 4 piezas/min. Estos incrementos de capacidad son extremadamente exagerados, debido que persiguen el objetivo que el alumno reconozca fácilmente la mejora introducida.

En base a esta modificación el alumno deberá realizar los siguientes pasos:

- ✓ Realizar el seteo o configuración del centro de trabajo 2, calculando el nuevo tiempo de ciclo. Se cambiará el valor constante 0,5 por 0,25 (Figura 4).

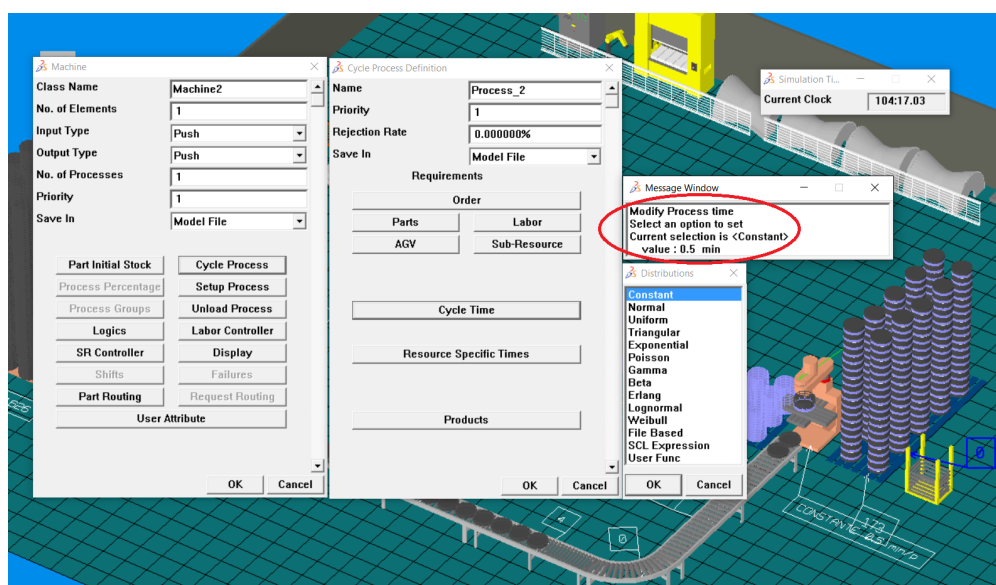


Figura 4. Configuración del centro de trabajo 2.

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Cambiar la leyenda del cartel indicativo de la capacidad de la simulación con la nueva configuración del centro de trabajo 2, y luego simular el modelo en Delmia Quest (Figura 5).

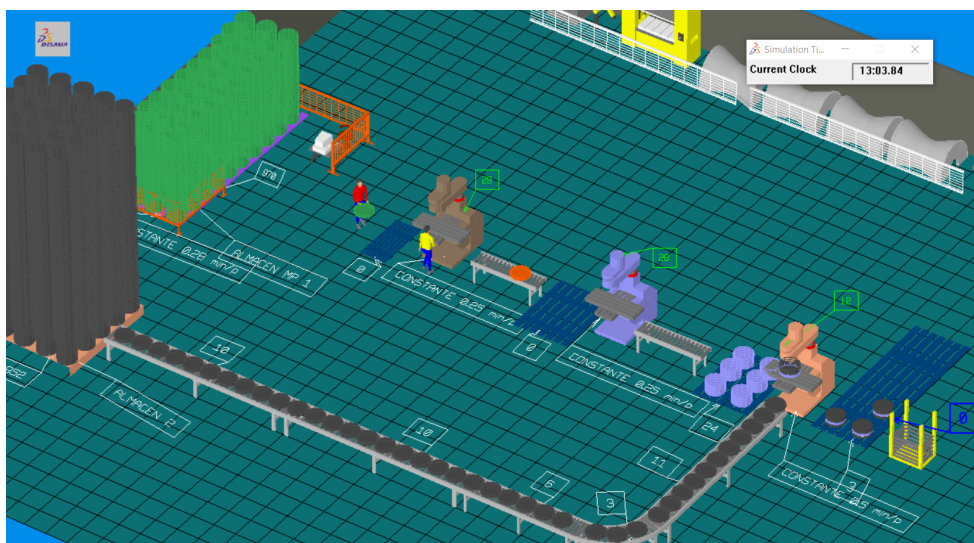


Figura 5. Cambio de leyenda cartel indicativo del centro de trabajo 2.

Fuente: elaboración propia

- ✓ Completar la planilla de cálculo “ANÁLISIS ETAPA 2” (Figura 6)

ANÁLISIS ETAPA 2															
Costos de tenencia															
Materia Prima_1		\$		3,00											
Materia Prima 2		\$		5,00											
Stock interproceso 1		\$		5,00											
Stock interproceso 2		\$		8,00											
Stock Prod Terminado		\$		25,00											

Almacén MP 1		Maq 1	Stock interproceso 1		Maq 2	Stock interproceso 2		Maq 3	Almacén 2		Stock producto terminado		Jornada laboral	Unidades vendidas	Total de piezas prod.	Tasa de producción
Unid	Costos de stockear MP	CICLO Min/p	unid	Costos de stock con un 33,33% de avance	CICLO Min/p	unid	Costos de stock interproceso con un 66,66% de avance	CICLO Min/p	unid	Costos de stockear MP	unid	costos de stock de producto terminado 100% procesado	Minutos	Unid	Unid	min/pieza
39	\$ 117	0,25	1	\$ 5	0,25	197	\$ 1.576	0,5	471	\$ 2.355	263	\$ 6.575	420	500	763	0,55

RESUMEN							
Costos operativos normales/jornada		Costo total de stocks		Cant. Producida	Cant. Vendida	Precio de venta	Beneficios
\$ 380		\$ 8.273		763	500	\$ 120	\$ 51.347
							0,55 min/p

Figura 6. Planilla de carga valores “Análisis Etapa 2”.

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se le solicita al alumno que realice la comparación entre la situación de la Etapa 1 y la situación en la Etapa 2, analizando tasas de producción, costos y beneficios.

Por último se procede a guardar el modelo con el nombre Etapa 3.

3.2.3 Etapa 3

En esta última etapa, se aplicará nuevamente el método TOC y los conceptos teóricos señalados en el punto 3.1.3., para de este modo poder evaluar los respectivos resultados y obtener las correspondientes conclusiones.

En este, debido a que la capacidad de la máquina 3 no puede ser modificada y que el sector de mantenimiento, se encuentra en condiciones de poder acondicionar una máquina de idénticas características, se la conectará en paralelo.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- ✓ Conectar la máquina al buffer y al conveyor (Figura 7).

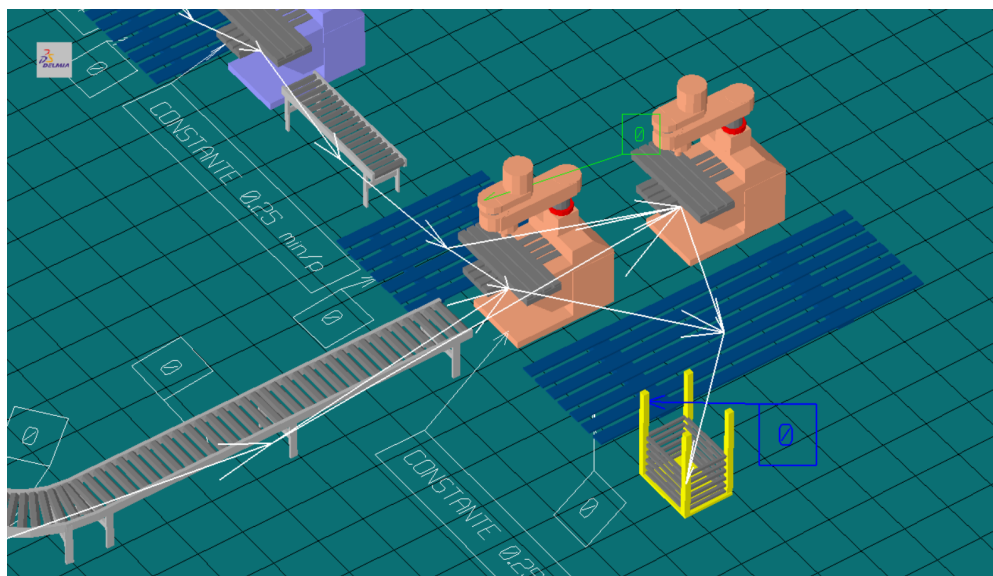


Figura 7. Conexión de máquina en paralelo.

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Verificar las conexiones.
- ✓ Cambiar la leyenda de la capacidad (Figura 8).

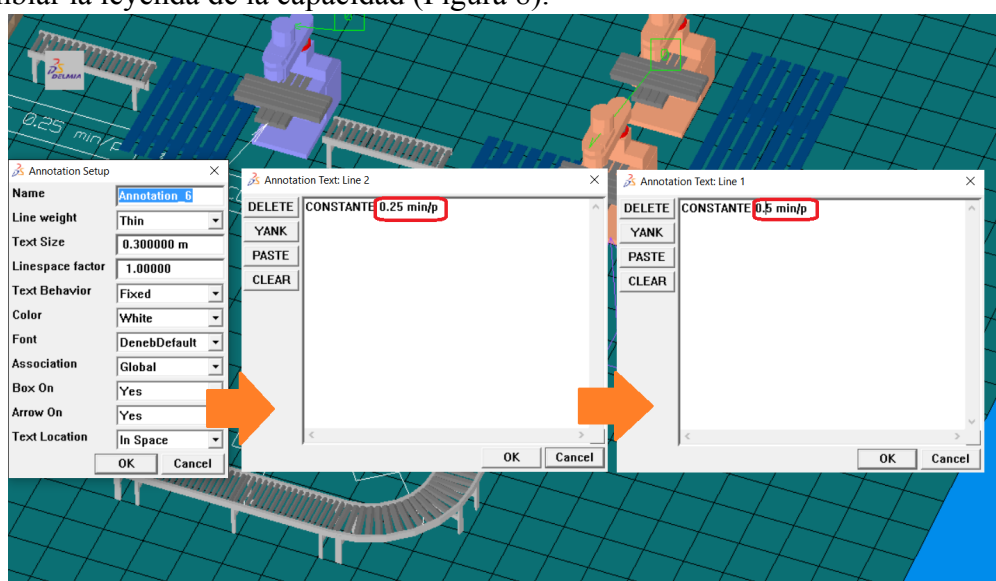


Figura 8. Cambio de la leyenda o cartel indicador de la capacidad de la máquina.

Fuente: elaboración propia

- ✓ Simular el nuevo modelo (Figura 9).

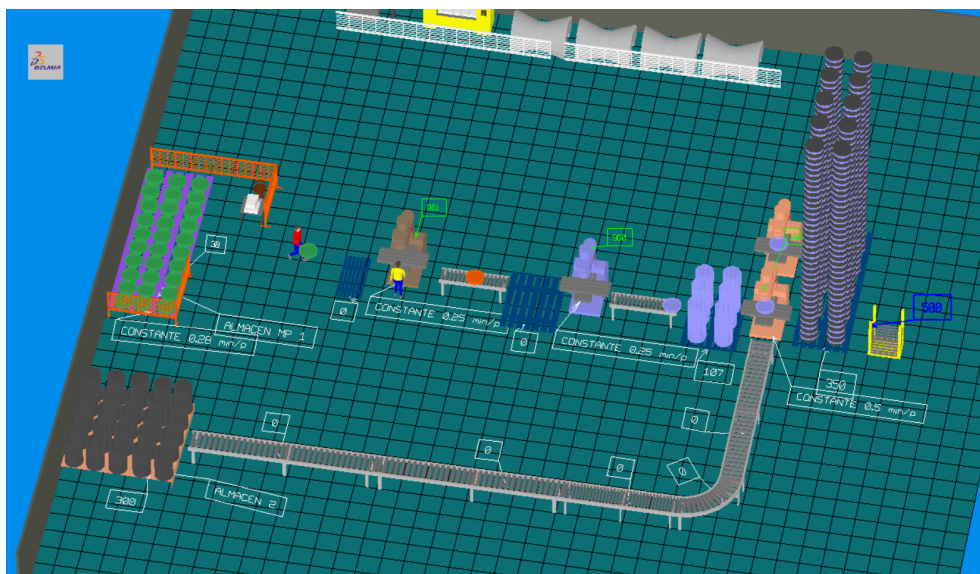


Figura 9. Simulación con el agregado de la máquina nueva.

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Completar la planilla de cálculo “ANÁLISIS ETAPA 3 – Mejora 1” (Figura 10)

ANÁLISIS ETAPA 3																
Costos de tenencia																
Materia Prima_1		\$	3,00													
Materia Prima 2		\$	5,00													
Stock interproceso 1		\$	5,00													
Stock interproceso 2		\$	8,00													
Stock Prod Terminado		\$	25,00													

Almacén de MP 1		Maq 1		Stock interproceso 1		Maq 2		Stock interproceso 2		Maq 3		Almacén 2		Stock producto terminado		Jornada laboral		Unidades vendidas		Total de piezas prod.		Tasa de producción	
Unid	Costos de stockear MP	CICLO Min/P	unid	Costos de stock con un 33,33% de avance	CICLO Min/P	unid	Costos de stock interproceso con un 66,66% de avance	CICLO Min/P	unid	Costos de stockear MP	unid	costos de stock de producto terminado 100% procesado	Minutos	Unid	Unid	min/piez							
39	\$ 117	0,25	1	\$ 5	0,25	3	\$ 24	0,25	84	\$ 420	208	\$ 5.200	420	750	958	0,44							

RESUMEN													
Costos operativos normales/jornada		Costo total de stocks		Cant. Producida		Cant. Vendida		Precio de venta		Beneficios		Tasa de producción	
\$ 380		\$ 5.346		958		750		\$ 120		\$ 84.274		0.44 min/p	

Figura 10. Planilla “Análisis Etapa 3” con todas las mejoras incorporadas.

Fuente: elaboración propia

Por último, se le plantea al alumno que analice el comportamiento de diferentes variables , aplicando su propio criterio y ejercitando la toma de decisiones. Para esto se le brinda un menu de opciones e interrogantes, tales como:

- ✓ Si no ha encontrado cambios sustanciales, evalúe la posibilidad de efectuar modificaciones en el tamaño de los lotes de transferencia. ¿Qué ocurre con la frecuencia del flujo de ingreso de dinero a la empresa y los gastos de logística?
- ✓ Evaluar la gestión de los almacenes de materia prima.
- ✓ Verificar qué tamaño de stock posee cada sector. ¿Qué mención puede hacer respecto a los stocks de seguridad?
- ✓ Evaluar los tiempos ociosos.
- ✓ Planifique los requerimientos. Desde el comando model->Build->modify.
- ✓ Realizar una última simulación (Figura 11).

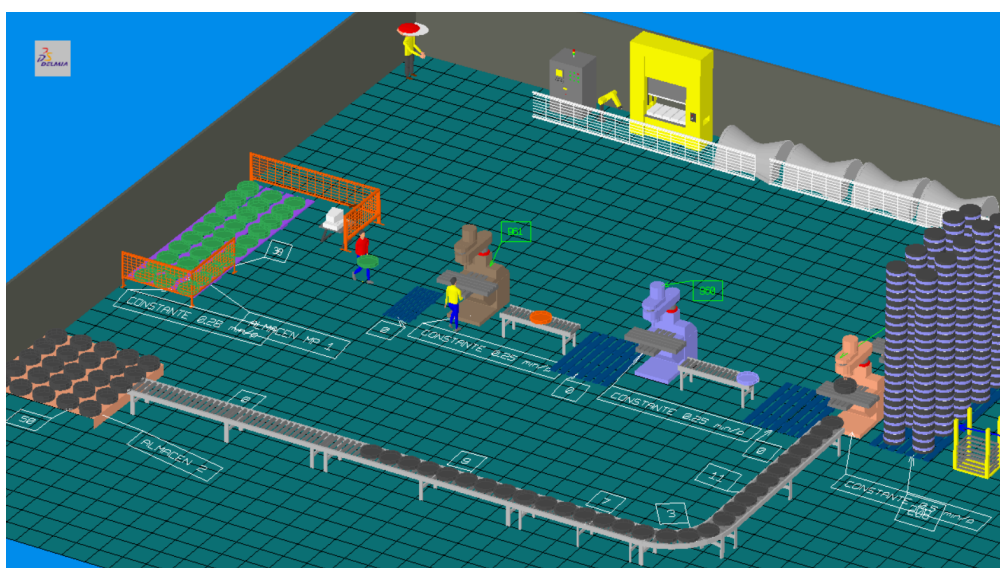


Figura 11. Simulación final.

Fuente: elaboración propia

- ✓ Redacte las conclusiones de la práctica realizada

4. Conclusiones y recomendaciones

A través de esta investigación, el equipo de trabajo ha podido descubrir la gran capacidad de procesamiento de datos con la que cuenta la herramienta Delmia Quest, quedando pendiente todavía una gran cantidad de funcionalidades por descubrir, la cuales seguramente serán objeto de estudio y aplicación, en futuras investigaciones.

El diseño del caso no solo fue aceptado y aprobado por la cátedra de Planeamiento y Control de la Producción, sino también que el mismo ya fue explicado a los alumnos a través de una guía de trabajos prácticos y de una clase de exposición en nuestro laboratorio, teniendo una muy buena aceptación por parte de ellos y de los docentes. La duración del trabajo práctico nos ha tomado una clase completa de 4 hs reloj aproximadamente.

La creación de esta práctica, permite avanzar sobre metodologías de enseñanza que no habían sido exploradas hasta el momento, facilitando a los alumnos, poder conectar de una manera más rápida y sencilla, los conceptos tomados de la teoría.

Visto estos tan buenos resultados, el equipo de trabajo seguirá investigando sobre más potencialidades de este software, de modo de poder incursionar en otras temáticas de la carrera de ingeniería industrial, a fin de mejorar la enseñanza sobre nuestros alumnos.

5. Referencias

- [1] DASSAULT SYSTEMES.(2015).*Tutorial Delmia Quest*.
- [2] KRAJEWSKY,L. et al, (2008).*Administración de operaciones.Procesos y cadena de valor*. Pearson-Prentice Hall,8ª Ed., Mexico.

FORMACIÓN INTEGRAL DEL INGENIERO ¿CUMPLE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CON LO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN N° 1232/2001 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN?

Raúl Isaías Maderna, Facultad de Ingeniería, UNNE, raismadester@gmail.com

Resumen

Habiéndose observado falencias en los alumnos, tanto en la expresión oral como en la redacción de informes técnicos, e investigando los programas de la currícula de ingeniería electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, se pudo detectar que es necesario actuar en el mejoramiento de la calidad en la educación para lograr la formación integral del futuro egresado.

Esta puede ser complementada teniendo en cuenta lo especificado en la Resolución N° 1232 del Ministerio de Educación de la Nación en los Anexos I, II y IV.

Tomando como base la misma, el trabajo consiste en demostrar la necesidad de lograr los estándares de calidad que los procesos de autoevaluación requieren.

El trabajo de campo consistió en obtener información, dialogando con los docentes, para conocer que piensan si sería posible incluir contenidos en la currícula sobre filosofía de las ciencias y la ingeniería, ética, idiomas y su relevancia, y como también reforzar la base de la expresión oral y escrita de los alumnos.

Con el análisis de los resultados de las entrevistas se deduce que pasos dar en una posible implementación de asignaturas o módulos en el área de las ciencias sociales a lo largo de las carreras de grado.

Palabras clave— *Formación integral, filosófica, humanista.*

1. Introducción

Es sabido que el ingeniero no es un ente disociado que pueda vivir independientemente de la sociedad y de la realidad que lo rodea.

Por lo tanto, como es un ser humano y no una máquina, participa y mucho generando obras útiles a la sociedad y por esa razón debe su existencia a la misma, comprometiéndose plenamente con ella.

Para lograr una mejor conjunción entre ingeniero y sociedad, es de suma importancia que se logre darle una formación integral que tenga una base ética, filosófica y humanista como complemento de la formación científico-tecnológica.

A partir de la aplicación de la Resolución N° 1232/2001 del Ministerio de Educación de la Nación [1], en su ANEXO I donde hace hincapié en la formación complementaria, expresa con una claridad meridiana lo siguiente:

“Complementarias

Como parte integral de un programa de Ingeniería y con el fin de formar ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el

proceso de la toma de decisiones, deben formar competencias en Economía, Legislación, Organización Industrial, Gestión Ambiental, Formulación y Evaluación de Proyectos, y Seguridad del Trabajo y Ambiental.

El plan de estudios debe cubrir aspectos formativos relacionados con las ciencias sociales, humanidades y todo otro conocimiento que se considere indispensable para la formación integral del ingeniero.”

Y agregando, en el ANEXO II, el detalle de la carga horaria mínima que deben cumplirse:

“Recomendación indicativa:

Carga horaria mínima por bloque:

En la carrera se considerarán 4 grupos básicos de materias, las cuales deben tener como mínimo las horas totales de teoría, práctico y laboratorio correspondiente al 55% de la carga horaria homogeneizada según la siguiente tabla:

Grupo Horas

Ciencias Básicas 750

Tecnologías Básicas 575

Tecnologías aplicadas 575

Complementarias 175

TOTAL 2075”

Y teniendo en cuenta también lo expresado en su ANEXO IV, donde clarifica sobre lo que el plan de estudio debe incluir en la formación del futuro profesional, como por ejemplo:

“II. Plan de estudios y formación”

“II.11. El plan de estudios debe incluir contenidos de ciencias sociales y humanidades orientados a formar ingenieros conscientes de sus responsabilidades sociales.

II.12. El plan de estudios debe incluir pronunciamiento sobre grado de dominio de idioma inglés exigido a los alumnos para alcanzar la titulación.

II.13 El plan de estudios debe incluir actividades dirigidas a desarrollar habilidades para la comunicación oral y escrita.”

A partir de estos puntos definidos claramente en la resolución se busca determinar si realmente se los tiene en cuenta en la formación integral del ingeniero.

Se observa en el trato cotidiano con los estudiantes de los últimos años de cursado un vacío importante en áreas como las mencionadas anteriormente.

Especialmente en lo referido a la falta de formación en al menos una lengua extranjera sin dejar de lado las falencias encontradas en la expresión oral y escrita del uso de la lengua nativa.

Esto último se puede ver a la hora de la redacción de un informe técnico o en la defensa de un proyecto o trabajo práctico.

Tampoco se observa en los programas de las materias que se haga hincapié sobre la filosofía de las ciencias o la ética en la ingeniería.

Porque no hay que olvidar que “la ciencia no es sino una perversión de sí misma a menos que tiene como objetivo final el mejoramiento de la humanidad.” [2]

Y que “el desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención. Es el producto más importante de su cerebro creativo. Su objetivo final es el dominio completo de la mente sobre el mundo material y el aprovechamiento de las fuerzas de la naturaleza a favor de las necesidades humanas.” [2]

Por ello es importante no dejar de lado la filosofía ya que esta sustenta y promueve la ciencia en su búsqueda constante de la verdad y por ello no pueden ser separadas en compartimientos estancos.

Existen trabajos realizados en las universidades más prestigiosas del mundo donde le dan mucha importancia a este tema porque consideran que más allá de formar un buen técnico, con muy buena base en el aspecto técnico-científico, también se lo debe formar en otros aspectos que forman parte de las denominadas ciencias blandas.

Es decir que lo que ellos buscan es la formación de futuros líderes que tengan una visión amplia del mundo que los rodea, trabajando en un ambiente multidisciplinario y conformando equipos de carácter interdisciplinario.

El gran desafío es como se pueden aplicar esos conocimientos en las Facultades de Ingeniería donde se prioriza la formación técnica.

Cumplir con lo antes mencionado es un trabajo no fácil de realizar porque se debe cambiar pilares del paradigma, y esto se debe a que a los técnicos les resulta hasta pesado tener que estudiar ciencias sociales y humanas.

La falta de conocimiento sobre los logros que se obtendrían al introducirse estos contenidos “no técnicos”, generaría un rechazo lógico y entendible, por lo que la tarea es hacer docencia para romper esas barreras.

El ANEXO IV expresa los objetivos a los que hay que llegar, para lograr los niveles de calidad en la formación integral del ingeniero. Esto quiere decir que se tiene en cuenta la necesidad de que el alumno desarrolle esa concepción filosófica y humanista, generadora de valores, construyendo sólidas bases, sabiendo qué deben hacer con sus conocimientos técnicos y como aplicarlos en beneficio de la sociedad y del medio ambiente.

De esta manera se logrará darle una visión humanista a la profesión, tal como se puede deducir de analizar el vocablo INGENIERÍA, definido por el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina – Bs. As. – 2001).

Esta definición dice que: “Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales”.

Si analizamos esta definición y especialmente en su última parte, donde dice: “...en beneficio de la humanidad, en contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales”; podemos observar que la misma tiene una fuerte base filosófica y humanista, por lo tanto la pregunta es ¿por qué no se hace hincapié en estas áreas durante la formación del futuro profesional de la ingeniería?

2. Reconocimiento de los hechos

En nuestra facultad, la realidad nos muestra las siguientes falencias:

- a) En los alumnos de ingeniería se observa la baja formación cultural. Con pobres conocimientos en historia, historia de la tecnología y las ciencias, geografía y literatura universal.

Tal vez deberíamos analizar si el problema mencionado no es un arrastre de los niveles educativos anteriores

- b) Se observan errores de ortografía y redacción en la confección de informes técnicos en los trabajos presentados. Con lo cual significa que tienen grandes limitaciones en la expresión oral y escrita.
- c) Pobres conocimientos en cultura general. Y más aún en aquellos que tienen sólo formación técnica de nivel secundario, donde la diferencia es aún más notable.
- d) Falta de dominio de al menos una segunda lengua.
- e) Debilidades en el proceso de observación, proposición, análisis y deducción.

Con sólo ver estos datos se puede deducir que hay mucho por hacer si realmente se cumpliera con lo expresado en la Resolución 1232/2001, por lo tanto surge la siguiente pregunta:

- 1.- ¿Cómo se puede cambiar esta situación?
- 2.- ¿Se quiere cambiarla?
- 3.- ¿Qué pasos hay que dar para lograr los objetivos propuestos?

Al intentar responder estas preguntas, surge la siguiente hipótesis:

3. HIPÓTESIS

¿Sería posible fortalecer el ámbito Ingenieril mediante la incorporación de Filosofía, Ética y Humanidades, para lograr un egresado con una formación integral?

4. METODOLOGÍA

Para poder encarar este trabajo, fue necesario hacer una investigación consultando a los profesores de las cátedras en cuyos programas se incluye aspectos formativos en ciencias sociales, y de esta manera conocer que aportes pueden agregar para lograr el objetivo de cumplir con el mejoramiento de la calidad que expresa la resolución antes mencionada.

Dentro de este grupo se analizó los contenidos de los programas de Fundamentos de Ingeniería que forman parte del ciclo básico, y también aquellas que corresponden a las denominadas Complementarias.

Estas son: a) Economía y Administración de Empresas, b) Ingeniería Legal, y c) Seguridad y Organización Industrial.

También se realizaron consultas a profesores que dictan las materias propias de la carrera, entre los cuales están aquellos que son investigadores, como también aquellos que se dedican a la actividad profesional fuera del ámbito universitario.

Se tomó como base la redacción de una serie de preguntas, no para ser usadas en la confección de una encuesta, sino más bien para orientar la conversación hacia los temas que interesan en esta investigación.

El detalle de las preguntas es el siguiente:

- 1.- ¿Tiene conocimiento de la Resolución N° 1.232 ME acerca de la cantidad de horas mínimas que se deben cumplir en el cursado de la carrera de ingeniería?

- 2.- ¿Sabe que en el ítem “COMPLEMENTARIAS” se deben desarrollar materias que tienen que ver con las ciencias sociales y humanas?
- 3.- ¿Sabe que en dicho ítem también se debe incluir un grado de dominio de idioma inglés exigido a los alumnos para alcanzar la titulación?
- 4.- ¿Tiene conocimiento de que, además, se deben incluir actividades dirigidas a desarrollar habilidades para la comunicación oral y escrita?
- 5.- ¿Qué piensa de que los alumnos tengan formación en Metodología de la Investigación, la Filosofía de la Ingeniería, de la Filosofía de las Ciencias y de la Ética?
- 6.- ¿Considera importante que el alumno llegue al final de su carrera de estudiante teniendo un nivel avanzado de inglés?
- 7.- ¿Cree que además del dominio del inglés, también pueda manejar otro idioma?
- 8.- ¿Piensa que se debe implementar algún sistema para que los alumnos desarrollen las habilidades tanto en comunicación oral como en la escrita?
- 9.- ¿Qué debe hacer la facultad para lograr estos objetivos y cumplir con la resolución N° 1232/01?
- 10.- ¿Cree que estos conocimientos deben ir inculcándose desde los primeros años de cursado?
- 11.- ¿Considera que este abanico de conocimientos adicionales completarán la formación del futuro profesional dándole un valor agregado que lo distinga de otros profesionales?
- 12.- ¿Cree que esto dará lugar a la formación de futuros líderes de nuestro país, quienes tendrán una visión más amplia de las necesidades de la sociedad que los rodea?

5. Resultados y Discusión

Del análisis de los comentarios realizados por los docentes entrevistados se resume lo siguiente:

A.- De la pregunta 1) a la 4): Los profesores que participaron en algún momento de alguna etapa de acreditación de la carrera, conocían esta resolución. No así aquellos que nunca lo habían hecho.

B.- Sobre la pregunta 5): Hubo dispares respuestas ya que algunos consideraban que la mayoría de los alumnos no se dedicarían a la investigación científica porque querían la titulación para salir a buscar trabajo lo antes posible, y que consideraban que en la actividad profesional no les sería de utilidad.

En el caso de los profesores que se dedican a la investigación pensaban lo contrario. Pero todos creían importante que los alumnos debían tener una fuerte formación ética, con la cual pudieran desarrollarse en su futura actividad profesional.

C.- Sobre las preguntas 6) y 7): Todos estaban de acuerdo en que era importante que los alumnos tuvieran un nivel adecuado en el idioma inglés, y en algunos casos tener conocimientos de algún otro idioma, como por ejemplo el portugués.

D.- Sobre la pregunta 8): Algunos profesores comentaban que sus alumnos debían redactar informes técnicos de los trabajos prácticos realizados, con lo cual se cumplía en cierta forma con lo que dice el Anexo IV.

Pero estos informes tenían muchos errores tanto en la redacción como en su presentación.

En cuanto a la parte oral, sólo en algunas asignaturas, los alumnos debían exponer ante el profesor y sus compañeros sobre determinados temas, observándose falencias en la forma de expresarse, la utilización del lenguaje adecuado y la claridad de la exposición.

E.- Sobre las preguntas 9), 10), 11) y 12): Sí estaban de acuerdo con que beneficiaría a la formación de los futuros ingenieros que egresaran de esta facultad, distinguiéndolos de los egresados de otras universidades.

Analizando el programa de Fundamentos de Ingeniería se observa que se desarrollan temas como historia de la ingeniería, el ingeniero como profesional, sus cualidades y responsabilidades, la ética en la ingeniería y los recursos de comunicación.

Y en la asignatura Ingeniería Legal, donde dentro de sus objetivos generales se enuncia: “Complementar la formación humanística de los estudiantes de ingeniería. Incorporar información actualizada vinculada a las ciencias sociales. Promover un mejor desarrollo de las relaciones personales mediante una apropiada utilización del lenguaje verbal y escrito.”

Como también “brindar al estudiante instrumentos teórico- metodológicos para entender el entorno socioeconómico, político, jurídico y cultural y una formación en valores que promuevan su compromiso con un ejercicio profesional basado en la ética, el derecho, la solidaridad social, con responsabilidad social y ambiental.”

Se dictan conceptos que hacen a una introducción a contenidos sobre filosofía, ciencias y normas que rigen la conducta humana.

Ahora la pregunta es: ¿Alcanza con esto para lograr los niveles de calidad que propone la resolución?

Una situación distinta es la referida a la formación del estudiante en un idioma extranjero, y esto es así por los pasos firmes que se están dando a nivel de facultad de ingeniería para lograr elevar el nivel de dominio del inglés.

Esto se observa en que algunos profesores utilizan información obtenida de Internet en idioma inglés y exigen a sus alumnos que realicen una comprensión de texto para determinar que trabajo desarrollo el autor y que conclusiones obtuvieron.

El objetivo de esto es introducir al estudiante en el manejo más fluido de información actualizada en dicho idioma.

Como respaldo a todo esto, la biblioteca de la facultad cuenta con libros en inglés a los cuales pueden acceder los alumnos en el momento que los necesiten.

Pero además se hizo obligatorio en algunas cátedras que el resumen del informe final de un proyecto sea redactado en inglés.

Otra acción positiva, para lograr elevar los niveles de calidad en el área de idiomas, fue la de agregar al informe final de las Prácticas Profesionales Supervisadas un resumen redactado en inglés.

De la información obtenida se deduce que se están realizando acciones en la facultad para reducir la brecha de lo que hay a lo que debería ser un objetivo, es decir, propender a lograr los niveles de calidad que la educación actual lo exige.

6. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a lo expresado más arriba se puede concluir que hay mucho por hacer en cuanto a elevar los niveles de calidad en los aspectos que refiere los anexos de la resolución.

De hecho que hay un avance importante en el tema del idioma extranjero, debido a que hace unos pocos años se comenzó a darle una mayor importancia al tema.

En cuanto a la parte que corresponde a la expresión oral y escrita se comenzó a trabajar con el profesor Jorge Barea, quien forma parte del Departamento de Idiomas, para que asista a los alumnos en la redacción del informe final de la Práctica Profesional Supervisada, buscando con esto elevar el nivel de presentación del mismo.

Por otro lado este profesor ha propuesto dictar cursos adicionales sobre redacción en castellano a los alumnos de los últimos años.

En cuanto a la formación ética, filosófica y en ciencias sociales, el desafío es mayor ya que habrá que agregar módulos o temas dentro de las asignaturas para hacer hincapié en ello.

Esto es muy importante si uno ve lo que se está haciendo a nivel mundial en la formación del ingeniero.

La importancia que se le ha dado a los puntos comentados más arriba y referidos a la formación integral se puede leer en la Declaración de Valparaíso[3], la que fue redactada en dicha ciudad el 12 de noviembre del 2013, donde los representantes de las instituciones de enseñanza de la ingeniería de Iberoamérica, coinciden en encontrar lineamientos comunes regionales en cuanto a las competencias que deberían lograr los ingenieros graduados en los países iberoamericanos, tomando como base las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, propuesta que fue elevada por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina CONFEDI.[4]

Esta propuesta contempla, sintéticamente, diez competencias genéricas, complejas e integradas que se relacionan con distintos aspectos de la actividad profesional. Siendo una de ellas, la que define al desempeño profesional, es decir, la manera como debe actuar, tanto técnicamente competente como socialmente comprometido.

También se puede ver, a modo de ejemplo, lo expresado por The Royal Academy of Engineering[5], conjuntamente con el Engineering Council y un grupo de asociaciones de profesionales de la ingeniería, que desarrollaron el Statement of Ethical Principles (SEP) para describir, en general, las consideraciones éticas que un joven profesional ingeniero necesitará para responder ante situaciones sobre temas éticos a los que ellos se enfrentan, las que se enumeran a continuación:

- “Accuracy and rigour
- Honesty and integrity
- Respect for life, law and the public good, and
- Responsible leadership: listening and informing” [5]

Y así como esto se pueden agregar muchos ejemplos de lo que se requiere de un ingeniero en otros países.

Por ello este trabajo de investigación, busca ser un aporte al crecimiento personal y profesional de los futuros ingenieros, no solamente en su formación técnica sino que además tengan una formación cultural importante como también una sensibilidad social relevante.

Dada la enorme complejidad de los proyectos y desarrollos de ingeniería actuales, obliga a que el ingeniero deba trabajar y desenvolverse dentro de un grupo de profesionales de diferentes disciplinas. Esto significa que debe tener la mente abierta para solucionar los problemas con los que se enfrenta con una fuerte formación en liderazgo

Por ello, cuanto de importante es la filosofía en la ingeniería para diferenciarnos del resto cuando vemos lo duro que fue René Descartes (1596-1650), filósofo y matemático francés, cuando dijo que:

“La filosofía es la que nos distingue de los salvajes y bárbaros; las naciones son tanto más civilizadas y cultas cuanto mejor filosofan sus hombres.”

Por ello, al darle una formación filosófica y humanista, se les estará dando las herramientas básicas para que tenga la capacidad de pensar, recordando una frase de Sir Francis Bacon (1561-1626) Filósofo y estadista británico que dijo: “Quien no quiere pensar es un fanático; quien no puede pensar, es un idiota; quien no osa pensar es un cobarde.”

Hay que tener en cuenta que el conocimiento profundo en la especialidad que tenga el ingeniero es de suma importancia, esto lo ayudará a ser un excelente profesional. Pero será un ser humano íntegro y reflexivo cuando logre esa formación filosófica y humanista.

Los profesionales formados así, tendrán sabiduría y podrán generar conocimientos como servicio, preguntándose ¿Por qué o para que lo hacemos? Reflexionando en todo momento sobre el significado y las consecuencias futuras de sus acciones.

7. Referencias

- [1] RESOLUCIÓN N° 1232/2001 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN
- [2] TESLA, NIKOLA
- [3] DECLARACIÓN DE VALPARAÍSO - ASOCIACIÓN IBEROAMERICANA DE INSTITUCIONES DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA - ASIBEI.
- [4] CONFEDI - XXXVII REUNIÓN PLENARIA – SANTA FE – 4 AL 6 DE MAYO - – PROYECTO ESTRATÉGICO DE REFORMA CURRICULAR DE LAS INGENIERÍAS - 2005 – 2007
- [5] THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING - <http://www.raeng.org.uk> – ENGINEERING ETHICS IN PRACTICE: A GUIDE FOR ENGINEERS

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

Daniel Morano, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Luis,

Oscar Pascal, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Lomas de Zamora

dmorano1963@gmail.com- oscarnpascal@gmail.com

Resumen— En 2006, CONFEDI aprobó las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Estas competencias fueron tomadas como propias por ASIBEI con la Declaración de Valparaíso en 2013 [1]

En el caso de Argentina, las unidades académicas de ingeniería han realizado avances para asegurar que sus graduados alcancen estas competencias, pero no existen casos donde esta implementación se haya realizado de forma integral.

Para asegurar el éxito de una implementación integral, deben preverse una serie de variables predefinidas propias de la vida institucional.

Estas variables forman parte de dimensiones: Definir plan de estudios por competencias, gestionarlo y verificar su viabilidad, Verificar métodos de enseñanza, formas de evaluación y cumplimiento de programas, Asegurar la formación experimental y competencias genéricas y Seguimiento de alumnos y graduados.

Este análisis estructural, consta de tres fases:

- 1) Inventariar las Variables de la forma más exhaustiva posible.
- 2) Definir las relaciones entre las variables definiendo la matriz de análisis estructural.
- 3) Identificar las variables claves a través de una clasificación directa, y luego por una clasificación indirecta, llamada “MICMAC”, “Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación”.

Este análisis estructural permitirá definir las variables de entrada, de enlace, resultantes, excluidas o de pelotón.

El trabajo pretende servir de guía a gestores de unidades académicas de ingeniería que pretendan implementar la formación por competencias de forma integral.

Palabras clave— *Competencias de Egreso, Análisis estructural, Formación de Ingenieros*

1. Introducción

En el año 2004 el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) decidió desarrollar una propuesta de definición de competencias genéricas requeridas por los egresados de ingeniería al momento de graduarse.

Esta propuesta, luego de la realización de talleres específicos y el intercambio de experiencias con expertos en la temática, concluyó en el año 2006 con la aprobación en forma unánime por el Plenario de Decanos del Documento de Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Este documento de acuerdos, tuvo como objetivo orientar a las facultades de

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

ingeniería en la definición de procesos de enseñanza y aprendizaje tendientes a asegurar estas competencias de egreso.

El tema se fue instalando muy lentamente en las Facultades de Ingeniería de Argentina y en el año 2013, a propuesta de CONFEDI, la Asamblea General de la Asociación Iberoamericana de instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), aprobó la necesidad de contar con lineamientos comunes regionales en cuanto a las competencias genéricas de egreso a lograr en los ingenieros graduados en los países de Iberoamérica,

- que contribuyan a fortalecer un Espacio Común Iberoamericano de Educación en Ingeniería,
- que orienten los procesos de búsqueda y definición de los propios perfiles en cada país y,
- que faciliten la integración regional y los acuerdos de movilidad e intercambio académico entre las universidades.
- Las diez Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano propuestas por ASIBEI como orientador o “faro” para las instituciones de los países integrantes son las siguientes:
 - **COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS**
 1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
 2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería
 3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería
 4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería
 5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas
 - **COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES**
 6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo
 7. Comunicarse con efectividad
 8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global
 9. Aprender en forma continua y autónoma
 10. Actuar con espíritu emprendedor

2.- Implementación en Facultades de Ingeniería – Caso Argentina

En el caso de Argentina, la implementación de acciones cuya finalidad fuera asegurar el logro de las competencias de egreso de los graduados, se desarrollaron principalmente como acciones motorizadas por cada Unidad Académica de Ingeniería. Acciones tales como sensibilización y capacitación docente y acuerdos de ciclos de conocimientos entre facultades marcaron la agenda común.

CONFEDI, por su parte, junto con sus pares de Brasil (ABENGE), Chile (CONDEFI) y Uruguay (ANII), llevó adelante un proyecto denominado Formación en Capacidades Emprendedoras en Facultad de Ingeniería (relacionado directamente con la competencia N° 10), que permitió la capacitación de 330 docentes en la temática, la creación de un banco de ejercicios transversales y específicos y la implementación del Rally Latinoamericano de la Innovación a partir de 2014.

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

En 2012, el Ministerio de Educación lanzó el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016, el cual en su Eje Estratégico N° 1 Indicadores Académicos planteó la necesidad de mejorar indicadores académicos desde el punto de vista cuantitativo (alcanzar al menos 10.000 graduados al año) y desde el punto de vista cualitativo (partiendo de la base que las carreras de ingeniería en su casi totalidad habían logrado alcanzar los estándares nacionales, el paso siguiente era implementar las acciones necesarias que llevaran a lograr las competencias de egreso definidas, para sus egresados).

Finalmente, la implementación de un sistema de formación destinado al desarrollo de competencias de egreso, es totalmente factible de llevar adelante, en el contexto de los actuales estándares de acreditación de carreras, tanto a nivel nacional como MERCOSUR, pero el hecho que no sea obligatorio, como lo es en el caso de Medicina, ha hecho que el tema no tuviera una ubicación prioritaria en la agenda de las Unidades Académicas de Ingeniería.

Ante la necesidad de redefinir los estándares nacionales de acreditación con vistas al tercer ciclo de acreditación, uno de los debates deberá plantear si el conjunto del sistema nacional de formación de ingenieros, está en condiciones reales de implementar la formación por competencias como un estándar de cumplimiento obligatorio o se deja abierta la posibilidad de hacerlo en forma total o parcial, como está ocurriendo a la fecha.

2.1. Condiciones para una implementación total

El objetivo de este trabajo, es precisamente analizar desde la óptica de un Decano de Facultad de Ingeniería y su equipo de trabajo, cuales son las variables institucionales a tener en cuenta, para definirlas, relacionarla con indicadores de seguimiento y logro, implementarlas, monitorearlas a los efectos de asegurar el éxito de una implementación integral.

Para realizar este análisis de carácter general y transversal a las visiones, misiones, objetivos y funcionamientos de las unidades académicas de Argentina y de Latinoamérica, se ha partido de la base de tomar como válidas y ajustadas al proyecto institucional las siguientes condiciones de contorno:

- Acuerdo de Competencias Genéricas del Ingeniero Iberoamericano (ASIBEI 2013).
- Perfil del Ingeniero Iberoamericano. (ASIBEI 2015).
- En el caso de Argentina Resoluciones Ministeriales de Estándares para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, las cuales en general son sustancialmente equivalentes al resto de los países iberoamericanos.
- Para los países del MERCOSUR Educativo ampliado, los estándares de acreditación fijados por el Sistema de Acreditación Regional ARCU-SUR.
- Sistemas universitarios o nacionales de evaluación de actividades de investigación y desarrollo.

Por lo tanto, el presente análisis estructural, se plantea pasar del terreno estratégico de “*qué profesional de ingeniería debemos formar*” al terreno táctico de “*cómo formamos un futuro profesional de la ingeniería*”, quedando en cada facultad la faz estrictamente operativa de acuerdo a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que entrecruzan la vida institucional de la facultad y la universidad en el momento de decidir la implementación.

2.2. Análisis estructural

Se divide en tres fases sucesivas [2][3]:

1. inventariar las variables
2. describir las relaciones existentes entre las variables
3. identificar las variables clave.

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

2.2.1. Inventariar las variables (fase 1)

La primera etapa consiste en hacer un inventario de las variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno (las internas y las externas); aquí es importante ser lo más exhaustivo posible y no excluir, a priori, ningún camino de búsqueda.

En general se pueden realizar talleres de prospectiva para recopilar las variables, a partir de la opinión de actores claves del sistema estudiado. Los resultados obtenidos pueden complementarse con entrevistas a representantes de distintos sectores del sistema estudiado.

Al final, se debe obtener una lista homogénea de variables internas y externas del sistema en cuestión, tratando de ser lo más exhaustivo posible en su definición.

Es indispensable realizar una explicación detallada de cada variable, pues esto facilita el posterior análisis y comprensión de su interrelación y permite constituir más fácilmente la “base” necesaria para toda reflexión prospectiva.

Luego se debe elaborar una ficha para cada variable, con la definición precisa y las evoluciones pasadas, donde se identifiquen las variables que dieron origen a esas evoluciones, se caracterice su situación actual y se enuncien las posibles tendencias o cambios bruscos futuros. Este trabajo puede tomar mucho tiempo, dependiendo de la complejidad de la variable.

Por lo general, esta tarea se le confía a un grupo de trabajo o a un comité técnico que la reparte entre sus miembros. Es en la fase exploratoria que el procedimiento toma su mayor sentido participativo y de movilización de la organización en torno a la definición de un proyecto estratégico común.

En una tarea realizada por el equipo que presenta este trabajo, y en una primera aproximación teórica, definimos veinticuatro (24) variables que se detallan a continuación.

Tabla 1. Variables del Sistema

Fuente: Elaboración Propia

Nº	Etiqueta	Nº	Variable	Indicadores	Descripción
A	Definir Plan de estudios por competencias	1	Componentes del Plan de estudios (ComPlanEst)	Contenidos (mapa curricular) y objetivos orientados a desarrollar competencias de egreso	Definir en el plan de estudios los contenidos, objetivos y capacidades que debe desarrollar cada espacio curricular, con la finalidad de asegurar las capacidades deseadas de egreso.
				Competencias a desarrollar desagregadas en capacidades, asociadas a los espacios curriculares que corresponda (uno a varios).	
B	Verificar métodos de enseñanza, formas de evaluación y cumplimiento de programas.	2	Métodos de Enseñanza (MetEns)	Nivel de adaptación a las necesidades del alumno (se vincula con los ciclos de la carrera)	Verificar que los métodos de enseñanza, formas de evaluación y cumplimiento de programas estén acordes a la
				Desarrollo de estrategias docentes innovadoras	
				Nivel de adecuación del método de	

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

				enseñanza con los objetivos del programa de la asignatura	planificación realizada.
		3	Métodos de Evaluación (MetEval)	Existencia de estrategias para la evaluación de competencias	
C	Investigar sobre la práctica docente	4	Investigación educativa (InvEducat)	Desarrollo de proyectos de investigación de práctica docente Reconocimiento institucional a la investigación de práctica docente	Permitir y reconocer como tareas de investigación a los docentes que investigan su propia práctica docente.
D	Verificar viabilidad de cumplimiento del plan de estudios	5	Sistema de seguimiento curricular (SegCurric)	Adecuación de horas de formación teórica, práctica y experimental a la carga horaria de cada asignatura Carga horaria oculta en cada asignatura (surge de contabilizar la cantidad de horas que insume al alumno la realización de cada trabajo práctico)	Verificar que la carga horaria total de trabajo del alumno permita el cumplimiento del plan teórico.
E	Asegurar la formación experimental de laboratorio.	6	Capacidades docentes para la formación experimental (CapDocFExp)	Equipos docentes con capacidades para garantizar la formación práctica. Equipos docentes conformados con el número suficiente para garantizar la formación práctica. Planificación y detalle de actividades de formación práctica.	Contar con capacidad docente e infraestructura para asegurar la formación experimental.
		7	Capacidades institucionales para la formación experimental (CpInstFEx)	Disponibilidad de infraestructura suficiente para el desarrollo de las actividades experimentales. Disponibilidad de equipamiento en cantidad y calidad para la realización de actividades experimentales Disponibilidad de insumos para la realización de actividades experimentales de laboratorio	
F	Asegurar el desarrollo de competencias genéricas tecnológicas	8	Capacidad institucional para la formación en resolución de problemas de ingeniería	Proyectos de cátedra con actividades orientadas al desarrollo de capacidades relacionadas con la resolución de problemas de ingeniería. Disponibilidad de equipamiento (equipos, software, etc.) para la resolución de problemas de ingeniería	

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

				Existencia de métodos de evaluación de la competencia en los proyectos de cátedra	
				Existencia de trabajos de resolución de problemas articulados horizontal y verticalmente durante la carrera	
		9	Capacidad institucional para la formación en proyectos y diseños de ingeniería (CpProyDis)	Capacidades docentes para formar competencias en proyectos y diseños de ingeniería (experiencia docente, trabajos prácticos, etc.)	Contar con capacidad docente e infraestructura para asegurar la capacidad de proyectar y diseñar ingeniería.
				Disponibilidad de equipamiento (equipos, software, etc.) para la elaboración y diseño de proyectos de ingeniería	
				Existencia de métodos de evaluación de la competencia en los proyectos de cátedra	
				Existencia de trabajos de resolución de problemas articulados horizontal y verticalmente durante la carrera	
		10	Capacidad institucional para el desarrollo de práctica supervisada en el ámbito profesional. (CpPracProf)	Número de convenios con instituciones para la realización de pasantías y PPS	Contar con capacidad institucional para asegurar la adquisición de competencias laborales.
				Existencia de Bolsa de trabajo	
				Número de convocatorias anuales a cubrir pasantías y posiciones laborales	
				Existencia de sistema institucional de seguimiento de actividad de alumnos en el marco de pasantías y PPS	
G	Asegurar el desarrollo de competencias sociales, políticas, y actitudinales.	11	Capacidad institucional para el trabajo en equipo y la comunicación efectiva (CpTrabEqCo)	Existencia de instancias de formación y evaluación del trabajo en equipo Existencia de instancias de formación y evaluación de comunicación	Contar con capacidad institucional y docente para asegurar la adquisición de competencias de organización, coordinación y comunicación.
		12	Capacidad institucional para la realización de actividades interdisciplinarias	Existencia de instancias de realización de actividades interdisciplinarias y multidisciplinarias	Prever en el desarrollo del plan de estudios actividades que aseguren al

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

			y multidisciplinarias (CpIntMulti)	Existencia de instancias de evaluación de actividades interdisciplinarias y multidisciplinarias	estudiante la realización de actividades interdisciplinarias y multidisciplinarias.
		13	Capacidad institucional para desarrollar actividades innovadoras y ejercer el liderazgo en equipos de trabajo (CpInnvLdz)	Existencia de instancias de formación y evaluación de espíritu innovador Existencia de instancias de formación y evaluación de ejercicio de liderazgo	Contar con capacidad institucional y docente para asegurar capacidades para incorporar nuevos conocimientos, ser proactivo y actuar en carácter de líder.
		14	Capacidad institucional para visualizar el trabajo del ingeniero de manera integral (CpTraIntIg)	Existencia de instancias de análisis del perfil profesional del ingeniero que egresa de la unidad académica Existencia de instancias formativas y de reflexión acerca del impacto social de la actividad del ingeniero y de su compromiso con el contexto en el que desarrolla su actividad (ética, social ambiental y cultural)	Contar con capacidad institucional y docente para asegurar la adquisición de conocimientos y capacidades que permitan analizar el entorno, desde la óptica ética, social, ambiental y cultural
H	Adecuar el cuerpo académico	15	Coordinación de equipos docentes (CoordEqDoc)	Existencia de instancias de articulación vertical y horizontal del plan de estudios	Coordinar equipos docentes para asegurar articulación vertical y horizontal.
		16	Conformación de los equipos docentes (ConfEqDoc)	Existencia de equipos docentes con adecuada relación con el número de alumnos Existencia de equipos docentes en número suficiente y formación adecuada a la metodología de enseñanza desarrollada Equipos docentes con formación disciplinar y metodológica consistentes con los objetivos de la asignatura de la asignatura en el marco del Plan de Estudios	Equipos docentes que permitan asegurar relación docente alumno acorde a la metodología empleada Docentes de cada asignatura con los conocimientos y competencias requeridas para el dictado de la misma

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

I				Existencia de acciones de sensibilización a los docentes orientada a la actualización e innovación de sus conocimientos y prácticas	Sensibilizar a los docentes sobre la necesidad de la adecuación permanente de la formación de ingenieros
		17	Conocimiento de la comunidad educativa de visión, misión y proyecto institucional (ConocMVPI)	Existencia de instancias de reflexión del claustro docente acerca del proyecto institucional y del rol de su asignatura en la formación del futuro ingeniero Existencia de encuentros de coordinadores de ciclo para analizar la orientación de la carrera y su consistencia con el proyecto institucional	Asegurar que todos los docentes de la carrera conozcan su proyecto académico y el rol de su asignatura en la formación del futuro ingeniero
	Comprobar situación de alumnos	18	Conocer formación previa de los estudiantes (ForPrevEst)	Existencia de instancias de evaluación de conocimientos previos al ingresar Existencia de instancias de nivelación al ingreso de la carrera Existencia de sistema de tutoría	Conocer con el mayor detalle posible, las competencias de ingreso de los estudiantes a la carrera.
		19	Evaluar actitud de los estudiantes (ActEst)	Existencia de instancias de medición de opinión de los alumnos (satisfacción y dificultades puntuales para el seguimiento de la carrera) Existencia de instancias de reflexión con alumnos acerca de la importancia de su actitud y compromiso con la carrera	Evaluar en distintos niveles de la carrera la actitud y compromiso de los estudiantes para con su formación
		20	Conocer el rendimiento de los estudiantes (RendEstud)	Existencia de sistema de indicadores de rendimiento académico válidos y fiables Informes periódicos acerca del rendimiento académico de los alumnos Programación de reuniones periódicas para analizar las posibles causas entre el desvío del rendimiento académico deseado y el rendimiento académico real Existencia de acciones correctivas para mejorar los indicadores académicos	Monitorear en forma permanente el rendimiento de los estudiantes vs. El rendimiento deseado.
		21	Conocer impacto de variables socio económicas en	Asegurar una carga confiable de las variables socio económicas previstas en el Sistema Guaraní.	Monitorear en forma permanente el impacto de

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

		rendimiento académico (VSocEcRend)	Correlacionar el impacto de estas variables en el rendimiento académico de los estudiantes.	variables socioeconómicas y laborales en el rendimiento académico.
			Correlacionar impacto de inserción laboral vs. Rendimiento académico	
		22 Conocer programas de ayuda a los estudiantes intra y extra universidad (ProgAyuda)	Existencia de instancias de apoyo a los estudiantes para acceder a programas de ayuda (becas, trabajo social, apoyo psicológico, etc.).	Monitorear el impacto de los sistemas de becas y ayudas en el rendimiento académico
			Correlacionar los programas de ayuda con el rendimiento académico.	
		23 Evaluación del grado de desarrollo de las competencias (EvComPar)	Existencia de acuerdos con alumnos para evaluar en forma global niveles de formación según ciclo de la carrera	Proponer en acuerdo con los estudiantes instancias de evaluación globales para evaluar nivel de formación adquirido vs. Deseado.
			Existencia de acciones correctivas de resultados no satisfactorios de la evaluación global	
		24 Relacionar estudiantes con su futuro ejercicio profesional (RelFutEjPr)	Existencia de espacio de reflexión durante la PPS para abordar la complejidad del ejercicio profesional de ingeniero.	Relacionar a los estudiantes con su tarea profesional y su complejidad.

2.2.2. Describir las relaciones existentes entre las variables (fase 2)

En un enfoque sistémico, una variable sólo existe a través de su interrelación con otras variables. Además, el análisis estructural permite identificar esas relaciones entre variables utilizando una tabla de dos entradas llamada “matriz de análisis estructural”.

Lo mejor es que sean los que participaron en todo el inventario y definición de las variables quienes llenen la matriz.

El rellenado es cualitativo. Con cada pareja de variables se hacen las preguntas siguientes: ¿Existe una relación de influencia entre la variable i y la variable j? Si la respuesta es negativa se le da la nota de 0. Cuando la respuesta es positiva, la relación de influencia directa recibe la nota de 1 si se le considera débil, 2 si media, 3 si fuerte y, finalmente, 4 si se le considera potencial.

Esta fase de rellenado lleva a hacerse, para n variables, n x n-1 preguntas de las que se eludirán algunas a falta de una reflexión sistemática y exhaustiva. Este procedimiento de interrogación no sólo permite evitar errores, sino también ordenar y clasificar las ideas creando un lenguaje común en el seno del grupo. Además permite, en la mayoría de los casos, redefinir ciertas variables y, por consiguiente, afinar el análisis del sistema.

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

Resumiendo, la experiencia indica que una tasa normal de rellenado de la matriz es de alrededor del 20 por ciento, o sea que, para el 80 por ciento de las variables, es imposible dar una respuesta sobre influencia.

Se solicitó a especialistas en gestión, decanos de Facultades de Ingeniería, que llenaran la “Matriz de Análisis Estructural” y con las respuestas recibidas quedó, siempre como primera aproximación, la siguiente matriz.

Tabla 2. Matriz de Influencias Directas
Fuente Elaboración Propia

V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	0
2	2	3	3	3	1	3	1	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	2	1	0	0	0	2	0
3	2	3	3	3	1	3	1	2	2	1	1	1	1	1	0	2	0	0	2	2	0	0	3	0
4	2	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	0	2	0
5	2	3	1	2	3	1	0	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	3	1	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0
7	3	3	3	2	1	3	3	2	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
8	3	3	3	2	0	1	1	3	3	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
9	3	3	3	2	0	1	1	3	3	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
10	3	3	3	2	0	1	1	2	2	3	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
11	3	3	3	2	0	1	0	2	2	1	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
12	3	3	3	2	0	1	0	2	2	1	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
13	3	2	3	2	0	1	0	2	2	1	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
14	3	2	3	2	0	1	0	2	2	1	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
15	3	2	0	1	1	2	0	2	2	1	1	1	1	1	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0
16	3	3	0	1	1	2	0	1	2	1	1	1	1	1	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0
17	3	3	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0
18	2	3	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	1	1	0
19	2	3	3	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	2	2	1	0
20	3	3	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	0	2	0
21	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	2	0	0
22	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0
23	3	3	3	2	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	3	3	2	2	3	0
24	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

3. Resultados y Discusión

31. Identificar las variables clave (fase 3)

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

Esta fase consiste en identificar las variables clave, variables esenciales para la evolución del sistema. La identificación se hace, en primer lugar, gracias a una clasificación directa, de fácil realización, y luego por una clasificación indirecta, llamada “MICMAC”, “Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación”. Esa clasificación indirecta se obtiene previa potenciación de la matriz inicial.

La comparación de la jerarquía de las variables en las diferentes clasificaciones (directa, indirecta y potencial) es rica en enseñanzas. Permite confirmar la importancia de ciertas variables, así como descubrir variables que, por su acción indirecta, desempeñan un papel preponderante aunque no hayan sido detectadas por la clasificación directa.

Los resultados en términos de influencia y dependencia de cada variable pueden ser representados sobre un plano en el que el eje de abscisas corresponda a la dependencia y el de ordenadas a la influencia. Esto posibilita, además de identificar las variables más influyentes del sistema estudiado, interesarse por el papel de las diferentes variables en el sistema.

Las diferentes variables y su interpretación

Cada variable contiene un indicador de influencia y un indicador de dependencia. Su ubicación en un plano permite distinguir cinco tipos de variables.

Las variables de entrada (1 – cuadrante superior izquierdo) son muy influyentes y poco dependientes y se les considera, principalmente, explicativas del sistema estudiado. Condicionan la dinámica del conjunto. Cuando es posible, las acciones se orientan prioritariamente hacia esas variables.

Las variables de enlace (2 – cuadrante superior derecho) son al mismo tiempo muy influyentes y muy dependientes. Son inestables por naturaleza. Cualquier acción sobre ellas tendrá, simultáneamente, repercusiones sobre las otras variables y un efecto sobre ellas, modificando así considerablemente la dinámica global del sistema.

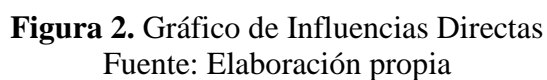
Las variables resultantes (3 – cuadrante inferior derecho) son poco influyentes y muy dependientes. Su evolución se explica por los impactos provenientes de otras variables, principalmente de las de entrada y las de enlace.

Los diferentes tipos de variables en los planos de influencia y dependencia

Las variables excluidas (4 – cuadrante inferior izquierdo) son poco influyentes y poco dependientes. Impactan poco el sistema estudiado, ya sea porque constituyen tendencias pesadas cuya inercia no modifica la dinámica del sistema o porque tienen poca relación con este último y experimentan un desarrollo relativamente autónomo. Se pueden excluir sin más consecuencias para el análisis.

Por último, las variables del pelotón (5), que no se caracterizan lo suficiente por la influencia o la dependencia como para que sea posible sacar una conclusión en cuanto al papel que desempeñan en el sistema.

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

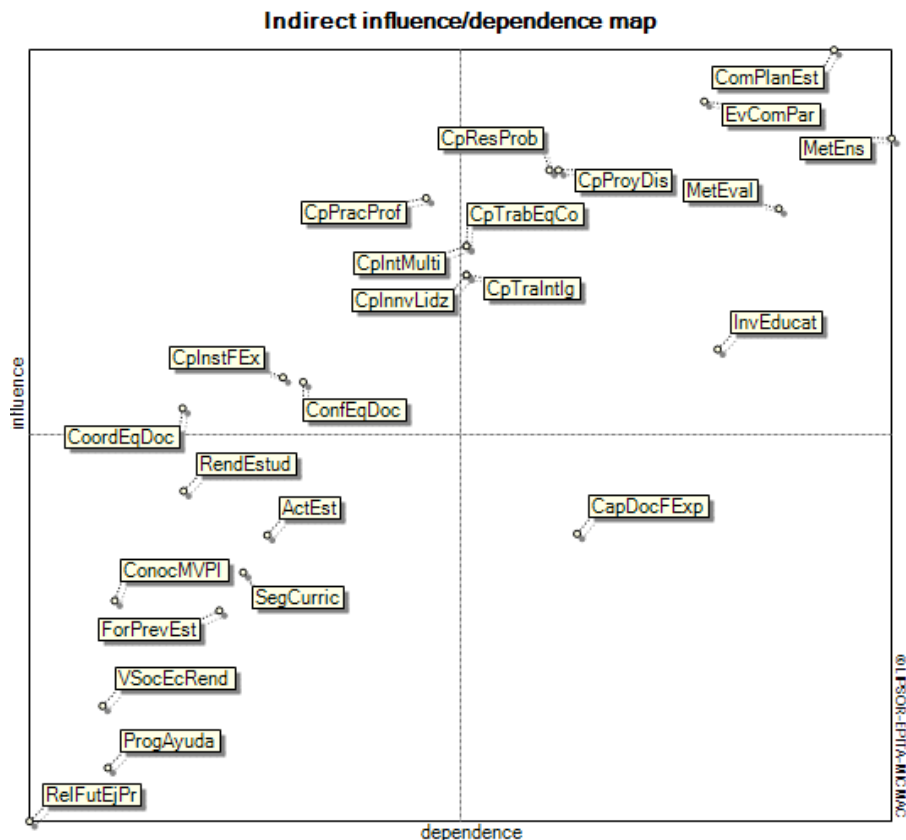


Figura 3. Plano de Influencias Indirectas

Fuente: Elaboración propia

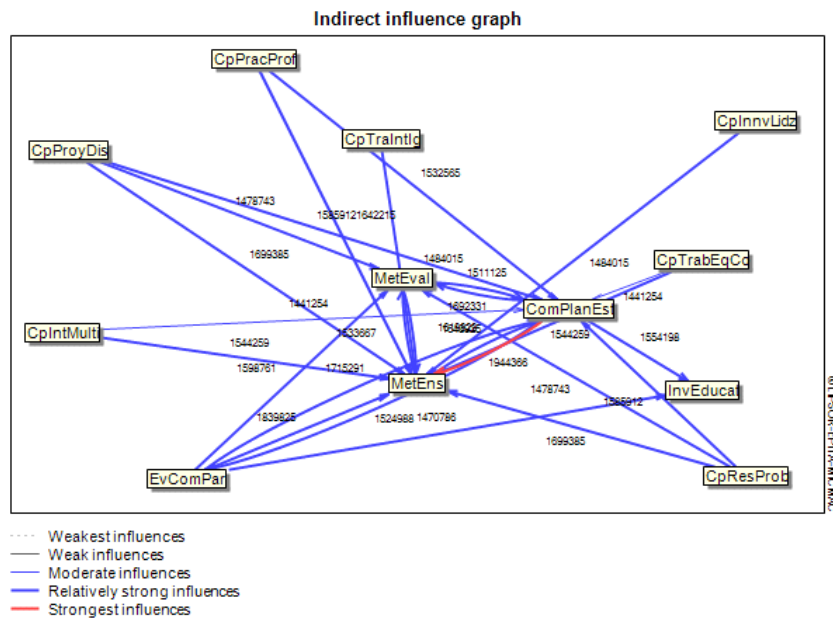


Figura 4 Gráfico de Influencias Indirectas

Fuente: Elaboración Propia

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

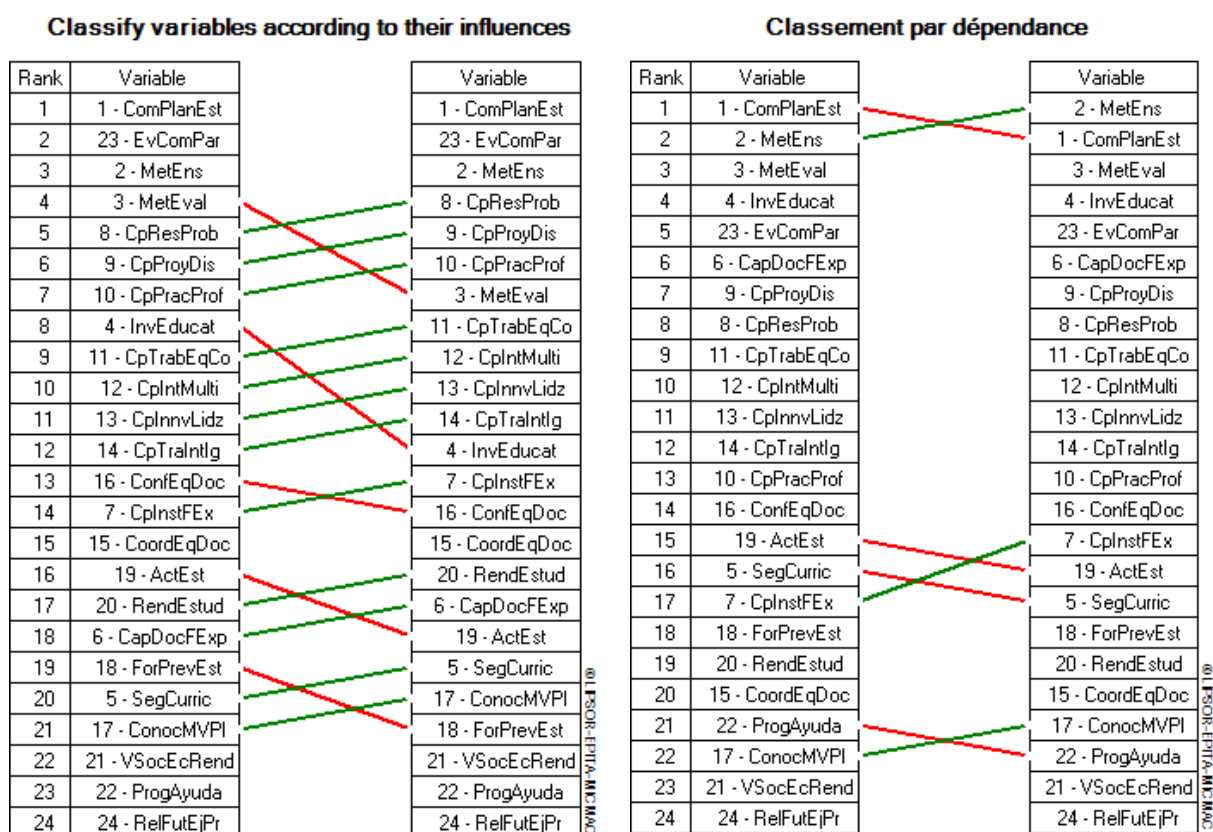


Figura 5. Clasificación Jerárquica Influencias y Dependencias Directas e Indirectas

Fuente: Elaboración Propia

4. Primeras conclusiones

Insistimos en que este trabajo y este análisis parte de tener previamente fijados, en general a nivel nacional o regional, el perfil de ingeniero y las competencias de egreso con las que se quiere dotar al graduado. De allí se toma el “QUÉ QUEREMOS”. A esto se suma la visión y misión que rige el accionar de la universidad donde se dicta la carrera de ingeniería. Por tanto, en este contexto preestablecido, el objetivo del presente trabajo y sus conclusiones es avanzar en el “CÓMO LO LOGRAMOS”.

En función, entonces, del análisis de esta primera aproximación, se observa, como lo marca la experiencia y la intuición, que la Variable Definir el Plan de Estudios por Competencias es la de mayor influencia tanto directa como indirecta. Si consideramos la formación de ingenieros un proyecto de ingeniería, sin duda que el Plan de Estudios son las etapas de Concepción y Diseño del Proyecto, vitales para el futuro éxito del mismo. Contar con especialistas que apoyen a las direcciones de las carreras y las secretarías académicas para esta concepción y diseño aparece como un elemento clave.

Las dos variables, que siguen en influencia, son la utilización de Métodos de Enseñanza acordes a los objetivos planteados en cada espacio curricular y la evaluación permanente a los alumnos del logro parcial de competencias. Esto implica un trabajo personalizado en cada espacio curricular para asegurar métodos de enseñanza que aseguren los objetivos planteados

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN IBEROAMÉRICA

Análisis Estructural para asegurar competencias de egreso

en el plan. Con lo cual es necesario contar con el compromiso docente, el cual debe ser planteado y apoyado desde la institución.

Con respecto a los alumnos, la situación es similar, y debe trabajarse con ellos, para convencerlos que son los beneficiarios principales directos de la implementación de estas metodologías de enseñanza y aprendizaje y la evaluación para medir los niveles de las competencias establecidas. Fundamentalmente, teniendo en cuenta y mostrándoles, cuales son las competencias requeridas en los sectores donde potencialmente pueden conseguir su primer empleo, y que del logro de las mismas, depende el nivel de competitividad que adquieran para obtener un primer empleo de calidad.

En cuanto a las dependencias, surge que las variables Plan de Estudios y Métodos de Enseñanza son las de mayor dependencia, lo que le da cierta inestabilidad al sistema. Ambas dependen del cumplimiento del resto de las variables, las cuales deben ser abordadas y ajustadas convenientemente para asegurar las condiciones de contorno necesarias para el éxito de la implementación.

Finalmente, como condición básica y necesaria, y fundamentalmente en las variables de mayor influencia, la imperiosa necesidad de definir indicadores medibles y contar con sistemas de información que permitan el monitoreo continuo de las mismas, contrastándolas con las funciones objetivo prefijadas. Otra variable que aparece en el cuadrante de alta influencia es la Investigación Educativa, metodología que puede no estar suficientemente reglamentada en las universidades, como para que se definan Proyectos de Investigación Acción de la propia práctica docente.

Esta es la primera aproximación de aplicación del método, el cual se debe seguir experimentando, y verificando en la práctica en distintas Facultades, pretende ser un puntapié inicial y un aporte para los responsables de gestión de facultades y carreras que analicen la implementación de la formación de ingenieros por competencias.

5. Referencias

- [1] CONFEDI. Competencias en Ingeniería. Abril de 2014.
- [2] GODET, M. (2003) De la anticipación a la acción. Manual de Prospectiva Estratégica. Editorial Marcombo.
- [3] GODET, M., DURANCE, P. (2011) La prospectiva estratégica para empresas y territorios. UNESCO.

EL PORTAFOLIO COMO INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN EN LA ENSEÑANZA POR COMPETENCIAS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mauricio Mackenzie, Universidad Nacional de Mar del Plata, mauromac@gmail.com

María Victoria D'Onofrio, Universidad Nacional de Mar del Plata, fi.vicky@gmail.com

Resumen— En este artículo se presenta la experiencia del uso de portafolio como uno de los instrumentos de evaluación en la enseñanza por competencias en la asignatura Mecanismos de Integración Económica, basada en conceptos de economía política y social, que pertenece al último año de la carrera Ingeniería Industrial. En la mayoría de las asignaturas de la carrera predomina la búsqueda de resultados cuantificables y absolutos, alejados de los juicios de valor que permiten desarrollar un pensamiento crítico buscado en los futuros profesionales, tal como lo establecen las competencias genéricas del Ingeniero Industrial, y específicamente necesario en la asignatura. Uno de los instrumentos de evaluación que aplica a este enfoque es el portafolio, que es un sistema de evaluación integrado en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Consiste en que el estudiante seleccione, recolecte y aporte evidencias a lo largo de un período de tiempo determinado y que respondan a un objetivo concreto. Estas evidencias (fragmentos de películas, entrevistas, actividades académicas, apuntes, entre otras) conformarán una carpeta que no solo le permite al alumno demostrar que está aprendiendo, sino que también que posibilita al profesor un seguimiento del progreso de este aprendizaje. Las evidencias se acompañan de una justificación y una reflexión del estudiante, que ponen de manifiesto la relación entre la evidencia y el aprendizaje. Los resultados preliminares de la experiencia han sido consistentes con el objetivo planteado por el cuerpo docente de la asignatura.

Palabras clave— *cambio metodológico, portafolio, evaluación, aprendizaje, competencias genéricas.*

1. Introducción

En la enseñanza universitaria por competencias, la metodología sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje cumple un rol fundamental. Se deben establecer las distintas modalidades de enseñanza que se van a tener en cuenta a la hora de articular la formación necesaria para que los estudiantes adquieran los aprendizajes establecidos. De Miguel [1] sostiene que las diferentes modalidades de enseñanza reclaman tipos de trabajos distintos para profesores y estudiantes y exigen la utilización de herramientas metodológicas también diferentes.

Para asegurar la calidad de la enseñanza es necesario evaluar las competencias que los estudiantes dominan, adquieren y desarrollan durante el cursado de la asignatura. La evaluación es un aspecto integral del proceso de enseñanza-aprendizaje y parte esencial de las tareas que el docente lleva a cabo en su clase.

El objetivo principal del uso del portafolio como procedimiento de aprendizaje y evaluación es lograr estudiantes reflexivos y críticos. En nuestro programa formativo priorizamos competencias tales como la capacidad de reflexión y análisis crítico (competencia genérica “capacidad de pensar en forma crítica” establecida por el CONFEDI para la carrera de Ingeniería Industrial [2]).

“Las evidencias demuestran que el uso del portafolio promueve el desarrollo de las mismas, y además nos permite obtener un mayor control del trabajo realizado por el alumnado. Desde una visión más metodológica y técnica, podemos destacar la insatisfacción que existe derivada de la utilización de metodologías basadas en enfoques cuantitativos que derivan en el abuso de pruebas memorísticas finales con la mera consideración de los resultados”. [3]

“Reflexionar significa preocuparse y prestar atención aún dentro de un torbellino de acontecimientos, y darse cuenta de que hay situaciones que por el solo hecho de existir exigen que se piense en ellas. El pensamiento desapasionado, regido por normas dirigidas a situaciones cerradas y controladas, cae en la racionalidad técnica”. [4]

Gastón Bachelard [5] se refiere a obstáculos epistemológicos como concepto central para entender la problemática del conocimiento. El conocimiento que no se cuestiona, señala Alicia Camilloni [6], se convierte en un contrapensamiento, en un obstáculo epistemológico.

Es importante señalar que, como afirma Anijovich [7] no alcanza sólo con definir y explicar el tipo de instrumento, en este caso el portafolios, para decir que estamos ante una evaluación alternativa, sino conocer qué se quiere evaluar, cómo se va a instrumentar, qué tipo de informaciones nos va a posibilitar relevar y cuáles van a ser los criterios de evaluación. Anijovich entiende por criterios de evaluación las pautas, reglas, características o dimensiones que se utilizan para juzgar la calidad del desempeño del estudiante. Expresan las características que deben estar presentes en el trabajo del alumno para considerar que se ha logrado el objetivo. Por un lado, deben incluir que se valora en las respuestas, productos o desempeños de los estudiantes, pero también deben señalar los conocimientos o habilidades que se requieren para realizar la tarea y en qué medida esta se realizó bien. Entre sus ventajas podemos destacar la posibilidad de compartirlos con los alumnos, la ayuda que le prestan al docente para intentar ser más preciso en su tarea, y consistente al calificar el trabajo de los alumnos, así como transparentar y hacer públicas las evaluaciones.

El portafolio en su conjunto posee un determinado valor pedagógico y evaluativo, esto es lo que lo distingue de la simple entrega sucesiva de trabajos para una determinada asignatura. Además el portafolio en su totalidad debe ser observado desde una serie de indicadores que aportan información acerca del proceso de aprendizaje desarrollado por el alumno, este tipo de información formará parte de la nota numérica o calificación final. Los criterios de evaluación hacen referencia a la organización, presentación, selección de contenidos, desarrollo de ideas propias, habilidades para la organización y gestión entre otros. Estos criterios deben estar relacionados con los objetivos y las competencias seleccionadas y priorizadas en la asignatura. A través de la evaluación se somete también a un proceso de validación las actividades, lo que permite comprobar el éxito metodológico evaluativo al finalizar el cursado de la asignatura.

Para la evaluación del portafolios de utiliza una rúbrica, que es una herramienta de evaluación que selecciona criterios y muestra los niveles de calidad o de logro posibles para cada uno de estos criterios. Se asigna un valor a cada nivel de calidad para calificar; es decir, para traducir los resultados de la evaluación a una escala numérica (o también conceptual), lo que permite comunicar y comparar los resultados obtenidos por los diferentes alumnos.

Este trabajo consiste en presentar la experiencia del uso del portafolio como instrumento de evaluación ante la necesidad de realizar un seguimiento íntegro del proceso de aprendizaje en el aula. Durante muchos años y teniendo en cuenta que el número de alumnos que cursaban la asignatura era reducido, los docentes realizaban un registro permanente sobre el desempeño de cada alumno en clase, interactuando, interrogando y observando su desempeño. Al aumentar el número de alumnos cursantes y también desde que la enseñanza de la asignatura fue proyectada desde el punto de vista de las competencias, se presentó la necesidad de hacer una evaluación integral de las competencias cognitivas, habilidades y actitudes de los alumnos adquiridas durante el cursado.

En la asignatura Mecanismos de Integración Económica, perteneciente al último año de la carrera de Ingeniería Industrial, se realiza la experiencia de utilizar el portafolio como instrumento de evaluación. Consiste en que el estudiante seleccione, recolecte y aporte evidencias a lo largo del cursado de la asignatura (reseña de los temas abordados en la clase, fragmentos de películas, entrevistas, actividades académicas, apuntes, entre otras) que conformarán una carpeta que le permite al alumno demostrar que está aprendiendo y también que le posibilita a los docentes un seguimiento del progreso de este aprendizaje. Las evidencias se acompañan de una justificación y una reflexión del estudiante, que ponen de manifiesto la relación entre la evidencia y el aprendizaje.

Los resultados preliminares han sido satisfactorios, tanto en el desempeño de los alumnos así como también desde los objetivos de los docentes de la asignatura, en cuanto a la implementación del instrumento de evaluación. Si bien se requieren mejoras, se puede concluir que el uso del portafolio no solo permite un mejor aprendizaje y comprensión de los temas abordados, sino que también incentiva a los alumnos en su participación en las clases.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

La asignatura en la cual se ha realizado la experiencia de evaluación por portafolio es Mecanismos de Integración Económica, obligatoria de la carrera Ingeniería Industrial, perteneciente al quinto año de la currícula. Es una asignatura que se orienta hacia el futuro desempeño del profesional en el sector productivo de bienes y servicios, públicos y privados, con el objetivo de brindar al alumno los conocimientos básicos del comercio exterior, focalizados especialmente hacia los mecanismos que involucra la constitución del MERCOSUR. Se aplican conocimientos específicos de macroeconomía y microeconomía; el aporte de las asignaturas básicas de formación empresarial es fundamental.

La asignatura Mecanismos de Integración Económica procura contribuir al conocimiento y a la reflexión teórica sobre temas relacionados con la economía política internacional. Destaca el significado de las interacciones mutuas entre las actividades económicas y las políticas, el mercado y las relaciones de poder internacional, entre el Estado y el mercado como principios organizativos de la vida social. El futuro profesional debe contar con los conocimientos necesarios para analizar las prácticas y las instituciones que caracterizan a las relaciones económicas internacionales y a los mercados nacionales, regionales y mundiales. Se busca favorecer el desarrollo de un pensamiento crítico en la comprensión del impacto de los factores internacionales en el proceso de desarrollo económico de los países de América Latina, especialmente de aquellos que constituyen el MERCOSUR.

Es considerada una asignatura complementaria (según la Resolución Ministerial Nro. 1054/02, que establece los estándares de evaluación de la carrera Ingeniería Industrial) y es parte integral de un programa de Ingeniería, que junto con el resto de las asignaturas de su

mismo bloque curricular, tienen por objeto formar ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de la toma de decisiones. Involucra aspectos relacionados con las ciencias sociales, conocimientos indispensables para la formación integral del ingeniero.

El cursado de la asignatura está organizado en una comisión y no existe una división exacta entre la clase teórica y la clase práctica. Para el trabajo en el aula se les entrega material bibliográfico, publicaciones, recortes periodísticos y cuando es necesario el docente expone y analiza los conceptos fundamentales de los nuevos contenidos y los alumnos hacen preguntas aclaratorias sobre las dudas surgidas en la lectura previa. Cuentan también con guías de trabajos prácticos, coordinadas por los docentes. Los alumnos preparan exposiciones, las cuales son asignadas con anterioridad para poder buscar información adicional sobre el tema asignado. Se invita a participar profesionales que desarrollan una clase sobre algún tema específico.

Portafolio

Qué es y cuáles son los criterios de evaluación

Se conoce al portafolios como una recopilación de trabajos útiles que ustedes como alumnos deben hacer de sus propias producciones a lo largo de un período determinado, a la que se agrega además testimonios de las decisiones que son capaces de tomar, del modo de comunicar sus aprendizajes y de sus reflexiones acerca de los contenidos y su particular manera de aprenderlos, dando cuenta de las dificultades encontradas y los progresos obtenidos. El agregado de material externo a la cátedra también agregará valor a su producción. A su vez, permite que puedan construir los criterios de calidad del portafolio. En efecto, contribuye tanto a la construcción de conocimiento como al desarrollo de la capacidad metacognitiva es decir, la de reflexionar sobre el modo en que aprenden.

Criterios para la evaluación del portafolio:

Para la evaluación del portafolio, no solo se tendrá en cuenta la calidad y la coherencia del material aportado, sino también otros criterios tales como:

- *Análisis personal del alumno ante los aportes (propios y ajenos)*
- *Calidad de las fuentes de información*
- *Implementación de conceptos adquiridos en la cátedra*
- *Coherencia entre los aportes externos y los contenidos dados*
- *Utilización de vocabulario económico*
- *Redacción (propia de una publicación académica)*
- *Participación en los foros del campus*
- *Presentación*

Figura 1. Consigna entregada a los alumnos para la elaboración y evaluación del portafolio.

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los contenidos de la asignatura, están relacionados con cuestiones sociales, políticas y económicas, y los alumnos no poseen el entrenamiento de realizar análisis de los diferentes temas desde el punto de vista de sus tendencias ideológicas. Como resultado de este ejercicio de pensar determinadas cuestiones desde una estructura de trabajo diferente a la que ellos se encuentran habituados, se ha buscado desde un principio métodos de enseñanza y de evaluación alternativos a los tradicionales.

Durante los últimos años la asignatura ha sido cursada por un promedio de 35 alumnos por año, y la planta docente en la actualidad cuenta con un Profesor y un Auxiliar.

2.2 Métodos

Se exige obligatoriamente a cada alumno la realización de un portafolio. Debe ser entregado en formato digital (Word o PDF) por correo electrónico a los docentes de la cátedra. También se les permite utilizar el formato de blog, en ese caso envían el link.

La asistencia a la asignatura no es obligatoria pero será evaluado el material incorporado al portafolio por clase y será descartado en caso de inasistencia del alumno. Se considera el portafolio completo si el alumno asistió al 70% del total de las clases.

Se pondera la calificación del portafolio en un 30% de la nota final de la asignatura.

Se entrega a los alumnos la consigna que se presenta en la Figura 1, a través del sitio de la asignatura en el campus virtual del Departamento de Ingeniería Industrial.

Los alumnos realizan una entrega preliminar del portafolio en la séptima semana del cuatrimestre a los efectos de que los docentes realicen correcciones de contenido, forma y estilo.

Se evalúa el portafolio a través del uso de la rúbrica que se presenta en la Figura 2, confeccionada por los docentes de la asignatura.

Los criterios e indicadores a los que se hace referencia en la rúbrica son:

- Análisis personal. Se le solicita al alumno un nivel de creación propia donde se hagan patentes sus ideas.
- Calidad de las fuentes de información. Las fuentes de información que utilizan como fundamento de sus actividades, ideas y argumentos son una muestra de la consistencia del alumno como futuro profesional.
- Implementación de conceptos adquiridos en clase.
- Coherencia entre los aportes externos, bibliografía y contenidos dados en clase.
- Redacción clara y comprensiva. Es esencial exigir a los alumnos un nivel de expresión escrita con lenguaje académico, fundamental para el futuro profesional.
- Participación, implicación y compromiso. Este criterio forma parte del compromiso personal que el alumno adquiere con la asignatura y se demuestra con la asistencia y participación en clase, realización de tareas complementarias, participación de foros de discusión en el campus.
- Entrega a término, en la fecha estipulada en el cronograma de la asignatura.
- Presentación del portafolio, en la que se incluye la identificación y localización clara y detallada de actividades y de la persona que ha realizado el portafolio. Además debe ser personalizado, presentando distintas actividades, selección de tareas, formatos, organización; lo que se denomina creatividad del portafolio en su conjunto.

Para realizar el presente trabajo se utilizaron las rúbricas evaluadas en cada año de cursada para cada alumno. Los criterios de las rúbricas fueron valorados según los descriptores de los niveles de desempeño que se presentan en la Tabla 1. Estos criterios son considerados desde una perspectiva holística de la evaluación.

Apellido y Nombre:

Calificación:

	Destacado	Adquirido	En desarrollo	No adquirido
Análisis personal				
Calidad de las fuentes de información				
Implementación de conceptos adquiridos en clase				
Coherencia entre aportes externos y contenidos dados por la cátedra				
Redacción				
Participación				
Entrega en término				
Presentación				

Figura 2. Rúbrica para la evaluación del portafolio.

Fuente: elaboración propia

La escala seleccionada es conceptual, la cual permite, además de ajustarse a cada instancia evaluativa, apreciar la calidad y cantidad de conocimientos, pero ha sido necesario vincularla a una escala numérica (calificación final del portafolio), ya que los resultados se deben traducir a números, según las reglamentaciones establecidas en la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tabla 1. Descriptores de los niveles de desempeño.

Nivel de desempeño	Descriptor
Destacado	Nivel de desempeño excepcional, supera lo esperado.
Adquirido	Nivel desempeño esperado, mínimo nivel de error.
En desarrollo	Nivel de desempeño por debajo de lo esperado, nivel de error que constituye amenaza.
No adquirido	Nivel de desempeño que no satisface los requerimientos.

Fuente: elaboración propia

En función de los resultados de las rúbricas, para cada año de cursada, se calculó el porcentaje de alumnos por descriptor obtenido para cada criterio.

Además, al finalizar el cursado de la asignatura, los alumnos responden una encuesta de satisfacción sobre el dictado de la asignatura, en la cual pueden mencionar la “actividad que más les gustó”. Se calculó para ambos años de cursada el porcentaje de alumnos que seleccionaron el portafolio ante dicha consulta, sobre el total de encuestas realizadas.

Tabla 2. Porcentaje de los niveles de desempeño obtenidos en las rúbricas de los portafolios del Ciclo Lectivo 2014.

2014	Destacado	Adquirido	En desarrollo	No adquirido
Análisis personal	18.52	59.26	18.52	3.70
Calidad de las fuentes de información	22.22	51.85	14.81	11.12
Implementación de conceptos adquiridos en clase	11.12	74.07	11.12	0
Coherencia entre aportes externos y contenidos dados por la cátedra	22.22	55.56	18.52	3.70
Redacción	7.41	59.26	33.33	0
Participación	7.41	51.85	40.74	0
Entrega en término	3.70	88.89	7.41	0
Presentación	18.52	51.85	25.93	3.70

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Porcentaje de los niveles de desempeño obtenidos en las rúbricas de los portafolios del Ciclo Lectivo 2015.

2015	Destacado	Adquirido	En desarrollo	No adquirido
Análisis personal	25.81	54.84	19.35	0
Calidad de las fuentes de información	12.90	51.61	32.26	3.23
Implementación de conceptos adquiridos en clase	29.04	58.06	12.90	0
Coherencia entre aportes externos y contenidos dados por la cátedra	41.94	54.84	0	3.23
Redacción	12.90	74.19	12.90	0
Participación	12.90	32.26	54.84	0
Entrega en término	0	96.77	0	3.23
Presentación	12.90	80.64	3.23	3.23

Fuente: elaboración propia

3. Resultados y Discusión

Se presentan los resultados obtenidos por los alumnos durante el cursado en los Ciclos Lectivos 2014 y 2015 (Tabla 2 y 3). Es considerable el gran número de alumnos que obtuvieron niveles “destacado” y “adquirido”. Además de estos resultados evidentes, el uso del portafolio, merece un análisis más profundo y cualitativo de los resultados, puesto que el cambio metodológico de la evaluación es motivado por la adopción de medidas ligadas al

logro de competencias priorizadas para la asignatura y un papel más activo del alumnado en proceso evaluativo.

En la encuesta de satisfacción que los alumnos responden al finalizar el cursado de la asignatura, para el ítem “actividad que más le gustó”, se presentan los resultados en la Figura 3 para los Ciclos Lectivos 2014 y 2015. Se evidencia en el segundo año de implementación del portafolio un aumento en el porcentaje de alumnos que prefieren la actividad. Se considera que este incremento se sustenta en una mejora en las consignas entregadas para su realización, y además porque los docentes tienen un mejor manejo didáctico del instrumento.

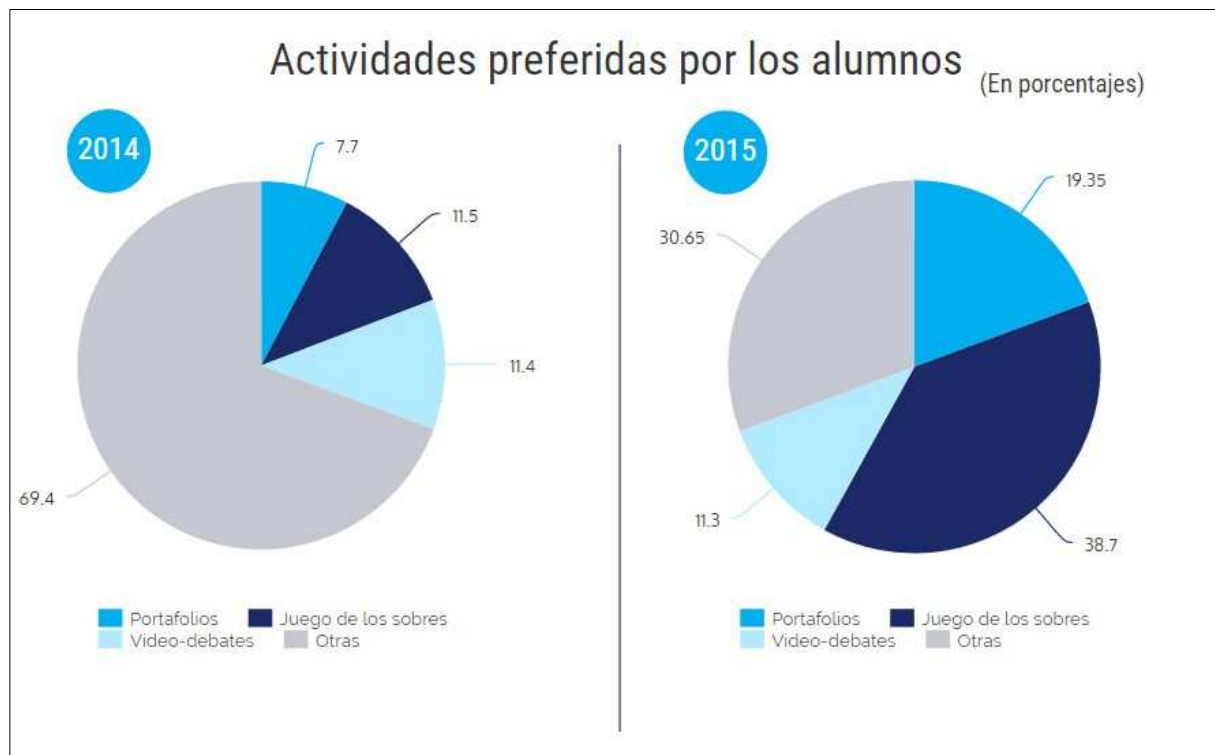


Figura 3. Resultados de la encuesta de satisfacción, ítem: “actividad que más le gustó”.

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

El uso del portafolio como herramienta pedagógica constituye un enfoque transformador que tiene la potencialidad de ser aplicada en otras asignaturas y en cualquier carrera que presente la modalidad de planes de estudio por competencias.

En el mismo sentido es importante destacar que de los resultados obtenidos, comparando con las cursadas anteriores, donde al alumno no se lo evaluaba con el portafolio, esta herramienta nos permite valorar el grado de desarrollo de las competencias cognitivas, habilidades y actitudes de los alumnos, con el objetivo de lograr una formación competente en adquisición de capacidades del estudiante de Ingeniería Industrial.

A través de la evaluación del portafolio se logra un *feedback* con respecto al desarrollo de los contenidos en clase, en cuanto a que de la corrección de cada uno de ellos, se puede percibir en el conjunto aquello que no comprendieron y/o no aprendieron. Se podrán hacer futuras correcciones en las clases y planificar cambios para superar las falencias detectadas, proponiendo otras estrategias pedagógicas y seminarios que contribuyan a lograr la adquisición de los contenidos por parte del alumno.

5. Referencias

- [1] DE MIGUEL DÍAZ, M. (2005). *Modalidades de Enseñanza Centradas en el Desarrollo de Competencias. Orientaciones para Promover el Cambio Metodológico en el Marco del EEES*. Ediciones Universidad de Oviedo, España.
- [2] GRUPO CONFEDI (2006). *Competencias de Ingeniería Industrial*. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. Argentina.
- [3] BARRAGÁN SÁNCHEZ, R. (2005). *El Portafolio, metodología de evaluación y aprendizaje de cara al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. Una experiencia práctica en la Universidad de Sevilla*. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 4 (1), 121-139. [http://www.unex.es/didactica/RELATEC/sumario_4_1.htm].
- [4] LITWIN, E. (2008). *El oficio de enseñar*. Buenos Aires: Editorial Paidós, cap: 2, p. 28.
- [5] BACHELARD, G. (1993). *La Formación del Espíritu Científico*. México: Siglo XXI editores.
- [6] CAMILLIONI, A. (2001) Los Obstáculos Epistemológicos en la Enseñanza. Madrid: Gedisa.
- [7] ANIOVICH, R. (2004). *Una Introducción a la Enseñanza para la Diversidad*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina S.A.



III CADI
IX CAEDI
2016



EL SEGUIMIENTO DE LOS GRADUADOS: APORTES PARA REFLEXIONAR SOBRE LA FORMACIÓN DE LOS FUTUROS INGENIEROS

Vanina Simone, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,

mig@fra.utn.edu.ar / vaninainessimone@yahoo.com.ar

Ivana Iavorski Losada, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,

ivana.iavorski@gmail.com

Darío Wejchenberg, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,

dariohw@yahoo.com.ar

Resumen— Hacia mediados del año 2006 se crea el Laboratorio de Monitoreo de Inserción de Graduados en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional, en el marco del interés de las instituciones de educación superior por conocer las características de sus estudiantes y graduados. El Laboratorio realiza estudios de seguimiento de carácter longitudinal en un contexto de cambios de políticas educativas -con particular interés en carreras científico-tecnológicas-, de crecimiento sostenido de la matrícula y de procesos formativos que muestran dificultades en el avance hacia la titulación. En este sentido, en este trabajo se abordan las trayectorias de los graduados de las cohortes 2006-2009 de las seis especialidades de ingeniería que se dictan actualmente en la Facultad. Se analizan sus trayectorias educativas, mediante variables como la duración de cursada y la prolongación de la carrera según el tiempo teórico de los planes de estudio, al mismo tiempo que las trayectorias laborales teniendo en cuenta las modalidades de inserción, de estabilización en el mercado de trabajo, el tipo de contratación y los sectores productivos en los que se insertan los graduados. La investigación del Laboratorio brinda a la gestión académica, en general, y a la de los departamentos de carrera, en particular, datos sobre las trayectorias educativas y laborales de los graduados que permiten problematizar la formación de los futuros profesionales.

Palabras clave— *graduados, trayectorias, trabajo, formación, seguimiento.*

1. Introducción

Este trabajo es la continuidad de los estudios que lleva adelante el Laboratorio de Monitoreo de Inserción de Graduados (MIG) sobre los itinerarios de formación y los procesos de inserción laboral de los ingenieros egresados de la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRA).

Estos estudios son el producto de las tareas de relevamiento estadístico e investigación permanente que realiza el Laboratorio MIG con la población de graduados de la UTN-FRA. Dicho relevamiento consiste en un sistema de medición longitudinal, cuantitativo y cualitativo,

cuyo objetivo central es el seguimiento de los procesos definitivos del desempeño profesional. De esta manera es posible conocer la inserción del graduado en el ámbito laboral entendida como un proceso [1] y las modalidades que asume la formación universitaria para los grupos estudiados. En este tipo de enfoque el tiempo no es un factor externo al análisis sino uno de los ejes principales para pensar el entrecruzamiento formación-trabajo. De allí que el análisis de los tiempos de cursada y tiempos de trabajo conforman dos dimensiones imbricadas de un mismo proceso.

En esta presentación se analiza sólo una parte de la información obtenida sobre los graduados de las seis carreras de ingeniería que se dictan en la UTN-FRA -Civil, Electrónica, Eléctrica, Industrial, Mecánica y Química- correspondientes a las cohortes 2006 a 2009, la referida al análisis de los datos cuantitativos que se relevan con un cuestionario en el mismo momento que se realiza una entrevista biográfica. En la actualidad el Laboratorio MIG cuenta con una base de datos conformada por 208 casos pertenecientes a esta población. Esta cifra representa aproximadamente el 60% de los casos totales para cada una de las cohortes en cuestión.

Cabe aclarar que cada cohorte de graduados se releva luego de haber transcurrido como mínimo tres años después la obtención del título. Es decir, la cohorte 2006 se releva a partir del año 2010, la cohorte 2007 a partir del año 2011, la cohorte 2008 a partir del año 2012 y la cohorte 2009 a partir del año 2013. La elección de este momento para la realización de la entrevista se debe a que el método de seguimiento continuo y longitudinal pretende examinar un mismo grupo poblacional en más de una instancia y de manera retrospectiva. En esta etapa de la investigación se exponen los resultados del primer acercamiento al proceso de inserción laboral.

La ponencia se orienta a caracterizar las trayectorias educativas y de trabajo de los graduados con el fin de comprender sus vinculaciones, así como establecer algunas regularidades sobre el perfil del estudiante tecnológico, observar comportamientos diferenciales según las distintas especialidades e identificar los principales sectores productivos en los cuales se insertan luego de la graduación.

Como antecedente, el Laboratorio MIG ha abordado estas dimensiones para las cohortes 2006 y 2007, en una primera etapa, y para las cohortes 2008 y 2009, en una segunda, y sus resultados dieron origen a varios capítulos de libros, artículos revistas y documentos de trabajo. Continuando esta línea de trabajo, en esta ponencia se sintetizan y se resaltan los factores que resultan de mayor interés explicativo para pensar la formación actual y futura de los ingenieros.

2. Algunos datos generales de los graduados de la UTN-FRA

Del total de graduados relevados de las cuatro cohortes analizadas, la especialidad de Industrial es la que registra el mayor número de titulados, con el 34% de los casos. Le siguen en forma decreciente, los titulados de Electrónica con el 22%, Mecánica con el 16%, Civil con el 13%, Química con el 9% y Eléctrica con el 7%. Es importante aclarar que estos datos guardan relación con la proporción de graduados por especialidad que se registraron en la Facultad en dichos años.

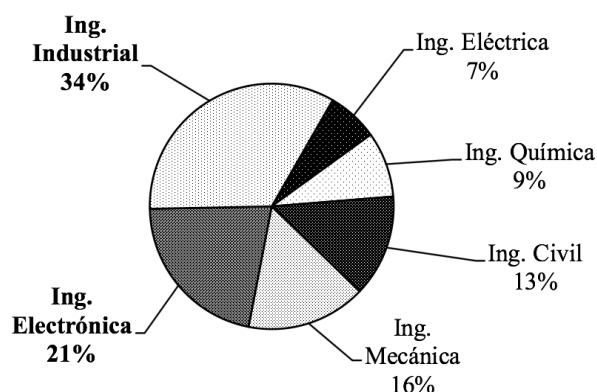


Gráfico 1. Gradados entrevistados por especialidad, cohortes 2006 a 2009 (n = 208).

Fuente: Laboratorio MIG, UTN-FRA (2016).

Al desagregar el total de casos por género se observa que sólo quince son mujeres (7%), las cuales se concentran en las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química, con siete y cinco casos respectivamente. En Ingeniería Civil se relevaron dos casos de mujeres graduadas y en Ingeniería Mecánica sólo se contactó y entrevistó a una graduada, mientras no se cuenta con casos para las especialidades de Eléctrica y Electrónica. La escasez de graduadas mujeres, en términos generales, se debe a que las carreras universitarias en áreas tecnológicas como la ingeniería son poco elegidas por ellas, a pesar de que la educación universitaria en Argentina se encuentra feminizada. Esta preponderancia femenina en las aulas universitarias se da pero en las áreas de ciencias de la salud, educación, humanidades y sociales. La ingeniería se asocia con valores, normas y cualidades que se relacionan culturalmente a los varones, como la razón, la fuerza física, la técnica y el poder. En este sentido se comprende que este campo del conocimiento ingenieril se visualice como acorde y receptivo para aquellos individuos de género masculino [2].

3. Las trayectorias educativas

Desde un enfoque retrospectivo se busca recomponer las trayectorias laborales y educativas, entendidas como procesos. Uno de los ejes de análisis corresponde a la trayectoria de formación académica donde se recuperan los acontecimientos contenidos en el lapso de tiempo transcurrido entre el ingreso a la UTN y el momento de la entrevista. Para este análisis se consideran variables como el título de origen, las duraciones de la trayectoria y de la carrera, las interrupciones en la formación, los cambios de carrera y la realización de posgrados. Estos recorridos están acompañados por acontecimientos de la historia personal, familiar y residencial que van marcando el ritmo y las modalidades en que se dan estas trayectorias. De esta manera, se genera un entrecruzamiento entre las trayectorias personales, laborales y de formación que si bien no se profundizan en esta ponencia, se alejan de miradas lineales otorgándole complejidad al trazado longitudinal de las trayectorias.

En relación al título de origen de los graduados se observa un claro predominio de aquellos provenientes de escuelas medias técnicas con el 80% de los casos. Esta situación no es ajena a la impronta fundacional de la UTN, que nace en el año 1948 como institución superior de enseñanza técnica bajo la denominación de Universidad Obrera Nacional con el propósito de que los trabajadores ingresen a la educación superior y se profesionalicen en áreas científico-tecnológicas en un contexto industrial de sustitución de importaciones.

Al desagregar el título de origen por especialidad se observa que más de la mitad de los graduados de Ingeniería Química ingresan con títulos no técnicos. Esos casos se corresponden

con las mujeres, puesto que la mayoría de ellas obtienen títulos de bachiller o comercial. Para la especialidad de Industrial también se registra un peso significativo de ingresos por medio de titulaciones medias no técnicas -que representa un cuarto de los casos-, situación que se explica también por la incidencia de las graduadas mujeres en dicha especialidad. Para los graduados de Civil, el ingreso a la carrera por título no técnico también es significativo, alrededor de un 30% de los casos, pero esa situación no puede explicarse por la variable de género. Para el resto de las especialidades -Mecánica, Eléctrica y Electrónica- el peso de los títulos técnicos es característico de estos graduados, superando el 90% de los casos.

En cuanto a la duración de la carrera de grado se observa que cerca de la mitad de los graduados, 45%, extiende sus estudios entre siete y diez años, el 20% lo hace entre once y catorce años, mientras que el 22% supera los quince años -con casos que llegan hasta los diecinueve años de duración-. Los graduados que realizan sus estudios en tiempo y forma -o sea, aquellos que cumplen con los plazos estipulados en los planes de estudio- representan sólo el 14% de la población relevada. Si se desagregan estos datos por especialidad se subraya el hecho de que los graduados que culminan su carrera según los tiempos delimitados en los planes de estudio corresponden en mayor medida a graduados de Ingeniería Industrial, mientras que los que más la extienden se encuentran titulados en Ingeniería Civil.

En base a los estudios que el Laboratorio MIG viene desarrollando a lo largo de los últimos diez años es posible plantear algunas hipótesis sobre las causas de prolongación en la cursada durante la carrera de grado. Es así que se han generado variables cuantitativas que -en interrelación con los datos cualitativos que se recolectan de las entrevistas en profundidad- permiten dar cuenta de algunos de los factores que inciden en dicha extensión.

En esta población de graduados se observa que un cuarto del total de los casos ha interrumpido sus estudios, dejando la cursada un año o más al menos una vez a lo largo de su trayectoria. Cabe señalar que una pequeña cantidad de graduados presentan interrupciones en más de una oportunidad. Este alejamiento de los estudios suele darse recién en el quinto año de la trayectoria y los motivos que señalan los graduados tienen que ver fundamentalmente con cuestiones de tipo académico y económicos/laborales. El momento en el cual se produce la interrupción -luego de transitar cinco años por la institución- se relaciona con trabas en el avance de la cursada por el sistema de correlatividades, la necesidad de recurrir materias y la acumulación de exámenes finales obligatorios para rendir. Estos inconvenientes al conjugarse generan un cuello de botella que obliga a los estudiantes a tomar estrategias -premeditadas o no- de alejamiento momentáneo para lograr en dicha interrupción un acomodamiento académico regular que destrabe la carrera y permita su avance.

El otro motivo principal que declaran los graduados como causa del alejamiento transitorio de la institución es el laboral/económico. La combinación de los estudios con el trabajo, como ya se mencionó, es una característica fundacional de la institución que sigue presente en quienes forman parte de ella. Es así que en la mayoría de estos graduados el ingreso al mercado laboral se produce al momento de comenzar sus estudios universitarios (68%). Además, se observa que para el quinto año de la trayectoria de formación la totalidad de los casos están trabajando. Si se analiza esta característica en relación al momento en el cual se suele dar la interrupción se desprende el hecho de que la combinación de trabajar y estudiar a lo largo de casi toda la trayectoria es un factor que explicaría -en términos generales- las interrupciones. De esto modo, como ya se mencionó, las trayectorias educativas y laborales son entendidas como las caras de una misma moneda que se combinan para el desarrollo del proceso profesional. Estas dimensiones están imbricadas y, en consecuencia, el motivo de interrupción laboral es entendido como la causa madre de dicho fenómeno que por lo general desembocan a su vez en las interrupciones académicas. El tiempo que insume el trabajo en la vida de los

graduados limita la dedicación a los estudios y, por ende, dificulta la realización de la carrera en los tiempos estipulados en los planes de estudio.

La situación descripta permite, también, explicar las causas de la prolongación -y no sólo la interrupción de la carrera-. Ya se ha señalado que solamente el 25% de los graduados interrumpe, por lo que dicha variable no explica por sí misma el “atraso” en los estudios de hasta catorce años más que lo que rige en los planes de estudio.

Otro fenómeno que complejiza la mirada -al menos a priori- para entender la prolongación en los estudios -así como las trayectorias educativas en general- es el comportamiento que muestran quienes cambian de carrera respecto de los que se mantienen en la misma especialidad durante toda su trayectoria de formación.

Del total de graduados relevados, sólo veintitrés presentan cambios de carrera (11%). La mayoría de estos casos se gradúa en otra especialidad, distinta a la del ingreso, mientras que sólo dos realizan un cambio de carrera en algún momento de la trayectoria pero luego retoman la especialidad de origen y se gradúan en ésta. A pesar de que el volumen que posee este comportamiento no es el mayoritario, éste revela particularidades que hacen al análisis de las trayectorias educativas, las dificultades vocacionales iniciales y las características del mercado de trabajo profesional.

El primer rasgo a resaltar es el hecho de que la carrera Ingeniería Industrial es la especialidad más receptora, puesto que siete de cada diez casos que cambian, terminan sus estudios con esta titulación. A partir de esta observación se indaga sobre los factores que explican que la mayoría de los cambios se realicen hacia esta especialidad, que fue la última en incorporarse a la oferta de la Facultad en el año 1995. Para ello se utilizan como fuentes de información las entrevistas biográficas realizadas por el Laboratorio MIG a estos graduados.

De acuerdo a los relatos de los ingenieros, respecto al cambio de carrera manifiestan que han transitado por períodos de crisis vocacional, problemas con la continuidad de los estudios, interrupciones de cursada, abandono e incertidumbre sobre el futuro de la formación y el proyecto profesional que los obliga a revisar o evaluar la elección de la carrera. Dicen que en el momento de la inscripción “no saben nada” sobre las incumbencias y que, en cambio, la elección se basa en el gusto por las ciencias básicas o áreas de conocimiento pero desconocen el tipo de trabajo en el luego se van a desempeñar como futuros profesionales. Cuando estos conocimientos sobre las incumbencias se hacen evidentes -sea por la experiencia laboral o por el avance en la carrera- se desorientan y no se identifican con los espacios de trabajo de la carrera que eligieron. A partir de la inserción laboral reconocen -dentro de las empresas- cuáles son las áreas de trabajo asignadas a los graduados de las distintas especialidades de la ingeniería. En este proceso se identifican con el perfil de los ingenieros industriales y resaltan su visión global de la producción industrial y la posibilidad de resolución de distintos tipos de problemas. De esta forma, una graduada entrevistada explica las causas del cambio: “(...) básicamente por el tema laboral, porque veía que las mujeres egresadas de química, no sé, estaban haciendo control de calidad o cosas que a mí no me interesaban, me interesaba más el tema industrial, las cuestiones de escala (...)” (Marisol, Ing. Industrial, 2007).

También se suman los casos de quienes eligen la carrera “por inercia” de continuidad con su título técnico y, luego avanzada la carrera, se preguntan por sus inquietudes vocacionales y deciden el cambio hacia especialidades más acordes con sus intereses laborales y profesionales. Algunos de los casos aducen que comenzaron en otras especialidades pero luego cuando se abre la carrera de Ingeniería Industrial en el año 1995 se cambian a esa especialidad. Así lo comenta otro entrevistado: “(...) Salió la carrera de Ingeniería Industrial, lo que yo recuerdo es que en la Tecnológica pusieron Ingeniería Industrial y bueno, al ver el plan de carrera me interesaba y me pasé” (Carlos, Ing. Industrial, 2006).

En este sentido se encuentra una fuerte relación entre los fenómenos de cambio de carrera e interrupción. Del total de graduados que presentan cambios de carrera, una proporción cercana al 60% interrumpe, mientras que entre aquellos que no cambian de carrera sólo interrumpen el 20% de los casos. En los párrafos siguientes se analiza, entonces, la duración de la carrera del grupo mayoritario con trayectorias educativas sin cambios de especialidad.

En la Tabla 1 se muestra la duración de carrera desde el ingreso hasta el egreso -año de rendición del último examen final-, según especialidades. En la primera columna se vuelcan aquellos casos que egresan en un tiempo menor o igual a seis años, es decir, aquellos graduados para los cuales este periodo corresponde a la duración teórica de los planes de estudio. En relación a esto se observa que sólo el 15% de los casos -que no presentan cambios de carrera- concluyen sus estudios en los tiempos estipulados. Pasado ese tiempo, el 48% tardan en titularse entre siete y diez años, el 19% lo hacen entre once y catorce años, mientras que el 18% restante presentan duraciones mayores o iguales a los quince años.

Tabla 1. Duración de carrera de los graduados sin cambios de especialidad (n = 185).

Carrera	Duración carrera (en años)					Total
	Menor a 6	Entre 7 y 10	Entre 11 y 14	Entre 15 y 18	Mayor a 19	
Ing. Mecánica	3 9,7%	18 58,1%	2 6,5%	4 12,9%	4 12,9%	31 100,0%
Ing. Eléctrica	0 0,0%	4 28,6%	6 42,9%	2 14,3%	2 14,3%	14 100,0%
Ing. Electrónica	2 4,7%	16 37,2%	14 32,6%	5 11,6%	6 14,0%	43 100,0%
Ing. Civil	2 8,0%	9 36,0%	6 24,0%	3 12,0%	5 20,0%	25 100,0%
Ing. Industrial	19 33,9%	32 57,1%	5 8,9%	0 0,0%	0 0,0%	56 100,0%
Ing. Química	1 6,3%	9 56,3%	3 18,8%	2 12,5%	1 6,3%	16 100,0%
Total	27 14,6%	88 47,6%	36 19,5%	16 8,6%	18 9,7%	185 100,0%

Fuente: Laboratorio MIG, UTN-FRA (2016).

En resumen, las trayectorias educativas de los graduados presentan importantes comportamientos de prolongación de los estudios, que llegan a duplicar el tiempo teórico de los planes para la tercera parte de los graduados relevados. Esta proporción incluye a aquellos con largos períodos de interrupción y reincorporación a la carrera mediante planes específicos de incentivo a la graduación. La carrera de Ingeniería Industrial es la que concentra la mayor proporción de titulados con duraciones de carrera cercanas al tiempo teórico, mientras que las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Civil se ubican en el polo opuesto, es decir, con duraciones de carrera superiores a los once años.

Una vez graduados, continuar la formación a través de estudios de posgrados constituye una opción que no es elegida por la mayoría. De la población de graduados relevados un 25% realiza posgrados. La decisión de inscribirse en un posgrado contiene una diversidad de motivos entre los que se destacan: la necesidad de incorporarse al mercado laboral con un nuevo título que permita acceder a puestos antes vedados o en mejor situación para competir

por los mismos; las especializaciones que profundizan en los conocimientos ya adquiridos en la carrera, ligados fundamentalmente a las tareas que los graduados vienen realizando en una empresa o en distintas empresas pero de un mismo sector; o especializaciones que brindan saberes que no habían sido adquiridos en la formación de grado relacionados con áreas de conocimiento multidisciplinarias como la administración, la gestión personal y la logística, entre otros.

En cuanto a las instituciones donde lo llevan adelante, la UTN es la más elegida, con un 31% de los casos, siendo la Facultad Regional Buenos Aires la que más graduados atrae. También se observa un porcentaje importante -cercano al 22%- que realiza un posgrado en Universidades Privadas. Esta elección es motivada según los propios graduados por falta de oferta de titulaciones específicas en instituciones públicas.

Del total de graduados con posgrados, aquellos que se titulan en las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química representan más de la mitad. Además, es importante destacar que del total de graduados que continúan con la formación pos-graduación, el 67% posee un posgrado finalizado. Se trata de trayectos de especialización en más del 85% de los casos, siendo el resto maestrías. Ningún caso manifiesta cursar o iniciar posgrados de nivel de doctorado.

4. Las trayectorias laborales

A continuación se analiza la trayectoria laboral desde el año de ingreso del graduado a la UTN hasta el último trabajo de acuerdo a la fecha de corte temporal establecida para cada cohorte -tres años de la titulación-.

En primer lugar, se obtiene una primera clasificación de los graduados según su comportamiento en el mercado de trabajo a lo largo de toda su trayectoria. Para ello se utiliza una tipología denominada por Massetti [3] “situación ocupacional”. Ésta se construye de acuerdo a la cantidad de empleos y a la existencia en algún período de la trayectoria de superposición de los mismos. Los “tipos” para esta población son los siguientes: a) *empleo único*, si tuvo un solo empleo en toda su trayectoria laboral; b) *multiempleo*, tuvo más de un empleo sin superponerse; y c) *pluriempleo*, tuvo más de un empleo y en algún período se registra superposición de empleos.

En la población relevada se observa que la amplia mayoría ha transitado por más de un empleo, puesto que la proporción de graduados con situación de “empleo único” representa el 5% del total. De los otros dos “tipos”, los casos de multiempleo son levemente superiores a las situaciones ocupacionales de más empleo y con períodos de superposición de empleos - pluriempleo-, con el 53% de los casos para el primer tipo y el 43% para el segundo.

Si se realiza el ejercicio de comparación de la situación ocupacional entre los graduados de las distintas carreras, las proporciones difieren como puede observarse en el Gráfico 2.

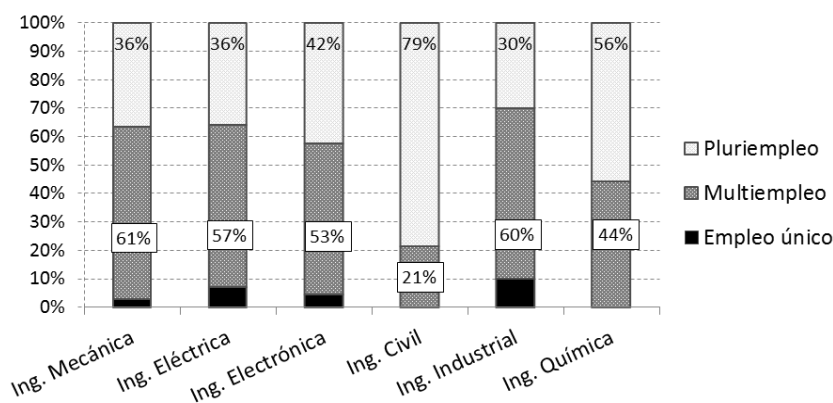


Gráfico 2. Situación ocupacional de los graduados entrevistados según carrera (n = 208).

Fuente: Laboratorio MIG, UTN-FRA (2016).

Los graduados de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Industrial presentan la mayoría de los casos de trayectorias multiempleo -cercanas al 60%- y el resto de pluriempleo. Por otra parte, el 80% de los casos titulados en Ingeniería Civil presentan situaciones de pluriempleo, relacionadas con las características de las actividades en forma autónoma, por proyectos, y también debido a la combinación de empleos en organismos de la administración pública junto con la actividad independiente. Los graduados de Ingeniería Química también muestran una proporción importante de casos de pluriempleo (56%), situación que se explica por las actividades de consultoría, docencia e investigación combinadas con empleos estables en el sector privado.

Por otro lado, la única especialidad que agrupa una proporción de casos de empleo único que llega a los dos dígitos es Ingeniería Industrial, con el 10%. Este dato se asocia a una duración real de carrera menor que la media de la población; se trata de graduados que se insertan en el mercado laboral hacia mediados de la cursada y continúan en ese empleo hasta los tres años posteriores a la titulación.

Otro dato significativo que se obtiene de las trayectorias laborales es la cantidad promedio de empleos que declaran los graduados a lo largo de su trayectoria. Para esta población se registran trayectorias con un promedio de cinco empleos en un período que promedia los dieciséis años. Si se contabiliza la cantidad de empleos se observa que el 42% de los casos transcurre entre 4 y 6 empleos, mientras que un 31% tuvo entre uno y tres empleos. En esta última situación predominan los graduados de Ingeniería Industrial. Los graduados de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Civil son quienes presentan mayores casos que superan los diez empleos en la trayectoria. Este dato es coincidente con la situación ocupacional de pluriempleo que los caracteriza. Cabe la aclaración que para esta variable se contabilizan la totalidad de los empleos registrados, independientemente a la existencia o no de superposición temporal entre ellos. Por esta razón se torna más explicativa la tipología “situación ocupacional” que permite mostrar -aunque en forma general- una descripción más cercana al comportamiento laboral de cada sujeto.

En cuanto a la estabilización en el mercado de trabajo, también se analizan los resultados desde una perspectiva temporal [1]. El objetivo es dar una aproximación del proceso de estabilización de los ingenieros en el mercado laboral y problematizar las características que asume la inserción laboral. De este modo, se puede observar el momento de estabilización en la trayectoria laboral utilizando como indicadores el tipo de contratación y el tiempo de permanencia en un mismo empleo. Para el tipo de contratación se consideran como parámetros tanto el empleo en relación de dependencia como las modalidades de trabajo en

forma independiente, mientras que para el tiempo de permanencia se considera una duración igual o mayor a los dos años. El criterio adoptado para fijar estos parámetros corresponde a los establecidos en los estudios de los Laboratorios de Monitoreo de Inserción de Graduados desarrollados en Panaia [1] y se relacionan con la forma y el tiempo suficiente para adquirir una posición en el mundo laboral que permitiría asegurar la permanencia en la actividad. En resumen, el empleo de la estabilización se presenta para un individuo cuando permanece en un mismo trabajo en relación de dependencia o en forma independiente por un lapso mínimo de 24 meses [4].

Este análisis sobre la estabilización arroja un dato significativo para la articulación entre la formación y el empleo, ya que más del 30% de esta población se encontraba empleado al ingresar a la UTN en un trabajo que muestra estabilización. Otra proporción similar -35%- accede al empleo donde logra la estabilización entre el primer y tercer año de la trayectoria, mientras que en un grupo cercano al 25% se produce en los tres años siguientes. Como se explica en trabajos previos [5], esta estabilización no implica que sea en empleos relacionados con la ingeniería.

Si se indaga las características de los empleos en los que se produce la estabilización se observa que en la amplia mayoría corresponden a trabajos en relación de dependencia. Solamente un 13% responde a trabajos independientes. Además, el empleo en el cual se estabilizan presenta aproximadamente una duración promedio de siete años. Respecto de los sectores de la economía, son los de la industria y los servicios donde se estabilizan la mayoría de los casos, con el 45% y el 32% respectivamente. El sector servicios agrupa una gran cantidad de actividades heterogéneas como las de Investigación y Desarrollo, el Transporte, Correos y Telecomunicaciones, servicios financieros y otros subsectores -como el de Servicios Empresariales- importantes para la inserción profesional de los ingenieros al tratarse generalmente de empresas que brindan servicios de ingeniería a otras firmas.

Finalmente se presentan los datos referidos a la condición laboral actual y los sectores de la economía en los que se ocupan. Para dar cuenta de la actualidad laboral de los graduados se selecciona el último empleo declarado por los entrevistados -que corresponde con el tercer año posterior a la obtención del título-. La captura de estos datos obedece a una lógica transversal y no longitudinal, semejante a la de una “foto” tomada sobre la situación laboral actual. Fotos obtenidas en el año 2010 para aquellos que se titulan en el año 2006, fotos obtenidas en el año 2011 para aquellos que lo reciben en el 2007, fotos obtenidas en el año 2012 para los titulados en el 2008 y en el 2013 para los titulados en el 2009.

Entonces, en cuanto a la situación laboral se detectan, en primer lugar, sólo tres graduados que se encuentran desocupados. Estos casos son extraordinarios ya que se hallan en dicha situación por cuestiones transitorias y sin peso significativo para su desarrollo profesional. Para el resto de los graduados relevados -205 casos-, se observa que una proporción superior al 70% manifiesta trabajar bajo relación de dependencia en el sector privado, mientras que alrededor de un 10% lo hace también bajo relación de dependencia pero en organismos de gestión pública. En la categoría de patrones se ubican cerca del 10% de los casos, distribuidos en forma equitativa entre quienes cuentan con establecimientos de uno a cinco obreros/empleados y entre quienes cuentan con más de cinco obreros/empleados. Vale aclarar que un único graduado manifiesta ser patrón de más de cincuenta obreros/empleados. Por último, la menor proporción se registra para aquellos graduados que llevan adelante un trabajo de tipo independiente, con solamente un 5% de los casos.

Otra característica de esta población en relación a la última situación ocupacional es que un grupo importante se ocupa en más de un empleo (30%). Esta dualidad laboral se explica, en general, por el hecho de que los graduados combinan un empleo estable en la industria o los

servicios con otro empleo en la UTN-FRA, tanto en docencia como en investigación y/o gestión. Si se analiza esta situación al interior de cada una de las especialidades se observan algunas diferencias significativas. Para los ingenieros civiles el porcentaje de casos en situación “pluriempleo actual” supera el 60%. Por su parte, para los químicos este porcentaje está próximo al 40%, mientras que para los electrónicos, mecánicos y eléctricos el mismo se encuentra cercano al 25%. Por último, para los ingenieros industriales la proporción que se encuentran en situación de “pluriempleo actual” es de un 15% aproximadamente. Este comportamiento diferencial según especialidad guarda relación con el de la trayectoria, desarrollado en el punto anterior. No obstante, sí se observa una profundización de las tendencias en el sentido de que para aquellas carreras que presentan menores casos de pluriempleo durante las trayectorias, estos se reducen en la situación laboral post graduación. Aquellas especialidades, como la de Ingeniería Civil, con alta proporción de pluriempleo en la trayectoria presentan una situación más suavizada a tres años de la titulación.

Con el fin de caracterizar el último empleo de toda la población relevada, se seleccionan empleos considerados “principales” para aquellos casos de graduados ocupados en más de un empleo. La elección de un empleo como principal se realiza en función de la estabilidad y continuidad, el nivel de ingresos y el vínculo con el desarrollo profesional. Se privilegian, en este sentido, los empleos en el sector privado respecto de aquellos trabajos de docencia, trabajos de consultoría, asesoría, cálculos y emprendimientos de pequeña envergadura, entre otros.

En esta población se observa que cerca del 90% de los graduados presenta -en su último empleo- un tipo de contratación estable. El resto de los casos se concentra en formas independientes de empleo y sólo dos casos se encuentran con contratos temporales. Del mismo modo que cuando se analizan los sectores de la actividad económica en los que se estabilizan laboralmente los graduados, el sector que vuelve a concentrar la mayor parte de los casos es el de la industria manufacturera (44%) seguido por el sector servicios (34%). En este último sector encontramos que aproximadamente la mitad de los casos corresponde al denominado “servicios empresariales” (estudios de ingeniería, consultorías, ensayos técnicos) que sí se refieren a tareas vinculadas con la profesión de ingeniero, como también al de las telecomunicaciones y los servicios informáticos donde se ocupan los ingenieros electrónicos.

En el Gráfico 3 se observan todos los sectores de actividad económica correspondientes al último empleo de los graduados entrevistados. A los sectores de la industria y los servicios ya mencionados, se agregan el de la construcción con un 11%, el sector de electricidad, gas y agua con un 6%, el del comercio con un 4% y, finalmente, el de las actividades primarias y extractivas con un 1%.

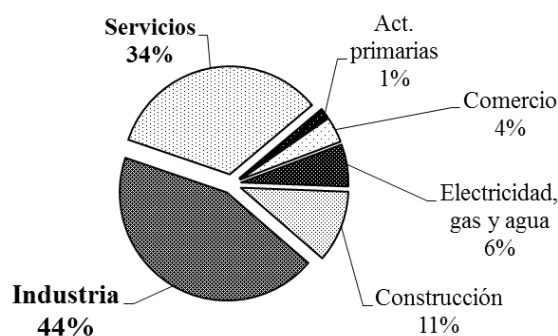


Gráfico 3. Sector de actividad del último empleo de los graduados entrevistados (n = 205).

Fuente: Laboratorio MIG, UTN-FRA (2016).

Los ingenieros que se ocupan en el sector de la industria manufacturera lo hacen en ramas con importante predominio en la zona de Avellaneda y en los partidos de sur del conurbano bonaerense, como son principalmente las de “vehículos automotores y remolques”, “productos de metal”, “maquinaria y equipo”, “maquinaria y aparatos eléctricos”, “sustancias y productos químicos”, “productos de caucho y plástico”, “productos minerales no metálicos” y “papel y productos del papel”.

Otro resultado interesante respecto al último empleo de los graduados arroja que cerca del 18% de los casos trabaja actualmente en la FRA, tanto en docencia, investigación y actividades de transferencia, pero en la mayoría de los casos se trata de empleos considerados como “no principales”. Una minoría de ellos trabajan en la Facultad y dichos empleos responden al empleo principal, esto ocurre en los casos que forman parte de las autoridades de la institución o son responsables de áreas de gestión.

5. Conclusiones

Este trabajo se orienta a brindar un análisis sobre las trayectorias educativas y laborales de los graduados jóvenes de la UTN-FRA, a partir de datos primarios generados por el Laboratorio MIG en los últimos años. Esta investigación contribuye a la reflexión de las trayectorias educativas en vinculación con las laborales para dar cuenta de los procesos de profesionalización que llevan a cabo los ingenieros graduados. El conocimiento sobre estos itinerarios se torna fundamental a la hora de plantear políticas institucionales y de gestión académica, en el marco de los procesos de autoevaluación que las universidades llevan adelante a solicitud del organismo encargado de la evaluación y acreditación de las carreras universitarias en el país.

Además, el tratamiento de los datos y su diferenciación según especialidad de la ingeniería, constituye un aporte importante para los Departamentos de Carrera, ya que articulan los comportamientos de los graduados durante sus estudios y las características del mercado de trabajo para cada especialidad. En este sentido, este tipo de estudios presenta una visión general -de todos los graduados de la Facultad- y, a la vez, una mirada específica para cada carrera.

Entre las particularidades que presenta esta población, se rescata la importancia que tiene en las trayectorias la combinación del estudio con el trabajo. Se ha señalado que la mayoría de ellos empiezan a trabajar al momento de ingresar en la institución o en los años subsiguientes, es decir, que la amplia mayoría combina ambos aspectos a lo largo de sus trayectorias. Fenómeno que es experimentado por los graduados como algo necesario y natural para los estudiantes de la UTN aunque dilaten la culminación de la carrera hasta cuatro años o más de lo estipulado en los planes de estudio.

Así, en las trayectorias educativas predominan comportamientos de prolongación de los estudios, que llegan a duplicar el tiempo teórico de los planes para la tercera parte de los graduados relevados. Esta proporción incluye a aquellos con largos períodos de interrupción y reincorporación a la carrera mediante planes específicos de incentivo a la graduación. La carrera de Ingeniería Industrial es la que concentra la mayor proporción de titulados con duraciones de carrera cercanas al tiempo teórico, mientras que las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Civil se ubican en el polo opuesto, es decir, con duraciones de carrera superiores a los once años.

En este sentido, se observa la marca fundacional de la Universidad Obrera que destacaba la necesidad e importancia de que los trabajadores ingresen a la educación superior y se profesionalicen en áreas científico tecnológicas en un contexto industrial de sustitución de

importaciones. Dirigida a la masa asalariada que se desempeñaba en las escuelas-fábrica donde el tipo de estudio y la ocupación permite su combinación, en una cursada de horario vespertino.

A su vez, se constata que esta combinación de los estudios se da con ocupaciones en un sólo empleo y de contratación estable durante la mayor parte de la trayectoria educativa, con excepción de los graduados de Ingeniería Civil, que presentan comportamientos de “pluriempleo” debido a la característica de su actividad y la forma de trabajo independiente.

En cuanto al empleo actual se torna significativo que tres de cada diez graduados relevados se desempeñe en más de un empleo en forma simultánea a tres años de la titulación y que el 18% del total mantenga un vínculo laboral y/o académico con la Facultad de la cual se graduó. Además se observa una tendencia hacia la desaparición de empleos de larga duración, “para toda la vida”. La industria sigue siendo el sector de la economía donde mayoritariamente se insertan los graduados en ingeniería. Sin embargo, el de los servicios para estas nuevas cohortes adquiere mayor relevancia tanto cuando se desempeñan en actividades en relación de dependencia como en forma independiente.

6. Referencias

- [1] PANAIA, M. (2006). *Trayectorias de ingenieros tecnológicos. Graduados y alumnos en el mercado de trabajo*. Buenos Aires/Madrid: Miño y Dávila y FRGP-UTN.
- [2] IAVORSKI LOSADA, I. (2011). La cuestión de género en las carreras tecnológicas. La trayectoria académica y laboral de las graduadas de la UTN FRGP y la UNRC, Facultad de Ingeniería. En: PANAIA, M. (Coord.) *Trayectorias de graduados y estudiantes de ingeniería*. Buenos Aires: Biblos, p.235-257.
- [3] MASSETTI, A. (2006). Trayectorias laborales de la población estudiantil. El uso del SPSS en el procesamiento de sistemas de medición longitudinal para las trayectorias de empleo continuo. *Documento de Trabajo*, Laboratorio MIG UTN-FRGP, General Pacheco, n.3, p.35.
- [4] SIMONE, V.; IAVORSKI LOSADA, I.; WEJCHENBERG, D. (2012). Formación y procesos de inserción laboral de ingenieros. Comparación entre los graduados de las seis especialidades de ingeniería de la UTN-FRA. *Documento de Trabajo*, Laboratorio MIG UTN-FRA, Avellaneda, n.6, p.61.
- [5] SIMONE, V.; IAVORSKI LOSADA, I.; SOMMA, L. Y WEJCHENBERG, D. (2014). Los ingenieros graduados de la UTN-FRA entre los años 2008 y 2009, Laboratorio MIG UTN-FRA, Avellaneda, n.8, p.52.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

LOS NUEVOS MODOS DE APRENDER EN EL CENTRO DEL DEBATE SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA.

APORTES DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA DEL LABORATORIO ABIERTO DE LA UTN-FRA

Natalia Del Gener, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,
nataliadelgener@gmail.com

Nora Dari, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,
noradari@gmail.com

Luis Garaventa, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,
lgraraventa@fra.utn.edu.ar

Vanina Simone, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda,
mig@fra.utn.edu.ar

Resumen— Según lo establecido por el CONFEDI, uno de los principales desafíos de la enseñanza de la Ingeniería en nuestro país es la problematización de los diseños curriculares actuales para promover una formación basada en competencias. Una propuesta de tales características implica la puesta en funcionamiento de una compleja estructura de conocimientos, destrezas y habilidades, de parte de los estudiantes, que deben ser reconocidas en el proceso de aprendizaje y promovidas a través de estrategias didácticas y actividades curriculares que propicien su desarrollo. Los modos de aprendizaje basados en el descubrimiento, en la resolución de problemas y en la realización de proyectos favorecen la construcción de esquemas mentales y competencias que son requeridas para el ejercicio de la profesión. Estos nuevos modos de aprender y las habilidades que desarrollan los estudiantes fueron investigados en el espacio de enseñanza extra-curricular del Laboratorio Abierto de la UTN-FRA, durante el año 2015 en el marco de un Proyecto CIECTI. Mediante las técnicas de observación participante y entrevista, se relevaron datos empíricos sobre los modos de aprender y enseñar y las visiones de los estudiantes sobre su participación en el Laboratorio Abierto. La ponencia presenta algunos de los resultados de dicha investigación.

Palabras clave— *Aprendizajes, Resolución de problemas, Formación, Ingenierías.*

1. Introducción

En la presente ponencia se exponen los resultados del trabajo de investigación realizado en el año 2015 en el marco del proyecto CIECTI. En el mencionado proyecto de investigación se indagan las propuestas pedagógicas y los modos de aprendizaje de los estudiantes que participan del Laboratorio Abierto, en virtud de sus prácticas tempranas no curriculares y las posibles articulaciones de dichas prácticas con las asignaturas curriculares de cada una de las especialidades de la Ingeniería. Esta inquietud responde a uno de los problemas centrales en la

formación del nivel superior universitario actual, que es el desinterés de los alumnos/as respecto de los contenidos teóricos no anclados en prácticas significativas en su formación temprana. Dicho desinterés impacta sobre su rendimiento pero también en la continuidad de los y las estudiantes en el trayecto formativo.

El Laboratorio Abierto de la Facultad Regional Avellaneda se crea por Resolución N° 583/08 D, dependiente de la Secretaría Académica, con el objetivo general de colaborar con la formación práctica de los alumnos de las carreras de Ingeniería que se dictan en la Facultad. Es un ámbito en el que confluyen necesidades formativas e inquietudes vocacionales de estudiantes, docentes y graduados. Los proyectos que se desarrollan, además de dar respuesta a las necesidades de la comunidad educativa (como puede ser efectuar el mantenimiento del instrumental y la actualización tecnológica de los laboratorios de las diferentes especialidades), promueven la articulación de los saberes disciplinares con las lógicas del mundo del trabajo.

A nueve años del inicio de sus actividades y con muestras suficientes de crecimiento y desarrollo, se plantea la necesidad de potenciar la experiencia del Laboratorio Abierto, para contribuir a la reformulación y superación de los modos de aprender y enseñar en las carreras de Ingeniería, bajo la premisa de que el acercamiento temprano de los estudiantes a las actividades propias del ejercicio profesional despierta interés por lo particular del campo y genera competencias vinculadas con el desempeño laboral requerido.

2. El marco metodológico

Con el fin de identificar en el proceso formativo de los ingenieros el desarrollo de competencias de egreso – que son aquellas que se generan a través de las prácticas pre-profesionales realizadas por los estudiantes a lo largo del trayecto curricular que componen sus estudios académicos y que están orientadas a capacitarlos para una efectiva inserción laboral-, se optó por un modo de abordaje cualitativo. Taylor y Bogdan consideran a la investigación cualitativa como “aquella que produce datos descriptivos a partir de las propias palabras (orales o escritas) de las personas que participan en los procesos sociales y de las conductas observables. Los métodos cualitativos nos permiten permanecer próximos al mundo empírico y están destinados a asegurar un estrecho ajuste entre los datos y lo que la gente realmente dice y hace” [1].

Con un abordaje cualitativo se utilizan y combinan con este fin, las dos técnicas más usuales en la investigación social: la observación y la entrevista. Se planifican observaciones participantes, principalmente de las acciones que se realizan en tiempo real en el Laboratorio y también la realización de entrevistas. Se seleccionan tres de los cuatro grupos de trabajo que funcionan en el marco del Laboratorio -robótica, mantenimiento y actualización del instrumental de Laboratorios y domótica- para la realización de las observaciones y las entrevistas. Además, con fines comparativos se decide entrevistar y observar otro grupo de estudiantes que no haya participado de las actividades del Laboratorio Abierto y que se encuentren en instancias próximas al egreso, cursando la materia “Proyecto Final”, como así también observaciones a las clases áulicas correspondientes a las materias básicas de la currícula.

La propuesta del Laboratorio Abierto se enmarca en un desafío, que en el caso del plan de estudios de Ingeniería, supone la integración de propuestas pedagógicas que fomenten el desarrollo de las competencias que requiere el graduado al inicio de su trayecto profesional. Según el CONFEDI “Hay consenso en cuanto que el ingeniero no solo debe hacer, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos,

habilidades y destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo” [2].

3. Los aprendizajes y el Laboratorio Abierto

La hipótesis que orientó la investigación es que el espacio formativo del Laboratorio Abierto favorece el desarrollo de las competencias de egreso establecidas por el CONFEDI en los estudiantes que por allí transitan, a partir de propuestas pedagógicas que promueven modos de aprender pasibles de ser explicados por los desarrollos teóricos del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Aprendizaje por Descubrimiento (ABD) y el Aprendizaje basado en Proyectos.

Según sostienen Gutiérrez Ávila, Puente Alarcón, Martínez González, Piña Garza (2012) para el Aprendizaje Basado en el Descubrimiento, descubrir implica buscar activamente, involucrarse, comprometerse con el propio aprendizaje, desarrollar habilidades y actitudes para la búsqueda de soluciones a preguntas y asuntos concretos. Es posible desarrollar actividades de búsqueda que permitan generar y analizar conocimientos a lo largo de la vida, entendemos que en el Laboratorio Abierto las instancias formativas permiten el desarrollo de competencias de egreso en este sentido:

“(...) Algunas cosas sí (se aplican en el Laboratorio Abierto) y algunas cosas te quedas con poco y tenés que seguir investigando. Tampoco la facultad, imagino que todas las materias no las podes estar actualizando cada vez que hay un cambio porque esto es cada media hora. Tratar de ir lo más actualizado posible, pero hay un momento en el que la brecha se va alejando y hay que llegar a alcanzarla pero no es un salto inmediato, es paulatino. A veces (...) tenés que ver cómo funciona, tenés que estar investigando... internet, a veces discutir con uno, en realidad hablar con otro compañero, ¿vos trabajaste con esto? Si, esto me parece que podría ser así de esta forma, conocimiento de otra persona, laboral, más que nada eso. Es un poco de todo el conocimiento, no te da ni todo la facultad ni todo el laboratorio. Necesitas un poco de todo, no es que en el laboratorio no te capacites, porque te capacitas todos los días” (Germán, Ing. Electrónica, julio 2015)

En el Proyecto de Domótica del Laboratorio Abierto, los estudiantes entrevistados relatan que luego de la implementación del plan de trabajo y de la obtención de ciertos resultados se inicia una fase de mantenimiento por un lado y de análisis para introducir mejoras. Así lo plantean los participantes: *“Digamos que, el flujo del trabajo es plantear la idea, ver qué se arma, así se puede hacer una simulación, si la simulación o el prototipo da bien, hacer el definitivo y optimizarlo en lo que se pueda” (Ignacio, Ing. Electrónica, julio 2015).*

Esta fase del proyecto posibilita en los estudiantes no solo una reflexión sobre la propia práctica sino que favorece la innovación y la creatividad. Aplicar los conocimientos en proyectos concretos, además de generar experiencia en áreas específicas de desarrollo profesional, funciona para la mayoría de los estudiantes como un incentivo importante para continuar avanzando la carrera.

Respecto de las semejanzas y diferencias entre las actividades curriculares y las actividades realizadas en el Laboratorio Abierto se encuentran relatos en el siguiente sentido:

“Diferencias más que nada tal vez en la forma en la que trabajas acá en el laboratorio, es distinto porque es más relacionado a lo laboral que en el otro, te armas tu grupito y ya está. Siempre necesitas en un grupo que alguien sea líder, y

que te vaya guiando de una forma o de la otra. (...) Te dan un proyecto en el que tenés que trabajar, en la cursada es un trabajo práctico, acá es un proyecto que hay que entregar a otro departamento y tenés que hacerlo mejor para que quede bien porque es tu imagen con la que vas a trabajar, estás trabajando ahí con lo que vos haces y cómo queda. No es que haces algo así no más como para sacarte un cuatro y ya está. (...) Así por una cuestión profesional no puedo ser un zaparrastroso que entrego las cosas así no más” (Ignacio, Ing. Electrónica, julio 2015).

El mismo estudiante, con relación al Proyecto Final sostiene que *“En el proyecto final somos cuatro personas, uno dice a-b-c-d y estamos, luchando, no te digo luchando a ver quién es el más fuerte pero uno ahondando más y tratar de dar una justificación de por qué dice una cosa y analizar lo que tiene más sentido y es más viable. Pero es en cualquier grupo de trabajo (...) Yo te digo hacerlo así, y el otro tal vez así no va, y si lo hacemos así tal vez va a pasar esto, entonces vas dando un montón de opciones de cada uno y llegas a una solución. Es como que por aproximaciones vas llegando a la solución” (Ignacio, Ing. Electrónica, julio 2015).*

Si bien el Aprendizaje Basado en Problemas ocurre de manera espontánea en la vida diaria, hacia fines de la década del '60 se lleva a cabo su inserción formal como método de instrucción en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Mc Master en Canadá [3]. El modelo del ABP se usa en la actualidad como estrategia didáctica en diversas carreras profesionales y en distintos niveles educativos. Uno de los planteamientos originales de Howard Barrows -creador del ABP- fue tratar de superar la dicotomía entre la forma de aprender durante los estudios y la forma de trabajar a lo largo de la vida profesional. El autor encuentra que la apreciación general de los estudiantes sobre el “verdadero” aprendizaje ocurre cuando se enfrentan a los problemas en el ambiente real de trabajo, después de terminar los estudios universitarios. Para encontrar un modo de superar esta dicotomía realiza observaciones sistemáticas de cómo procede el médico cuando atiende a un paciente. El paciente representa un problema que exige la aplicación del método clínico, que, a su vez es una modalidad del método científico. La aplicación de este procedimiento a la forma de enseñar se denomina ABP. Esta característica del origen del ABP le ha permitido tener una base teórica implícita, dado que no nació como resultado de una teoría pedagógica o de una corriente del aprendizaje, sino como una propuesta educativa de carácter empírico para resolver problemas sustantivos de la educación profesional, como la falta de motivación, el aprendizaje superficial y la desvinculación entre la enseñanza formal y la vida cotidiana o profesional.

Si bien comparten características similares, lo que distingue al ABP del Aprendizaje Basado en Proyectos y del Aprendizaje Basado en el Descubrimiento es el desafío frente al que se colocan los estudiantes que consiste en un problema desconocido. Para su abordaje se parte de una pregunta sobre algo que se desconoce para avanzar hacia la construcción de nuevos conocimientos. Este es el modo como la ciencia avanza. En el aprendizaje tradicional el punto de partida es transmitir conocimientos a los estudiantes, los que posteriormente se aplican a diferentes contextos.

En el ABP el estudiante formula una respuesta hipotética de acuerdo a sus conocimientos previos; es responsabilidad del docente/coordinador guiarlo con preguntas lógicamente concatenadas para precisar la hipótesis y a partir de allí buscar los conocimientos que resulten necesarios. En el Laboratorio Abierto, como manifiesta un participante, se enfrentan con problemas similares a los que se podrían encontrar en el ejercicio de la actividad profesional, problemas de la práctica, del funcionamiento real y relacionados con acontecimientos no previstos.

“Porque todo en el pizarrón y en el papel funcionan. Pero cuando vas a la realidad no es lo mismo, empiezan a surgir problemas que no aparecían en el papel. Y bueno, hay que programar, y empezás y buscas un programador y no te funciona. Y tenes que buscar otro, o tenes que ver cómo hacer compatible esto con este, y bueno surgen muchos más problemas. (...) Sino que necesitas más, y por ahí eso no funciona, y por ahí los problemas te traba algo que nunca tuviste en cuenta. A lo que nos llevo fue a ver, los problemas que uno cotidianamente no tiene en cuenta en la teoría y si aparecen en la práctica” (Carlos, Ing. Electrónica, junio 2015).

En el ABP el problema es el motor que moviliza a los estudiantes en sus procesos de construcción de conocimientos. Desde esta perspectiva teórica el problema tiene un significado amplio y no se limita a “algo” que no funciona o está descompuesto, el problema es un reto en la vida: un fenómeno sin explicación es un problema, una mejor manera de hacer las cosas es un problema, una forma nueva para diseñar o construir algo es un problema; la necesidad de crear una obra artística también puede ser un problema.

En el Laboratorio Abierto los participantes aprenden a partir de la resolución de problemas concretos, en un ambiente de trabajo ameno y bajo la coordinación de docentes y graduados; apelan a saberes previos, ensayan soluciones, estudian alternativas e investigan la viabilidad de las mismas. Este proceso permite la elaboración de un diagnóstico de las propias necesidades de aprendizaje, la comprensión de la importancia de trabajar cooperativamente y el desarrollo de habilidades de análisis, síntesis y evaluación de la información. Respecto de la diferencia entre la formación tradicional y la que acontece en el Laboratorio Abierto, uno de los participantes comenta lo siguiente: *“Quizás te enseñan mucho concepto pero vos querés resolver un problema y ahí tenes que pensar vos”* (Carlos, Ing. Electrónica, junio 2015).

En el grupo de trabajo de robótica, el diseño y armado de robots posibilita la apropiación de saberes y herramientas conceptuales, tanto como las habilidades necesarias para llevarlos a la práctica en situaciones pertinentes y de un modo efectivo. Explorar alternativas, es una parte importante de la resolución de problemas en este ámbito, significa mantener varios hilos de acción al mismo tiempo, avanzar en unos y descartar otros, proceso en el cual la retroalimentación juega un rol fundamental.

Un modelo educativo que promueva el aprender a pensar y que potencie a su vez el trabajo de investigación y elaboración, aspectos clave del estudio y trabajo universitario, deberá generar instancias de enseñanza aprendizaje que favorezcan diversos modos del pensar: pensamiento analítico sintético, pensamiento crítico, pensamiento deliberativo, pensamiento creativo, pensamiento práctico [4]. De esta manera, el desarrollo de estas habilidades es ampliamente promovido en las propuestas de actividades y en los distintos grupos de trabajo del Laboratorio Abierto.

Una característica del Laboratorio Abierto es que la evaluación no está acompañada de una acreditación formal de saberes y esto constituye una diferencia significativa respecto de la enseñanza curricular. Los estudiantes que participan en estos espacios de formación se sostienen y transitan motivados por intereses personales y profesionales que van más allá de la acreditación formal de saberes y competencias.

4. Los modos de aprender y la construcción de competencias de egreso

Según Avolio de Cols e Iacolutti (2006) se denomina formación basada en competencias a aquella que pretende alcanzar una mayor integración entre el proceso formativo del alumno y

lo que sería el futuro desempeño del trabajador en una situación real de trabajo [5]. La formación basada en competencias implica que las capacidades que el estudiante va a desarrollar durante el proceso formativo, se vinculan con las competencias que necesitará en el futuro para desempeñarse en una situación real de trabajo. Esto hace que la actividad formativa tenga más significado para el alumno. En nuestro caso entendemos que las propuestas de Laboratorio Abierto y Proyecto Final posibilitan esta articulación.

La competencia en el ámbito de la formación profesional se refiere a una integración de capacidades del sujeto que le permiten actuar de manera eficaz en situaciones reales de trabajo. Se manifiesta tanto en la rapidez y exactitud con las que el sujeto realiza sus actividades rutinarias, como en la forma de abordar situaciones nuevas, resolver problemas, tomar decisiones y proponer mejoras. Un estudiante frente a un problema se comporta del siguiente modo:

- ✓ Percibe la situación.
- ✓ Capta el problema que la situación plantea a partir de sus conocimientos.
- ✓ Selecciona y usa la alternativa que considera más adecuada para resolver el problema.
- ✓ Evalúa la solución adoptada.

En dicho proceso se movilizan diferentes tipos de saberes:

- ✓ Conceptos y principios científico-técnicos, teóricos. Son saberes declarativos, porque el sujeto que los posee es capaz de expresarlos verbalmente, por ejemplo, cuáles son los elementos que componen un sistema, en qué principios se basa su funcionamiento.
- ✓ Saberes técnicos (reglas de acción, normas, criterios, secuencia de acciones y operaciones). Son saberes procedimentales, se traducen en un hacer. Algunos de los procedimientos son técnicas muy normalizadas que deben seguirse estrictamente, otros, sólo marcan líneas de acción.
- ✓ Saberes prácticos. Saberes de la experiencia, saberes procedimentales que no derivan de teorías (reglas de acción, trucos, precauciones, recorridos a seguir). Este tipo de saberes no tiene fundamento explícito, se los utiliza tal como los transmite la cultura de cada oficio.

La competencia requiere la apropiación de los saberes y la movilización de los que se consideren adecuados, en el momento oportuno, para lograr una acción eficaz, en una situación compleja. Las actividades del Laboratorio Abierto permiten la construcción, recuperación y complejización de saberes previos, en el marco de un trabajo socialmente compartido. La propuesta pedagógica y los modos de aprendizaje promovidos por ella (Aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en descubrimiento y aprendizaje basado en proyectos), propician la construcción de las competencias de egreso establecidas por CONFEDI:

- ✓ Competencia para identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería.
- ✓ Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos (sistemas, componentes, productos o procesos).
- ✓ Competencia para gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de Ingeniería.
- ✓ Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la Ingeniería.

- ✓ Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo, hacer un abordaje interdisciplinario, integrando las perspectivas de las diversas formaciones disciplinares de los miembros del grupo.
- ✓ Competencia para comunicarse con efectividad.
- ✓ Competencia para aprender de forma continua y autónoma.

Según sostienen Cols e Iacolutti (2006), el desempeño competente requiere que además de los distintos tipos de saberes, el sujeto disponga de esquemas específicos y estructurados de pensamiento y acción, que le permitan reconocer los saberes disponibles (procedimientos, hipótesis, modelos, conceptos, informaciones, conocimientos y métodos) y movilizarlos para ponerlos en práctica en situaciones complejas. Los esquemas están constituidos por las operaciones lógicas de las que dispone el sujeto y además, comprenden redes organizadas de hechos, conceptos, generalizaciones, secuencias de acciones, modos de pensamiento, de percepción, de evaluación y de acción, que facilitan la puesta en práctica de los saberes en una situación compleja. En algunos casos, los esquemas son estructuras de acciones relativamente estables, maneras de actuar que se memorizan y permiten resolver un conjunto de objetivos, situaciones y problemas similares. Son una herramienta flexible que se ajusta según la singularidad de la situación.

Los esquemas no surgen espontáneamente. Son producto de la formación, de la experiencia y de la intuición; se adquieren con la práctica aunque se apoyen en saberes teóricos. El sujeto, en un principio, realiza conscientemente operaciones mentales (asociaciones, inducciones, comparaciones, deducciones, analogías) para resolver una situación. Con la práctica, estas operaciones se transforman en esquemas mentales de alto nivel, en maneras de pensar y de actuar que se ponen en marcha en forma casi inconsciente, que ahorran tiempo, que “hilvanan” la decisión, que facilitan la movilización y permiten la resolución de múltiples y variadas situaciones.

En el desempeño laboral, los esquemas se refieren a las formas de razonar propias de un oficio, a las maneras de pensar intuitivas, a los procedimientos para identificar y resolver cierto tipo de problemas que tiene un trabajador competente. El desarrollo de una competencia supone la construcción progresiva de esquemas de pensamiento y de acción que crecen en riqueza, diversidad y complejidad. En el proceso de construcción e integración de esquemas mediante el uso de analogías y asociaciones con situaciones parecidas, el sujeto comienza a disponer de esquemas que le permiten resolver “familias de situaciones”. Los esquemas se van automatizando con la práctica. Contribuyen a construir formas de pensar y de actuar cada vez más complejas, que se van enriqueciendo con las respuestas que se dan ante cada nueva situación. Los modos de pensar y de actuar, que en un principio fueron conscientes, cuando se transforman en rutinarios participan en acciones más complejas y sirven de base para la construcción de nuevos esquemas, que resultan de utilidad, en particular, cuando el sujeto se encuentra con dificultades u obstáculos imprevistos [5].

5. Los aportes de la experiencia del Laboratorio Abierto desde la visión de los estudiantes

Al indagar acerca de cómo la experiencia del Laboratorio Abierto les aporta a los participantes en cuanto a la formación profesional, la primera reflexión es que se trata de un proceso complejo que admite varias dimensiones. En las expresiones de los participantes se encuentran desde aportes relacionados con la adquisición de saberes técnicos hasta aspectos personales y “criterios para pensar” o, en otras palabras, formas de construir conocimiento —a través de la comunicación y los interlocutores significativos.

Una segunda reflexión, es que el tipo de aporte varía de acuerdo al grupo de trabajo en el que participan y la carrera que cursan. Los estudiantes que recién ingresan al espacio y sólo realizan tareas de organización y administración indican que el aporte se limita a tener contacto con estudiantes de otras carreras y sumar un estipendio para los gastos de la formación. Los estudiantes que no estudian la carrera de Ingeniería Electrónica mencionan aspectos menos relacionados con los saberes técnicos y más vinculados con los interpersonales y de trabajo interdisciplinario. El extracto de entrevista explica el aporte de la siguiente forma:

“(…) la parte de la organización y saber cómo hacer el manejo de un grupo de gente. Porque vos lo ves a Daniel [Jefe del Laboratorio] y aprendés un montón. Lo que hace él para manejar distintos grupos, lo que él nos fue enseñando, sí a veces sin quererlo y a veces por un consejo. Y el manejarte con distintas disciplinas, no siempre que seas del mismo (...) porque por ejemplo el hablar con los chicos de robótica, con los mecánicos, hay chicas de Industrial, Química” (Alicia, Ing. Civil, septiembre 2015).

A pesar de las variaciones, la mayoría de los participantes reconoce que el aporte a la formación es en dos dimensiones, una de adquisición saberes técnicos y otra de vivencias de interacción necesaria para una formación profesional integral.

Las citas de los estudiantes se presentan a continuación.

“(…) [La experiencia del Laboratorio Abierto] contribuye tanto en la personalidad como en los conocimientos técnicos dándote ese tipo de herramientas que en otro lado no te los dan, esas facilidades y esa dinámica de trabajo que te venia comentando, de decir bueno hagamos esto veamos que se puede hacer yo los acompaño, y no de tirarles un muerto a los chicos y decirle háganlo resuélvanlo solos (Joel, Ing. Electrónica, Julio 2015).

“Siempre aporta experiencia y siempre te aporta conocimientos. Siempre te aporta criterios nuevos a la hora de trabajar, criterios nuevos a la hora de enseñar, criterios nuevos a la hora de medir, a la hora de decidir. Siempre genera... Quizás es un aprendizaje un poco más, quizás no tan técnico. Pero sí crea una forma de pensar distinta (Melina, Ing. Electrónica, Agosto 2015).

“Muchísima experiencia, eso es para mí lo que más vale. Tanto el desarrollo como el armado de cosas, como el trabajo en equipo. Por qué en un futuro en un trabajo en relación de dependencia no vas a trabajar solo, y ya al tener experiencia del trabajo en grupo, es como que te da un pie bastante grande” (Damián, Ing. Electrónica, junio 2015).

“El trabajo en equipo con distintos tipos de personas, con distintas personalidades. Porque no todo el mundo es igual a uno, y no todo el mundo piensa como uno, entonces capaz al principio cuando no tenías experiencia chocas, por así decirlo, con algunos pero trabajar en grupo es eso, es aceptar eso, que no todos son iguales. Entonces lo que me aportó a mí es aprender a trabajar en equipo” (Alberto, Ing. Electrónica, julio 2015).

Como se mencionó, en los relatos se observan diferencias entre los estudiantes de las distintas especialidades de la Ingeniería. Aquellos que no son de la carrera de electrónica valoran la experiencia referida a saberes que no están contenidos en las currículas, es decir, no referidos a saberes formales tanto tecnológicos como científicos sino a saberes que deben ser movilizados en las relaciones interpersonales. Estos últimos se diferencian de los saberes técnicos que remiten más bien a las relaciones con los objetos físicos. Siguiendo el análisis de

Rojas (1995) en los ámbitos productivos, los saberes identificados como “técnicos” son aquellos referidos al conocimiento instrumental de las cosas para la producción, transformables en regularidades, en cambio, aquellos de carácter “práctico” no tienen como referencia a las cosas sino a los hombres y las relaciones entre éstos, sus acciones e interacciones. En este punto se trata de la adquisición de competencias relacionadas con las que el CONFEDI plantea para “desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo, hacer un abordaje interdisciplinario, integrando las perspectivas de las diversas formaciones disciplinares de los miembros del grupo”.

Así lo expresa un estudiante: “(...) *Primero rescato a las personas que conocí porque, te vincula con una rama que no estoy familiarizado, que no conocía a nadie en realidad. Y ahora tengo un problema y lo hablo con los muchachos... Y ahí están, siempre. Y después la parte de trabajar en equipo. Aprendí mucho cómo son las relaciones ahí a la hora de tomar una decisión. De hacer con un grupo como más complicado. Y después todo lo que puedo haber aprendido en conocimientos ya sea algo de electrónica o algo nuevo de mecánica. Yo lo consideraría un balance positivo. Y mucho más grande lo humano que lo tecnológico, lo científico, lo de conocimiento*” (Marcelo, Ing. Mecánica, agosto 2015).

Esta mención a los aspectos más “humanos” también se vincula con otra dimensión que aparece en los relatos y se asocia a aspectos identitarios, a valores colectivos de solidaridad, reciprocidad y cooperación. Estos confluyen al formar parte de un proyecto colectivo que los trasciende.

“(...) Mi paso por el Laboratorio fue formarme en todos puntos. Conocer muchos más valores (...) Tal vez si no hubiese pasado por acá hubiese sido muy distinta mi vida. No sé si hubiera, hoy tener el impulso para terminar la carrera. No sé bien cómo describírtelo (...)... paso por el Laboratorio fue muy positivo, lo sigue siendo” (Martín, Ing. Electrónico, Junio 2015).

Según la visión de los estudiantes participantes, el aporte de la experiencia del Laboratorio Abierto es positivo y enriquecedor. La instancia de la entrevista los obligó a reflexionar sobre la propia práctica, que sin bien esa experiencia se transmite en forma oral y en el “aprender haciendo”, parece no quedar registrada en soportes escritos y materiales que ayuden al seguimiento del proceso, sus pasos, dificultades y logros, en definitiva, cómo ha sido su aprendizaje.

6. Conclusiones y recomendaciones

La enseñanza de la Ingeniería en la UTN aporta durante los dos primeros años de las carreras, una intensa formación en materias básicas y una menor articulación con el rol profesional. En el primer tramo de la trayectoria educativa, los jóvenes carecen de un acercamiento al desarrollo de la profesión y la práctica de ingeniero. En este sentido, las actividades complementarias a la formación curricular, como la propuesta del Laboratorio Abierto, promueven en los participantes una aproximación temprana a la construcción del rol profesional. Estos procesos favorecen la construcción de esquemas de diversa complejidad (habitus), promueven el desarrollo de competencias específicas y contribuyen con la permanencia de los jóvenes dentro del sistema educativo. Asimismo, y como se consignó oportunamente en el presente trabajo, si bien es un espacio que fomenta otros modos de aprender y relacionarse con la especialidad, posibilitando el desarrollo de perfiles de ingenieros ligados a la investigación y desarrollo, lo hace fundamentalmente en aquella proporción del alumnado ya inclinado hacia dichas preferencias. De esta forma, direcciona y potencia las inquietudes de este grupo de estudiantes relacionadas con el diseño, la creación, la investigación, la formación de formadores, desde los primeros años, pero al no ser

extensivo al resto de los estudiantes, la misión de incentivar vocaciones tempranas o mostrar otros modos de enseñar y aprender Ingeniería no llega a cumplirse para la mayoría de los estudiantes de la Facultad. La disponibilidad de tiempo para participar del Laboratorio es una variable importante a tener en cuenta, ya que es un espacio extra-curricular y por tanto aquellos estudiantes que trabajan en forma simultánea a los estudios, ven disminuidas sus posibilidades de participación. Esta es una de las razones por las cuales es importante el esfuerzo de pensar los modos de articular en las instancias curriculares -en las que todos los estudiantes participan- dispositivos pedagógicos que promuevan experiencias de enseñanza que fomenten modos aprendizaje similares a los del Laboratorio Abierto.

Dentro del Laboratorio Abierto, la instancia de evaluación regulada por los participantes a lo largo del proceso, es un aspecto que diferencia a la actividad presentada tanto de las experiencias propuestas por la enseñanza curricular de la Ingeniería, como de las experiencias aportadas por el mundo del trabajo. Como propuesta de formación complementaria, promueve experiencias significativas en sus participantes porque logra articular intereses vocacionales, inquietudes personales y saberes previos, en un trabajo profesional y socialmente compartido. El laboratorio, ámbito de aprendizaje y de lazo social, aporta para sus miembros una connotación particularmente significativa en lo que respecta a las trayectorias educativas.

Según se observa en el Laboratorio Abierto, el aprendizaje colaborativo promueve la socialización y contribuye en la creación de comunidades de aprendices mutuos, favoreciendo así la retención de estudiantes dentro del sistema educativo. Incrementa asimismo la capacidad de trabajo en pequeños grupos, el desarrollo de relaciones interpersonales y la creación de redes de apoyo que pueden llegar a durar más allá del trayecto educativo en la Facultad.

El espacio del Laboratorio Abierto contribuye, dentro de los límites mencionados como espacio extracurricular, con el desarrollo de competencias variadas y sostenibles en el tiempo. Desde la Universidad Pública resulta imprescindible asumir el compromiso de generar proyectos educativos, que posibiliten a los estudiantes la construcción de saberes articulados con recursos y situaciones concretas, que puedan utilizar de modo eficaz, autónomo y creativo en el momento de su inserción laboral y en las respuestas y soluciones que puedan ofrecer a las demandas sociales.

El mencionado compromiso debe concebir dispositivos pedagógicos que articulen prácticas y estrategias didácticas de modos abiertos, flexibles y permeables.

El desafío para la institución educativa es poder llevar adelante cambios en las formas de enseñar y de aprender en ámbitos donde están involucrados varios actores y grupos profesionales. Pensar un diseño curricular en esta línea requiere llevar adelante un proceso de discusión y problematización entre los equipos docentes de las materias básicas y de las especialidades, las autoridades de los departamentos, equipos pedagógicos de apoyo a la enseñanza, grupos de investigación y estudiosos de la enseñanza de la ingeniería, entre otros. En este sentido, la investigación encontró su límite para establecer un diseño curricular que implemente dichas modificaciones, ya que éstas requieren de un proceso colectivo de construcción. Este proceso colectivo incluye una diversidad de voces que excede el propio espacio de la Facultad donde este proyecto anida. Las reglamentaciones, miradas, perspectivas, necesidades y dimensiones políticas hacen del proceso de revisión crítica de las lógicas curriculares un entramado altamente complejo donde marcos institucionales, miradas políticas sobre las necesidades de formación ingenieriles, responsabilidades y criterios no necesariamente pueden concordar.

A pesar de ello, el aporte de esta investigación consiste en establecer que esos nuevos diseños curriculares para las Ingenierías deben contemplar actividades que promuevan la resolución

de problemas y diseños de proyectos ingenieriles concretos, que constituyan para los estudiantes demandas cognitivas de tercer nivel [3], promoviendo en este sentido, el desarrollo de competencias de egreso como pudo inferirse a partir del estudio del dispositivo del Laboratorio Abierto.

Sin perjuicio de lo anterior, entendemos que sería posible a partir de las variables analizadas en este estudio, identificar en el diseño curricular de cada carrera, asignaturas en las cuales realizar experiencias transversales a los contenidos, que desarrollen resoluciones de problemas de ingeniería contextualizados según las características descriptas. Consideramos esta indagación como punto de partida para la problematización de los diseños curriculares e insumo para próximos trabajos con foco en cada especialidad de la ingeniería.

7. Referencias

- [1] TAYLOR, S. y BOGDAN, R. (1996). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*, Barcelona: Paidós.184p.
- [2] CONFEDI (2006). *Competencias genéricas de las carreras de ingeniería*, XL Plenario de CONFEDI, Bahía Blanca: CONFEDI.
- [3] GUTIÉRREZ AVILA J.; DE LA PUENTE ALARCÓN G.; MARTÍNEZ GONZÁLEZ A y PIÑA GARZA, E. (2012). *Aprendizaje Basado en Problemas: un camino para aprender a aprender*. México D.F: UNAM.
- [4] DEL GENER, N.; ACERBI, D.; GARAVENTA, L. (2014). *El proyecto de Robótica del Laboratorio Abierto de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda*, Avellaneda: UTN-FRA (ISBN 978-987-1662-51-7).
- [5] AVOLIO DE COLS, S. E IACOLUTTI, M. D. (2006). *Enseñar y Evaluar en formación de competencias laborales. Orientaciones conceptuales y metodológicas*. Buenos Aires: BID. Disponible en:
<http://www.trabajo.gob.ar/downloads/formacioncontinua/ENSENARYEVALUAR.pdf>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ENSEÑANZA Y EVALUACIÓN DE CAPACIDADES QUE APORTAN A LA COMPETENCIA “RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS” EN LA FCEIA DE LA UNR

Verónica M. Relling, Área Química FCEIA UNR, vrelling@fceia.unr.edu.ar

Mabel I. Santoro, Área Química FCEIA UNR, msantoro@fceia.unr.edu.ar

Juliana Huergo, Área Química FCEIA UNR, jhuergo@fceia.unr.edu.ar

Lucía Imhoff, Área Química FCEIA UNR, luimhoff@fceia.unr.edu.ar

Cristina S. Rodríguez, Área Química FCEIA UNR, cristina@fceia.unr.edu.ar

Resumen— La resolución de problemas como competencia genérica, atraviesa toda la formación. Nuestro trabajo está dirigido a alcanzar objetivos en términos de competencias básicas y específicas como aporte al logro de la competencia «resolución de problemas» en las carreras de ingenierías no químicas de la FCEIA, UNR. Los estudiantes arriban al curso de Química en segundo año de dichas carreras, suponemos, con actitudes positivas, capacidad, habilidad y destrezas para resolver problemas de Física y Matemática. Intentamos conocer el perfil del estudiante de acuerdo a las competencias específicas en Química y genéricas con las que ingresa al curso y así diseñar un currículo acorde a la investigación educativa para desarrollarlas y fortalecerlas. Describiremos: a) capacidades, habilidades y actitudes de los estudiantes al ingreso del primer cuatrimestre de 2015, b) estrategias y metodología empleadas para desarrollarlas y c) capacidades adquiridas y no adquiridas al final del cuatrimestre. Como herramienta para el análisis del desarrollo explícito de la resolución de problemas en aula y laboratorio, utilizamos modelos de justificación y argumentación de referencia según el Modelo Argumental Toulminiano. Un avance de los resultados nos permite inferir que los estudiantes ingresan con bajas capacidades para afrontar situaciones problemáticas básicas; durante el cursado muestran avances favorables, y en la evaluación final demuestran un desarrollo superior de capacidades, habilidades y destrezas pero lejos de nuestras expectativas.

Palabras clave— *investigación educativa, ingenierías no químicas, competencias, resolución de problemas, justificación*

1.- Introducción

En la FCEIA se dicta un único curso de Química, de apenas dieciséis semanas de clase, con una carga horaria de cinco horas semanales. Se desarrollan clases de teoría y de formación práctica en aula y laboratorio. El estudiantado, futuros ingenieros no químicos que deben acreditar Química, no se siente seducido por esta asignatura, la percibe como poco interesante e incomprensible y tiene la sensación que no le sirve para la formación como ingeniero. Hemos observado que posee actitudes poco favorables para estudiar Química con continuidad. También advertimos gran debilidad para decodificar el lenguaje científico, explicar y comprender fenómenos desde un paradigma diferente al que están habituados a conceptualizar los mismos fenómenos desde la matemática, la informática o la física clásica. Todo esto representa un gran desafío para los docentes de la asignatura.

Para minimizar estos condicionantes y jerarquizar el rol de la Química en este contexto es que proponemos un currículo que ha de relacionar la práctica química y la teoría utilizando para ello el lenguaje adecuado, de acuerdo a las finalidades educativas. En otras palabras, nuestro accionar como docentes responsables de la enseñanza, aprendizaje y aplicación de la química en este contexto debe orientarse a contribuir fundamentalmente, al fortalecimiento del plan de estudio de las carreras de Ingeniería. Dicho plan posee una sólida formación en Ciencias y Tecnologías Básicas. Además, diversifica los formatos de las actividades curriculares (asignaturas, talleres, seminarios, proyectos, prácticas profesionales), dando un paso hacia la formación por competencias [1]. Por su parte el CONFEDI recomienda que las asignaturas básicas deberán apuntar a privilegiar el razonamiento lógico, la argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje común de la ciencia y la tecnología [2a].

Consecuentemente, nuestra asignatura cumple con las recomendaciones del CONFEDI cuando explicitamos los objetivos basados en la adquisición de las competencias que deseamos que los alumnos alcancen como así también las condiciones necesarias para que puedan alcanzarlas y la justificación de por qué es necesario que las alcancen. Diseñamos un currículo para que nuestra asignatura contribuya a la formación general y, al ser un único curso, aporte competencia específica para entender las materias correlativas y competencias genéricas o transversales como: resolver problemas; argumentar todas las decisiones y los criterios para la elección de la opción más adecuada; reflexionar sobre lo que aprenden y sobre cómo lo aprenden; diferenciar opiniones de argumentos científicos; producir informes, textos (argumentativos y justificativos) válidos, rigurosos, coherentes, científicos y convincentes, utilizando de manera eficaz los distintos lenguajes e informando las conclusiones científicamente argumentadas y/o justificadas. En las actividades de formación práctica proponemos tareas contextualizadas lo más cercanas a la realidad, explicitando los indicadores de logros de las mismas que, como manifestación macroscópica del aprendizaje, los docentes utilizamos para poder evaluar si dicho aprendizaje satisface o no las pautas de acreditación.

Además de responder a estas demandas del plan de estudios, pretendemos que el diseño curricular no quede al margen de la investigación educativa. Dicha investigación da cuenta de la presencia de fortalezas y debilidades en estudiantes y docentes, que nos llevan a realizar permanentes revisiones de nuestro accionar para garantizar la enseñanza de las competencias y para el proceso de evaluación, con vistas a incluir estrategias que permitan evaluar y acreditar el desarrollo de las mismas y poner en evidencia los aprendizajes específicos de química, tal como sugiere CONFEDI [2b]. Particularmente, esto responde a una premisa con la que estamos de acuerdo, a saber: “las competencias indispensables para el acceso y la continuidad de los estudios superiores pueden ser desarrolladas y consolidadas durante la escolaridad previa, en los cursos de ingreso o nivelación y en los cursos de grado” [2c].

De acuerdo al diagnóstico de situación que realizamos periódicamente, estas competencias son difíciles de alcanzar en los primeros años de la universidad, por ello cuando diseñamos el currículo de Química, pensamos en competencias básicas, transversales y específicas de acceso a la carrera [2d] pues, si bien corresponden a las que deberían haber adquirido en la instrucción previa al cursado, en el aula de química están ausentes. Estas competencias de acceso deben desarrollarse antes de aspirar a desarrollar cualquier otra.

Este trabajo pertenece a un proyecto de investigación acreditado “La resolución de problemas de Química en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR. Competencias genéricas y específicas” ING 497 [3]. El recorte realizado, en este caso, es la descripción de las capacidades, habilidades y actitudes de los estudiantes al ingreso y al

finalizar el primer cuatrimestre de 2015 y las estrategias y metodología empleadas para desarrollarlas.

2.- Objetivos

- Conocer las capacidades que aportan a la competencia “Resolución de problemas”, de los estudiantes al inicio del primer cuatrimestre de 2015.
- Conocer las capacidades que aportan a la competencia “Resolución de problemas”, de los estudiantes al finalizar el primer cuatrimestre de 2015.
- Describir la metodología empleada en el aula para desarrollar las capacidades que aportan a la competencia “Resolución de problemas”.

3.- Metodología

Este trabajo está enmarcado en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de competencias genéricas y específicas en el contexto de las carreras de ingenierías no químicas. Con una aproximación cualitativa, analizamos datos descriptivos como las expresiones escritas de los estudiantes en el aula de clase y el laboratorio de química. Para el análisis de las justificaciones, elaboramos textos justificativos de referencia de tipo III según el modelo argumental de Toulmin [4].

3.1.- Para cumplir con el primer objetivo, se aplicó un instrumento **II**, consistente en la resolución escrita individual de un problema con dos ítems, uno de respuesta única y el otro de dos respuestas, según el análisis efectuado por el estudiante. Las respuestas a este instrumento debían estar explícitamente justificadas. Las capacidades investigadas fueron la resolución de un problema de química y la justificación del resultado del mismo.

La investigación se centró en los estudiantes que cursaban el segundo año de las carreras de ingeniería de la FCEIA y estaban presentes en la primera clase de formación práctica. Los 80 estudiantes presentes al inicio de la primera clase participaron voluntariamente y dispusieron de 15 minutos para realizar el instrumento **II**, que consistió en el siguiente problema:

INSTRUMENTO 1

Pertenece al Grupo de Investigación de Educación Química (GIEQ) de la cátedra de Química. En la actualidad estamos trabajando en un proyecto de investigación referido a la optimización de la enseñanza y el aprendizaje de ejercicios numéricos de química. Una de las acciones que debemos llevar a cabo es saber qué conocimientos que poseen los estudiantes de Ingeniería de la FCEIA de la UNR para resolver problemas. Para ello, les proponemos resolver el siguiente problema en forma individual y voluntaria.

Nombre..... Carrera.....

Lea atentamente el siguiente ejercicio: Se hizo reaccionar un material que contiene cinc al 65,0 % de pureza, con solución de HCl(ac). La reacción representada por: $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(ac)} \rightarrow \text{H}_2\text{(g)} + \text{ZnCl}_2\text{(ac)}$, cursó con 89 % de rendimiento. Al finalizar la reacción el volumen de gas obtenido fue 40 L en CNPyT. Responda las siguientes preguntas con MAYOR ó MENOR ó IGUAL y justifique dicha respuesta, a) Cómo será el valor del Volumen de gas obtenido si el porcentaje de rendimiento fuera 100 % (manteniendo constantes todos los otros datos), b) Cómo será el valor del volumen de gas obtenido si el porcentaje de pureza del cinc fuera 90 % (manteniendo constantes todos los otros datos).

Para analizar las respuestas obtenidas del instrumento, tuvimos en cuenta el resultado correcto y la expresión de su justificación. Una justificación debe mostrar cómo, a partir de los datos, es adecuado llegar a la conclusión, es decir, un texto justificativo es aquél que enuncia las relaciones entre pruebas (datos) y conclusiones [4]. Consideramos que el resultado correcto con la justificación correctamente explicitada son indicadores de que el estudiante posee capacidad específica química. Los conceptos básicos de química puestos en juego en este instrumento son: interpretación de la representación simbólica, reactivo limitante, porcentaje

de pureza, rendimiento de una reacción, que suponemos son competencias específicas básicas que deberían haberse adquirido en la instrucción previa a la universitaria.

3.2.- Para cumplir con el segundo objetivo, el instrumento aplicado fue el **I2**. Dicho instrumento consistió en una pregunta de respuesta única y cuantitativa (problema integrado) incluida en la evaluación de acreditación de la asignatura, realizada al finalizar el primer cuatrimestre de 2015, en el tercer llamado a examen. La evaluación contenía 5 preguntas a resolver, de respuesta única, tipo cualitativo y cuantitativo donde estaban involucrados la casi totalidad de contenidos de la asignatura. Los estudiantes tuvieron 140 min para realizarla, munidos de tabla periódica, tablas de constantes y datos esenciales para la resolución de preguntas y problemas.

De los 80 estudiantes que comenzaron el curso y respondieron el **I1**, 38 respondieron el instrumento **I2**.

El siguiente texto es el enunciado de las 5 preguntas de la evaluación. La pregunta 3 es el instrumento **I2** al que hacemos referencia. En esta pregunta, que resulta ser un problema para los estudiantes, además de las habilidades básicas de un estudiante de ingeniería, se ponen en juego capacidades y habilidades propias de química.

QUÍMICA	EVALUACIÓN DE ACREDITACIÓN	Primer semestre 2015
TEMA 1-105	CARRERA:.....	FECHA:../../....
APELLIDO y NOMBRES:		LEGAJO:.....

NO ESCRIBA NADA CON LÁPIZ
NO ESCRIBA RESPUESTAS EN ESTA HOJA.

Pregunta 1. (30 P)
Indique si está o no de acuerdo con las siguientes afirmaciones **y argumente científicamente su respuesta**

1.1.- "un recubrimiento polimérico de una pieza de níquel disminuye la velocidad de corrosión del níquel"
1.2.- "el caucho natural es menos duro que el caucho vulcanizado"
1.3.- "la aleación cobre-níquel (90-10) es un material más reductor que la aleación bronce de aluminio"

Pregunta 2. (20 P)
2.1.- Describa un método que permita la protección de un termotanque de acero que se cargará con agua potable. **Justifique** por qué la metodología elegida le permitirá lograr el objetivo.
2.2.- Escriba la ecuación química de la combustión completa del gas propano.
Indique y justifique para la reacción de combustión del gas: **a)** si es redox o ácido-base; **b)** cuál es el agente reductor (si es considerada redox) y cuál es el ácido (si es considerada ácido - base), **c)** si es o no espontánea, **d)** si es exotérmica o endotérmica.
2.3.- Una mezcla de pentadecano y pentano se calienta. **Argumente científicamente** cuál de los dos líquidos volatilizará primero.

Pregunta 3. (20 P) Un efluente industrial contiene disueltas las siguientes sustancias: tricloruro de aluminio, dicloruro de calcio y monocloruro de potasio. El análisis cuantitativo de una muestra de 0,05 L de efluente arrojó los siguientes resultados:
[Al³⁺(ac)]= 2M, [Ca²⁺(ac)]= 0,5 M y [K⁺(ac)]= 0,1M.:
3.1.-Calcule la cantidad de anión cloruro presente en la muestra.
3.2.-Calcule el pH del efluente. **Justifique la resolución y el resultado.**
3.3.- Si electrolizara este efluente en condiciones estándar, **indique y justifique** qué sustancia obtendría en el cátodo.

Pregunta 4.- (10 P)
Se produce, en un recipiente cerrado, la descomposición térmica del sólido carbonato de plata. La constante de equilibrio K_p a 110°C vale 0,01. Suponiendo que se introduce en el recipiente una muestra de 58 g carbonato de plata sólido y se calienta a 110°C. **Calcule la [CO₂(g)]** cuando se alcanza el equilibrio.

Pregunta 5.- (20 P). Se arma una pila Ag⁺(ac)/Ag(s) y Al³⁺(ac)/Al(s), ambos electrodos en condiciones estándar.

5.1. Justifique cuál par redox conforma el cátodo y cuál el ánodo.
5.2. La masa del conductor metálico que conforma el cátodo ¿aumenta, disminuye o permanece constante a medida que la celda evoluciona? **Justifique.**
5.3. La concentración del Catión del anolito ¿aumenta, disminuye o permanece constante a medida que la celda evoluciona? **Justifique.**
5.4.- Justifique por qué habría de agotarse la pila.

Para analizar las respuestas obtenidas del instrumento, tuvimos en cuenta dos aspectos:

A) La resolución matemática del problema, atendiendo tanto a los procedimientos matemáticos de validez química como a la representación simbólica de especies químicas y fenómenos; la aplicación de los conceptos de molaridad, cantidad de sustancia, pH, y al empleo de tablas (periódica, constantes ácido-base y potenciales de reducción).

B) La expresión de las justificaciones basadas en los textos justificativos de referencia [4].

Consideramos que:

- El resultado correcto con los procedimientos matemáticos de validez química es un indicador de que el estudiante sabe resolver matemáticamente un problema numérico aplicando los contenidos, es decir posee capacidad específica en matemática y química.
- La justificación correctamente explicitada de la elección de los datos y de los procedimientos matemáticos empleados para llegar al resultado; la organización secuencial de la resolución, y la expresión correcta de la respuesta coherente, son indicadores de que el estudiante comprende y sabe aplicar los contenidos a un caso determinado en un contexto más complejo, es decir posee capacidad específica y genérica.

3.3.- Para cumplir con el tercer objetivo, partimos de nuestra concepción del término “resolución de problemas en química”. La consideramos una actividad que consiste en:

A) Lectura y traducción del enunciado, que requiere que el estudiante extraiga conceptos (datos) de la descripción textual mediante su conocimiento lingüístico y semántico y de un adecuado encaje de dicho enunciado en su base de conocimientos. Por ello es muy importante que el estudiante logre conceptualizar los términos con los cuales se construyen los enunciados de los problemas en química, y es muy relevante que buena parte de la conceptualización se lleve a cabo en el laboratorio. Cuando el estudiante logra una representación esquemática del problema y la misma se ha transformado en un modelo mental adecuado, entendemos que el estudiante podría solucionarlo correctamente.

B) Tratamiento matemático de validez química y la justificación de resultados y procedimientos. Es primordial enseñar las diferencias, ya que no todas las expresiones matemáticas son idóneas para traducir algunos de los conceptos químicos al lenguaje matemático y justificar un procedimiento matemático es diferente a justificar un resultado, pues la justificación en química requiere no solo de expresiones algebraicas sino además expresar para qué se necesitan resolver ciertos procedimientos matemáticos.

C) Por último, la solución o respuesta implica un análisis de la coherencia y pertinencia de la misma con la situación problemática planteada.

Para suplir la debilidad de no poseer cursos anteriores de Química, la cátedra de Química provee un libro de texto [5], en donde los problemas tipo se encuentran desarrollados en el cuerpo del mismo. Además, para el desarrollo del curso, en la plataforma de la Facultad [6], se encuentran resueltos y justificados los problemas integrados para el aprendizaje de estrategias de resolución justificadas que permitan alcanzar una solución correcta. Con este material de cátedra, junto a las consultas y talleres de apoyo que brindan los docentes, las actividades de formación práctica apuntan a la resolución de problemas diferentes a los publicados y de complejidad creciente según avanza el desarrollo del curso. En el aula, los problemas cerrados o abiertos se resuelven en grupos pequeños. El docente actúa de consultor y coordina la discusión final. En el laboratorio, si bien la mayoría de las actividades son dirigidas mediante una guía, no se desestima la posibilidad de abordar algún problema a resolver utilizando cierta técnica (previamente enseñada) como por ejemplo la determinación del porcentaje de pureza de una cal, o la justificación del pH de un efluente, que son problemas apropiados para el desarrollo de procedimientos y actitudes hacia la ciencia y sus

métodos de trabajo, los cuales son evaluados a través de los informes y de la comunicación que surge como consecuencia de la interacción dialógica entre estudiantes y docentes a lo largo del desarrollo del trabajo práctico. Todos los informes requieren de la expresión de justificaciones de resultados experimentales. Para finalizar, en las evaluaciones se presentan problemas que involucran a la mayoría de los contenidos y cuyas respuestas deben estar argumentadas o justificadas.

Si bien no podemos conocer los procesos que tienen lugar en la mente de los estudiantes cuando resuelven los problemas, podemos aproximarnos cuando, luego de la enseñanza explícita de los significados de los términos que se utilizan en los enunciados y de todos los conceptos, procedimientos y habilidades propias de la química, evaluamos las respuestas que producen los estudiantes cuando se les solicita que justifiquen o argumenten toda la resolución.

4.- Resultados y Discusión

Al inicio del primer cuatrimestre

Respuestas al I1

Ítem a) El 10% de los estudiantes justificó completa y correctamente, explicitando el concepto de rendimiento. El 20% respondió mal, no justificó o la justificación no fue coherente con la respuesta. El 70% no contestó.

Ítem b) Ningún estudiante expresó completa y correctamente las razones de por qué pueden obtenerse dos valores diferentes de volumen según si el ácido es o no el reactivo limitante. Hubo un 20% de estudiantes que respondieron mal, no justificaron o la justificación no fue coherente con la respuesta. El 80% no respondió el ítem.

Al finalizar el primer cuatrimestre

Respuestas al I2

Solo el 33 % de los estudiantes respondió bien todos los ítems de la pregunta 3. Los estudiantes que respondieron bien a los tres ítems, no solo informaron el resultado correcto, sino que justificaron por qué utilizaron los datos y los procedimientos para arribar a dicho resultado. En la tabla 1 se muestran los resultados por ítems.

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que respondieron satisfactoriamente

Ítem	Respondieron satisfactoriamente (%)
3.1	67
3.2	71
3.3	43

En general, los estudiantes que respondieron mal presentaron debilidad para planificar una secuencia de resolución, lo que conlleva a no reparar en errores de resultados intermedios. Llegaron a un resultado incoherente y no lo registraron. Comunicaron los resultados con unidades y expresiones incorrectas. Sus justificaciones apelaron a datos tabulados, sin expresar por qué los utilizan.

En el primer ítem, la debilidad encontrada corresponde a que informaron concentración y no cantidad de sustancia, presentaron inadecuadas representaciones simbólicas de las sustancias y sus disociaciones en agua.

En el segundo ítem, si bien la mayoría llegó al resultado, el 29 % de los estudiantes no respondió satisfactoriamente, la mayoría llegó al resultado correcto pero no justificó. En cambio el 71 % pudo justificar datos elegidos, teoría subyacente para arribar a una expresión matemática y elección de un resultado matemático entre los que surgen de la resolución de dicha expresión matemática. Luego informó el resultado correctamente y coherente con la teoría elegida.

En el tercer ítem, muchos estudiantes realizaron correctamente la elección de la respuesta, sin embargo no expresaron el por qué. Solo informaron potenciales estándar de pares redox, optando por el más alto. Solo el 43 % justificó químicamente la respuesta.

Estos resultados muestran una mejora notable respecto de las primeras semanas de cursado inclusive una mejora respecto a años anteriores.

5.- Conclusiones

Debemos tener en cuenta que la evaluación tiene otras preguntas, en las cuales también deben argumentar y justificar. Muchas veces el tiempo acotado no les es suficiente para brindar la misma dedicación a cada pregunta. En estas carreras, la mayoría de las evaluaciones consisten en resolución de problemas mediante algoritmos y la justificación está dada por ciertas expresiones algebraicas. Justificar en química es una habilidad que está sumamente debilitada en nuestros estudiantes ya que, por primera vez, se enfrentan al desafío de escribir textos justificativos y argumentativos para demostrar que han hecho aprendizaje significativo y que están en condiciones de acreditar la asignatura.

Consideramos que debemos trabajar más con la lectura y la escritura de textos justificativos y argumentativos que respondan a la solución de cuestiones inherentes a los problemas ingenieriles.

A pesar de las debilidades consideramos que nuestro diseño curricular a través de la enseñanza de competencias específicas contribuye al desarrollo de competencias genéricas.

6.- Referencias

- [1] Plan de estudios FCEIA. web.fceia.unr.edu.ar/es/grado/html.
- [2] CONFEDI. (2014) *Competencias en Ingeniería*. Declaración de Valparaíso” sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano. Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Competencias Requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina a) p. 38; b) p. 17; c) p. 40; d) p. 35; c) p. 22; d) p. 29.
- [3] Proyecto ING 497, La resolución de problemas de Química en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR. Competencias genéricas y específicas. Res. C.S. 153/2015.
- [4] Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: University Press, 247p.
- [5] Pliego, O.H., Rodríguez, C.S.,(2012) *Introducción a la Química General para Ingeniería y Ciencias Exactas* Ed. Magenta Rosario.
- [6] http://c-virtual.fceia.unr.edu.ar/entrada_c-virtual/

ENSEÑANZA DE LAS FUNCIONES RECURSIVAS

Mario Enrique Quintana

Universidad de la Cuenca del Plata, Sede Formosa. quintanamario_for@ucp.edu.ar

Florencio Isidro Monzón

Universidad de la Cuenca del Plata, Sede Formosa. cpisi22@hotmail.com

Resumen

El concepto de recursividad es un puente natural entre Matemática y Ciencias de la Computación, y por esto se acreditó el Proyecto “*Enseñanza de las funciones recursivas como eje en las ciencias de la computación*” (FCyT-UCP).

Para verificar el nivel cognitivo de los alumnos de LSI se diseñó un test diagnóstico temático, planteando ejercicios y problemas a resolver mediante la recursión, y así demostrar el nivel de comprensión de dichos alumnos. Los resultados del test, se analizaron cuantitativa y cualitativamente, y posteriormente se propuso abordar nuevamente la recursividad desde distintas estrategias de enseñanza, desarrollando dos seminarios-talleres centrados en mostrar la recursividad como epicentro en matemática y disciplinas afines, pero comprendiendo que la recursividad debe utilizarse al ser necesaria; y también como método frecuente para simplificar o dividir un problema en sub-problemas (Dialecting). Al finalizar ambos seminarios-talleres se diseñó y aplicó, un test evaluativo para alumnos de LSI, y poder detectar avances y dificultades. Se identificaron avances significativos en procedimientos recursivos resolutivos en distintas situaciones, destacando aportes reforzados por la creatividad y la originalidad.

Palabras clave: Recursividad, Inducción completa, enseñanza-aprendizaje, ciencias de la computación.

1. Introducción

En este trabajo se advierte la importancia de la enseñanza de la recursividad en Ciencias de la Computación, consecuentemente tiene cabida en la carrera de la Licenciatura en Sistemas de Información de la Universidad de la Cuenca del Plata.

En general, en la actualidad, se advierte una disgregación de importancia, por cuanto el tema en cuestión no tiene la ponderación suficiente que debe tener en algunos programas de estudio más allá que en el diseño de las carreras en Ciencias de la Computación está incluido en los contenidos mínimos. Específicamente, en la asignatura Álgebra y Lógica Computacional, central en la formación básica del profesional, la Recursividad no se desarrolla como un concepto central, y en la asignatura Matemática Discreta el tratamiento de la Recursividad es mínimo su tratamiento por la temática propia de la disciplina, en tanto que en Análisis Matemático, la competencia y propiedad es prácticamente poco relevante. Consecuentemente, un contenido de importancia de la Licenciatura en Sistemas de Información no se aborda en las disciplinas centrales del plan de estudios desde el enfoque matemático, específicamente.

Considerando que la recursividad es una técnica de programación utilizada frecuentemente, mediante la cual un módulo puede invocarse a sí mismo, resulta un concepto muy significativo por cuanto algunos algoritmos recursivos son mucho más compactos y elegantes que los algoritmos no recursivos equivalentes.

La compacidad permite dar consistencia y solidez a los algoritmos utilizados por un alumno como programador, brindándole elegancia, fluidez y organización al razonamiento propio de la programación. En este caso, el alumno asume un rol protagónico en la construcción de estas características, propias de la recursividad, con el objetivo de evitar la imposición misma.

Fue realmente importante que el alumno comprenda que el dominio de las técnicas básicas de programación implica, de alguna forma, el uso de la recursividad.

Las actividades que se llevan a cabo en esta investigación están dirigidas a que el alumno de la carrera de la Licenciatura en Sistemas de Información desarrolle las habilidades recursivas con el objeto de aplicarlas en las asignaturas de la carrera: Álgebra y Lógica Computacional, Matemática Discreta, Teoría de la Computación, Base de Datos I y Programación I; y análogamente sea posible aplicar los conceptos fundamentales de recursividad y los procedimientos recursivos, en la enseñanza de ciencias de la computación, con el propósito de enriquecer su formación, mejorando su perspectiva e integración.

2. Marco Teórico

Existen numerosos antecedentes y experiencias sobre el tratamiento de la Recursividad y su enseñanza en Ciencias de la Computación, que permiten argumentar que la imbricada fusión de estos temas permite mejorar la interdisciplinariedad entre las Ciencias Matemáticas y las Ciencias de la Computación, en pro de enriquecer la enseñanza y mejorar la comprensión de la recursividad.

La autora Guevara Mora [1] utiliza la técnica didáctica ABP, en la cual plantea conclusiones sobre los resultados obtenidos al aplicar la técnica en la enseñanza de la recursividad, detallando además una guía de desarrollo del tema aplicando la técnica y una guía de evaluación. En este sentido, también Rueda y Castro [2] presentan cómo se introduce el concepto de Recursividad en la cátedra de Informática del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional del Sur, expresando que en las asignaturas iniciales de programación, la recursividad resulta ser uno de los temas de mayor complejidad; esta complejidad no reside en el uso de la computadora, ni tampoco en el hecho de las facilidades provistas por los lenguajes de programación para soportar procedimientos recursivos que resulten difíciles de entender sino que la dificultad consiste en "plantear" soluciones recursivas. Indican, además, que la recursividad resulta una forma diferente de pensar y razonar en ciertos problemas. Desde este punto de vista, justamente, se plantea la presentación del tema en esta propuesta.

Chesñear, Maguitman y González [3] en su trabajo "Tecnología informática en un curso de lenguajes formales y teoría de autómatas: un enfoque constructivista", al aplicarla teoría de lenguajes recursivos, que inicialmente no parecía despertar un adecuado interés en el alumnado, llegan a despertar un significativo interés como así también obtener generadores de discusiones e intercambios de ideas, en la Universidad Nacional del Sur. En la misma universidad, Chesñear [4] propone algunas consideraciones y ejercicios motivadores para la enseñanza de la recursión, concluyendo en su trabajo que "La recursión es uno de los temas que mayor fascinación ejerce sobre los estudiantes que adquieren sus primeras vivencias en programación a nivel universitario" y, a la vez, evidencia a la recursión como herramienta de la programación"...Son afirmaciones concluyentes para nuestra propuesta.

Di Mare [5], investigador costarricense en la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica, presenta tres ejemplos sencillos de programas que ayudan, al alumno programador, a entender rápidamente cuál es el significado de la recursividad y cómo funciona, tal que cada enfoque reviste mayor complejidad que el anterior. El primero consiste en una aplicación muy simple de recursividad para crear un comando para el sistema operativo DOS/pc; el segundo corresponde al cálculo del factorial escrito en Pascal, y el último es el clásico recorrido PID (Proceso-Izquierda-Derecha) para árboles. Cada ejemplo ilustra un componente diferente del concepto de recursión.

En la búsqueda de estrategias que aporten a la mejor comprensión de la temática Rubio Sánchez [6], docente del Departamento de Lenguajes y Sistemas informáticos de la Universidad del Rey Juan Carlos, propuso la Enseñanza de la Recursividad mediante Problemas Combinatorios Equivalentes. En esta experiencia, presentó a la recursividad como concepto básico de programación, que juega un papel importante en la adquisición de competencias asociativas a la abstracción funcional y descomposición de problemas a través del concepto de inducción. Se aportan varias clases de problemas combinatorios, que comparten la misma solución analítica, con el propósito de enseñar.

Otra experiencia en esta dirección es el uso de los Mínimos Cuadrados Recursivos, correspondiente al trabajo realizado por Arrufat [7] en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de la Plata, en el cual presenta un análisis comparativo de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y los mínimos cuadrados recursivos (MCR), prestando particular atención a las propiedades de los residuos obtenido por ambos métodos, concluyendo que el método MCR constituye una técnica valiosa para realizar docimasia de hipótesis en el contexto del modelo lineal general con represores fijos en muestras repetidas. Se destaca la gran simplificación conceptual que puede lograrse siguiendo este enfoque.

Lacave, Molina y Giralt [8], docentes-investigadores de la Universidad de Castilla en la experiencia “Identificando algunas causas del fracaso en el aprendizaje de la recursividad: Análisis experimental en las asignaturas de programación” demuestran que la recursividad es una herramienta muy poderosa para resolver problemas complejos, sin embargo se trata de uno de los conceptos más difíciles de entender para los alumnos cuando están aprendiendo a programar. Los autores describen una experiencia desarrollada en las asignaturas de Fundamentos de Programación I y Metodología de la Programación en la Escuela Superior de Informática en Ciudad Real, cuyo objetivo era identificar las necesidades del alumnado al enfrentarse a la asimilación del concepto de recursividad.

En forma análoga se realizó una investigación mediante exploración bibliográfica referida a la temática a fin de afianzar el marco teórico. A tal efecto, fueron analizados los textos de Kenneth Bogart [9] en versión española y una edición posterior, en lengua inglesa de Bogart [10].

3. Hipótesis

Se aborda la recursividad desde el concepto mismo de la recursión como una de las ideas centrales de las ciencias de la computación. Resolver un problema mediante recursión significa que la solución depende de las soluciones de pequeñas instancias del mismo problema.

Como hipótesis se plantea que el aprendizaje de la recursividad, desde la concepción matemática, partiendo de estrategias visuales, algebraicas y analíticas posibilitan la mejor

comprensión y el uso de las funciones recursivas, de parte de los alumnos, ampliando su conocimiento hacia las ciencias de la computación.

4. Metodología

4.1. Análisis y Comparación

En primera instancia, se procedió a analizar la “bibliografía de cabecera”, particularmente las dos ediciones de K. Bogart [3, 4], concluyendo que la temática tratada en ambos textos es similar ya que, se abordan temas fuertemente relacionados con la recursividad en las ciencias de la computación, como así también, en matemática discreta.

En el libro escrito en inglés se observa una evolución progresiva del contenido, pues se presenta una organización más adecuada de los conceptos. Cada uno de los temas se interrelacionan para converger al concepto principal o idea central que esa sección del capítulo quiere transmitir, permitiendo que el lector vaya vinculando los conceptos más simples hasta llegar a los conceptos más complejos, hecho que posibilita una mejor comprensión del contenido.

Además, cada uno de los teoremas desarrollados a lo largo de la explicación brinda ejemplos precisos para la comprensión del mismo y, a su vez, se detallan las definiciones relacionadas con los teoremas expuestos.

Al finalizar cada sección del capítulo se presenta un breve resumen de todos los conceptos desarrollados, los cuales son muy útiles para recordar las ideas planteadas anteriormente e iniciar la nueva unidad con mayor afianzamiento.

Particularmente, el Capítulo 5 del libro traducido al español presenta algunas secciones parecidas al capítulo correspondiente del libro escrito en inglés pero, otras son distintas o están en diferente orden. Al realizar una lectura, la fluidez en la comprensión de los conceptos vertidos en el libro escrito en español no es la misma que presenta el libro escrito en inglés pues la disposición de los mismos es diferente, debido a no tener una evolución progresiva, es decir no se sigue una secuencia práctica para la comprensión eficaz de parte del lector.

Tanto en el Capítulo 5 como en el Capítulo 4, se presentan ejemplos para cada una de las definiciones, conceptos o teoremas explicados, permitiendo una mejor captación de lo expuesto.

En la sección resumen de cada unidad del Capítulo 5, se presenta una actividad de repaso de conceptos que ayuda a recordar lo leído pero, difiere del resumen presente en el libro escrito en inglés pues en este caso se requiere que el lector vaya completando las ideas principales expresadas en el desarrollo de la explicación.

Como se ha mencionado previamente, una de las principales diferencias entre ambos capítulos es la organización de los temas tratados en los mismos. El Capítulo 4 del libro escrito en inglés se titula: “Induction, Recursion, Recurrences”¹, brindando una idea más completa de los temas relacionados con la Recursividad. En cambio, el Capítulo 5 del libro escrito en español se titula: “El principio de inducción matemática”, concepto que complementa a la Recursividad pero, no expresa una idea que abarque más temas relacionados a la misma.

¹“Inducción, Recursión, Recurrencia”

Existen similitudes significativas halladas en los capítulos mencionados de ambas ediciones, a saber:

Capítulo 5: “El principio de inducción matemática”. Inducción matemática y fórmulas de sumas. **Ejemplo:** “...Observe cómo la demostración consta de tres pasos. El paso básico es el paso que comprueba que si (1) es verdadera. En el paso de inducción se verifica que $s(k-1)$ implica $s(k)$ al empezar con la hipótesis de inducción de que $s(k-1)$ es verdadera y deducir la verdad de $s(k)$. El paso final es la conclusión por inducción que, por el principio de inducción matemática, se puede concluir que $s(n)$ es verdadera para todos los enteros positivos n . La conclusión por inducción es el paso final de una demostración por inducción...”.

Chapter 4: “Induction, Recursion, and Recurrences”. The Principle of Mathematical Induction. The Weak Principle of Mathematical Induction.

“...In the proof we just gave, the sentence “First, $2^{2+1} = 2^3 = 8$, while $2^2 + 3 = 7$ ” is called the *base case*. It consisted of proving that $p(b)$ is true, where in this case b is 2 and $p(n)$ is $2^{n+1} > n^2 + 3$. The sentence “Suppose now that $n > 2$ and that $2^n > (n-1)^2 + 3$.” is called the *inductive hypothesis*. This is the assumption that $p(n-1)$ is true. In inductive proofs, we always make such a hypothesis in order to prove the implication $p(n-1) \Rightarrow p(n)$. The proof of the implication is called the *inductive step* of the proof. The final sentence of the proof is called the *inductive conclusion*”.²

Debido a la alteración en el orden de las secciones, muchos de los conceptos obrantes en el Capítulo 4, no están en el Capítulo 5 o no están explicados de la misma forma. Algunos de los conceptos que no constan en el Capítulo 5 son: Iterating a recurrence³, recursiontrees⁴, the Master Theorem⁵, entre otros.

4.2. Conclusiones sobre el análisis de los textos

El trabajo realizado a partir de la comparación de los Capítulos 4 y 5 del libro de Kenneth Bogart “Matemáticas Discretas” evidencia que a pesar de pertenecer al mismo autor y al mismo libro se encontraron diferencias significativas en el orden de los conceptos, la disposición del contenido y explicación de los temas.

Además, podemos concluir que las similitudes halladas en ambos capítulos fueron escasas, hecho que se puede deber a la pérdida de información en la traducción del contenido, la manipulación de la temática por parte de la editorial, entre otros.

Para concluir es posible afirmar que ambos textos expresan sus definiciones de forma clara, brindando diferentes ejemplos y ejercicios para su mejor entendimiento pero, al ir de conceptos

²“...en la solución que dimos, la oración “Primero, $2^{2+1} = 2^3 = 8$, mientras $2^2 + 3 = 7$ ” se llama *caso base*. Consiste en probar que $p(b)$ es verdadera, en este caso b es 2 y $p(n)$ es $2^{n+1} > n^2 + 3$. La oración “Supone ahora que $n > 2$ y que $2^n > (n-1)^2 + 3$ ” se llama *hipótesis inductiva*. Esta es la suposición que $p(n-1)$ es verdad. En pruebas inductivas, siempre se realiza una hipótesis para probar la implicación $p(n-1) \Rightarrow p(n)$. La solución de la implicación es llamada *paso inductivo* de la solución/prueba. La oración final de la solución es llamada *conclusión inductiva*.”

³Iteración de una recurrencia.

⁴Árboles recursivos.

⁵El Teorema Maestro/El Teorema Principal.

básicos a conceptos más complejos, el capítulo del libro escrito en inglés permite ir desarrollando un aprendizaje gradual sobre la recursividad.

4.3. Nuestro desarrollo

Al comienzo del trabajo de campo, se procedió a elaborar un diagnóstico escrito sobre los conocimientos previos de los alumnos, permitiendo conocer concretamente la situación actual sobre la temática en el grupo, de modo que a partir de los conocimientos previos se pudiese avanzar en el proyecto. En esta instancia se diseñó y se produjo un instrumento de diagnóstico escrito, consistente en la resolución de situaciones problemáticas y de aplicación utilizando procedimientos recursivos o iterados.

Este diagnóstico escrito, además de ahondar sobre los conocimientos previos en el marco de una función evaluativa, también nos permitió evaluar concretamente la situación actual del alumno sobre la temática. A esta actividad la consideramos de vital importancia para avanzar en el proyecto.

Posteriormente, se realizó una encuesta a los alumnos, y a los docentes a cargo de las cátedras mencionadas anteriormente: en el caso de los alumnos se les entregó un cuestionario referido al conocimiento del tema y su utilización, en tanto que a los docentes se les dio un cuestionario sobre la enseñanza y las estrategias implementadas para desarrollar la temática.

En un tercer momento se realizó una encuesta a los docentes dictantes de asignaturas afines a la temática que de alguna forma abordan el concepto de recursividad en su proyecto curricular, en términos de la importancia de su enseñanza.

La organización y la presentación de los resultados provenientes de la instancia anterior se efectuarán mediante Estadística Descriptiva, de modo de facilitar la elaboración de conclusiones sobre la temática y su enseñanza.

Finalmente, como parte del Diseño de la Investigación se planteó la exploración de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje de la recursividad. La investigación y exploración de algunas estrategias ya implementadas permitirá no sólo conocer las ventajas y desventajas de la recursividad sino también su importancia en las ciencias de la computación, en general.

4.4. Resultados obtenidos

Los alumnos, en aras de resolver los ejercicios que se les presentaron, demostraron haber utilizado el método recursivo de alguna manera, confirmando dicho conocimiento durante la primera entrevista. En la resolución de los ejercicios dados se comprobó el conocimiento sobre la temática. Se pudo observar que los alumnos comprenden que los conceptos de iteración y recursividad no son sinónimos. En los procedimientos de resolución que aplicaron los alumnos demostraron no conocer lo que denominamos “algoritmos iterativos”, pero aplican tales conceptos para resolver tanto ejercicios como problemas.

En los procedimientos para resolución de problemas no todos los alumnos plantearon correctamente estrategias recursivas, excepto los alumnos de los cursos superiores.

En el mismo diagnóstico, los alumnos afirman tener un conocimiento adecuado sobre los algoritmos recursivos, destacando que la mayor parte de quienes fueron consultados afirman que llegan a comprender mejor la temática al cursar la asignatura de programación.

Por otra parte, los docentes opinan que la recursividad es válida en cualquier disciplina pues los procesos recursivos se observan en la naturaleza y en la ciencia misma, y además aseguran la importancia de la temática debido al impacto en el estudio de los paradigmas de la programación, y consideran lo imprescindible del tema como base y conocimiento previo para las asignaturas de mayor peso en la carrera como así también expresan la gran utilidad e importancia de la recursividad en la estructuración del plan de estudios y en la articulación de las asignaturas de la carrera.

5. Diseño e implementación de estrategias educativas

Ante el análisis y los resultados obtenidos fue necesario el diseño y la implementación de propuestas de enseñanza basadas en la recursividad incorporando estrategias de enseñanza basadas en situaciones en las cuales se utiliza la recursividad. Al efecto, fueron propuestos dos seminarios-talleres con el objeto de abordar y enmendar las dificultades y errores conceptuales detectados.

En el **Primer Seminario-Taller**, desarrollado el día 25/09/15, el objetivo fue promover en los alumnos la visualización, la concepción abstracta y la práctica de la recursividad, en tanto y en cuanto impliquen procedimientos para resolución de situaciones contextuales relacionadas al perfil de la carrera. Durante el desarrollo del seminario-taller se reforzaron los conceptos recursivos detectados como insuficientes en la recopilación de encuestas; y también se abordaron los algoritmos y procedimientos recursivos para fortalecer el trabajo de los alumnos con el propósito de aplicarlos en las distintas asignaturas de la carrera.

Las actividades se iniciaron con problemas y ejercicios relacionados con inducción completa, a fin que el alumno logre comprender que una determinada afirmación es verdadera para algunos casos particulares, y luego comprobara en forma lógica que tal afirmación sigue siendo verdadera para los casos generales. Como actividad principal, para introducir al algoritmo propio de la recursión, se trabajó sobre la base de las Torres de Hanoi.

Algunos de los problemas propuestos lograron ser resueltos mediante la búsqueda de otros problemas isomórficos para los cuales se conoce su solución. Tanto el seguimiento de los procedimientos como las soluciones recursivas no fueron difíciles. Además, en esta etapa se consideraron los problemas más sencillos y más prácticos; demostrando a los alumnos paso a paso su desarrollo, y enfatizando en aquellas cuestiones en las que se detectaban dificultades para su comprensión. La complejidad de las situaciones presentadas fue en forma creciente.

Es importante aclarar la importancia y la motivación lograda con el juego de las Torres de Hanoi (Figura 1), pues a los alumnos les resultó factible la manipulación del material didáctico y el desarrollo de las consignas, pero no así esbozar cada uno de los planteos y procedimientos recursivos.



Figura 1: Utilización de la Torre de Hanoi
Fuente: Imagen fotográfica propia

En el **Segundo Seminario-Taller**, desarrollado el día 23/10/15, se continuó a partir de los logros conseguidos en el **Primer Seminario-Taller**, llevando a la práctica los conceptos brindados en este último, afianzando de tal forma los conceptos recursivos. Luego, se trabajó en resolución de situaciones contextuales, utilizando como eje la recursividad en la dirección de problemas relacionados con el perfil de la carrera y su importancia en otras asignaturas. La metodología implementada se basó en el uso de la lógica inductiva profundizando los conceptos, la definición de situaciones reales para resolver problemas utilizando recursividad y el trabajo cooperativo en el aprendizaje.

Al finalizar el segundo seminario se implementó un **Test Evaluativo** con el objeto de valorar cuantitativa y cualitativamente los procesos y procedimientos utilizados para resolver problemas en situaciones referidas a la temática central, la recursividad. El objetivo primordial de este instrumento evaluativo fue evaluar el avance en la investigación y las metas propuestas, y además, medir y comparar de alguna forma –cuantitativa o cualitativamente- el estado inicial de los conocimientos referidos a la temática como así también los avances alcanzados al implementar las actividades realizadas.

Cabe destacar que en esta experiencia la selección de los ejercicios demandó un esfuerzo considerable, pues el diseño se efectuó con el propósito de obtener una secuencia de problemas ilustrativos, atractivos y de complejidad creciente, de forma tal que los alumnos no solo sean capaces de entender la solución ya formulada, sino de resolver problemas de complejidad análoga por sí mismos.

6. Análisis y Conclusiones

Es oportuno remarcar la concentración, la capacidad, la predisposición y el esmero de los alumnos durante estas actividades, actitudes dignas de consideración para trabajar en esta temática.

Se observaron resoluciones y aplicación de procedimientos recursivos en forma creativa para lograr los resultados, sobre todo en aquellos ejercicios de mayor complejidad. En muchos casos sorprendió la originalidad en la aplicación de esos procedimientos, indicios que permitieron demostrar una mayor comprensión de la temática, eje de la propuesta. De la misma manera,

existe un avance considerable en la maduración y en la incorporación de los conceptos abordados en las actividades.

Es importante destacar que la temática centrada en la Recursividad no queda agotado en estas experiencias, pues abordar la Recursividad como epicentro y “puente natural entre la Matemática y las Ciencias de la Computación” en la carrera, comprende dimensiones más complejas, como la enseñanza y el aprendizaje.

7. Referencias

- [1] GUEVARA MORA, G. (2010). Revista Intersede-Universidad de Costa Rica, Vol. XI N° 20.
- [2] RUEDA, S. (2013). Recursividad Esencial en la Resolución de Problemas. II Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Univerisidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
- [3] CHESÑÉVAR, A. G., MAGUITMAN, M. P., & GONZÁLEZ, M. L. (2003). Tecnología Informática en un curso de lenguajes formales y teorías de autómatas: un enfoque constructivista. Tecnología Informática en un curso de lenguajes formales y teorías de autómatas: un enfoque constructivista. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca
- [4] CHESÑÉVAR, C. I. (1994). Algunas consideraciones y ejercicios motivadores para la enseñanza de la recursión. II Ateneo de profesores universitarios de computación (Pp. 43-54). Universidad Nacional del Sur-Departamento Matemática. Bahía Blanca.
- [5] DI MARE, A. (1996). Tres formas diferentes de explicar la recursividad. Revista Ingeniería, Pp. 31-44.
- [6] RUBIO SANCHEZ, M. (2011). Enseñanza de la recursividad mediante problemas combinatorios. III Seminario de Investigación en tecnologías de la Información aplicadas a la Educación (Pp. 41-54). Biblioteca de Educación del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid.
- [7] ARRUFAT, J. L. (1990). Mínimos Cuadrados Recursivos. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de la Plata. La Plata.
- [8] LACAVE, C., MILINA, I. A. & GIRALT, J. (2013). Identificando algunas causas del fracaso en el aprendizaje de la recursividad. Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (Pp.225-232). Ciudad Real: Universitat JaumeI. Escola superior de tecnologia i Ciencies Experimentals.
- [9] BOGART, K. (1996). Matemática Discreta. Limusa S. A., México.
- [10] BOGART, K. P. (2004). “Discrete Math for Computer Science Students”. Scott Drysdale, and Cliff Stein.

Prácticas tendientes a mejorar los rendimientos en química

María Alejandra Aparicio, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,
maraapa@unsa.edu.ar

Norma Beatriz Moraga, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta e Instituto de
Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), CONICET-UNSa,
normoraga@gmail.com.ar

Resumen— Los alumnos de Química General, asignatura correspondiente al segundo cuatrimestre del primer año de las carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, presentan dificultades en la interpretación y resolución de ejercicios, principalmente en nomenclatura de compuestos químicos, formulación y estequiometría, temas que si bien se dictan al inicio, son ejes de la asignatura. Estas falencias, dificultan los procesos de enseñanza – aprendizaje de temas posteriores y redundan en bajos porcentajes de aprobación del primera evaluación parcial de la asignatura (en promedio, el 40% de los alumnos queda libre luego del primer parcial), donde dichos tópicos representan directa e indirectamente un 50% del temario evaluado.

Para subsanar el desgranamiento y la deserción que esta situación genera en la primera etapa de cursado, se incorporó una instancia más de evaluación, de manera de evaluar menor cantidad de temas en cada instancia y que así los estudiantes puedan asimilar mejor los contenidos.

En este trabajo se comparan los rendimientos de los alumnos en Química General entre el primer y el segundo cuatrimestre de 2015, luego de haber incorporado tres parciales en lugar de dos y se también se analiza la relación entre las estrategias de enseñanza y aprendizaje empleadas.

Se obtuvieron buenos resultados ya que los alumnos tuvieron mayor solidez en nomenclatura y formación de compuestos a lo largo del 2° cuatrimestre.

Palabras clave— *química, evaluación, rendimiento*

1. Introducción

1.1. Contexto Institucional

La última modificación de los Planes de Estudios de las carreras de Ingeniería fue realizada considerando las recomendaciones del documento elaborado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de unificación curricular en la enseñanza de las ingenierías en la República Argentina [1]. También se consideraron la Res. N° 1232/01 del Ministerio de Educación, que establece la carga horaria mínima y los contenidos curriculares básicos, y las observaciones vertidas por los Pares Evaluadores en los procesos de acreditación de las Carreras.

Entre las modificaciones introducidas, cabe destacar la implementación del Ciclo Común de Articulación (CCA) que implicó un cambio sustancial en las materias del primer año de las carreras de Ingeniería de las Universidades que conforman la región del NOA, un impacto en la carga horaria y también en los contenidos. Con el CCA se unificó el primer año de las carreras de Ingeniería de cinco Universidades del NOA (Jujuy, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero y Salta) tanto en contenidos como en carga horaria, ya que este convenio tuvo como objetivo general conformar un ciclo común para la familia de ingenierías y como objetivos específicos:

- Conformar una red de universidades.
- Articular las carreras de la red.
- Lograr niveles académicos equivalentes entre las mismas.
- Favorecer la movilidad de estudiantes entre universidades de la red.
- Optimizar la movilización y el uso de los recursos humanos y tecnológicos.
- Postergar un año la elección definitiva de la carrera por parte de los alumnos, pudiendo optar por cualquiera de las carreras de ingeniería de la Unidad Académica o por alguna otra de la red.

De esta forma los estudiantes pueden cursar de manera equivalente el primer año completo de cualquier ingeniería en cualquiera de estas universidades sin tener que pedir pases ni equivalencias.

Los Planes de Estudios 1999, actualmente vigentes con modificaciones, para las carreras de Ingeniería que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa), presentan entre otras las siguientes características fundamentales (Res. CS N°422/98):

- Carreras de 5 años de duración.
- Carga horaria semanal promedio del alumno de 24 horas (en clases tanto teóricas como prácticas) en todos los cuatrimestres.
- Modalidad cuatrimestral de dictado de las materias.
- Doble dictado (en ambos cuatrimestres) para las materias de primer año.
- Aprobación de las materias a través del régimen promocional.

1. 2. Ubicación de la asignatura “Química General” en los planes de estudio de las carreras

La asignatura Química General pertenece al Área Básica General. Actualmente corresponde al 2° cuatrimestre del primer año de todas las carreras de Ingeniería y, como todas las materias de primer año, es de doble dictado, es decir que se dicta en el primer cuatrimestre.

Según los contenidos básicos acordados en el CCA, la correlativa anterior a Química General es “Análisis Matemático I”, siendo las correlativas posteriores variables según la carrera:

- Para Ingeniería Civil (IC): es correlativa de “Geotecnia” (1° cuatrimestre, 3° año).
- Para Ingeniería Industrial (II): es correlativa de “Química para Ingeniería Industrial”, (1° cuatrimestre, 2° año)

-Para Ingeniería Química (IQ): es correlativa de “Termodinámica I” (1° cuatrimestre, 2° año) y de “Química Inorgánica” (2° cuatrimestre, 2° año).

-Para Ingeniería Electromecánica (IE): es correlativa de “Introducción a los Circuitos Eléctricos” y “Termodinámica”, (1° y 2° cuatrimestre de 2° año respectivamente).

1. 3. Contenidos mínimos establecidos para la asignatura

En base a lo dispuesto a través del CCA, a la resolución M.E. N° 1232/01 y a los objetivos establecidos en los planes de estudio de las carreras de Ingeniería, los contenidos mínimos (básicos y fundamentales) establecidos para la asignatura Química General son: Sistemas materiales. Leyes de la química. Teoría atómica-molecular. Estructura atómica. Clasificación periódica. Enlace químico. Estados de agregación de la materia. Disoluciones. Termoquímica. Cinética y equilibrio químico. Equilibrio iónico en soluciones acuosas. Electroquímica. Electrólisis. Celdas galvánicas. Corrosión (Res. C.S. N° 556/05).

A partir de la implementación del CCA, los contenidos y programas de las carreras de Ingeniería de la Facultad fueron unificados, ya que previamente eran iguales los de Ingeniería Química e Industrial pero diferentes de Ingeniería Civil.

Las modificaciones más significativas en cuanto a los contenidos mínimos respecto de los programas vigentes para Ingeniería Química e Industrial fueron la incorporación de los temas:

- Hibridación y Geometría molecular en el Tema II, para dar una visión más acabada del enlace químico y cómo la estructura repercute en las propiedades y reacciones.

- Cinética química en el Tema VI, que antes no se dictaba porque en la Carrera de Ingeniería Química hay una materia dedicada a ello. Pero esto dejaba en desventaja a los estudiantes de Ingeniería Industrial, sobre todo para las materias posteriores referidas a los Procesos.

- Conductividad, en el Tema VIII.

En el plan de Civil en cambio, se eliminó la última unidad sobre Química Aplicada y se desdobló la unidad VI de Equilibrio Químico y Cinética (que incluía Equilibrio iónico en soluciones acuosas) en las dos unidades actuales, VI (Cinética y Equilibrio Químico) y VII (Equilibrio iónico en soluciones acuosas).

1. 4. Régimen promocional

El régimen promocional, vigente en la Facultad de Ingeniería de la UNSa a partir de la implementación del plan de estudios actual, lleva implícito una evaluación continua del proceso de aprendizaje del alumno ya que todas las asignaturas se aprueban sin examen final. Para ello el alumno debe cumplir con ciertas condiciones según la asignatura. Este régimen está organizado en dos etapas: la etapa normal de cursado (o primera etapa) y la etapa de recuperación (o segunda etapa).

Durante la etapa normal de cursado se imparten los contenidos de la materia según el programa, mientras que la segunda etapa es un período en el cual, aquellos alumnos que no pudieron promocionar la materia en la primera instancia, pueden prepararse para alcanzar el nivel que, a criterio de la cátedra, se necesita para promocionar la asignatura [2].

De acuerdo con este régimen, la calificación final es el resultado de una serie de evaluaciones de actividades tales como exámenes parciales, evaluaciones por tema y tareas varias que se ponderan adecuadamente [3].

Específicamente, los requisitos establecidos en el Reglamento Interno de Química General son tener como mínimo un 80% de asistencia a clases prácticas y el 100% a las prácticas de laboratorio. Para calcular el puntaje final de promoción de la asignatura se consideran distintos tipos de evaluaciones: **A**: exámenes parciales; **B**: cuestionarios, informes de laboratorio; **C**: evaluaciones por tema. El puntaje final se establece por medio de la fórmula (1), donde se pondera cada aspecto de las evaluaciones:

$$\text{Puntaje final} = \text{Puntaje promedio de A} \times 0,60 + \text{Puntaje promedio de B} \times 0,15 + \text{Puntaje promedio de C} \times 0,2 \quad (1)$$

Si al finalizar el cursado de la materia el alumno obtiene más de setenta (70) puntos, promociona la asignatura en primera etapa (P1). Si en cambio, obtiene un puntaje entre cuarenta (40) y sesenta y nueve (69) puntos, pasa a la etapa de recuperación o segunda etapa (P2).

Para la nota de promoción en la primera etapa, el puntaje final se relaciona con una escala de 1-10 (Tabla 1).

Tabla 1. Nota de promoción en primera etapa

Puntaje final	91-100	81-90	75-80	70-74
Nota	10(diez)	9(nueve)	8(ocho)	7(siete)

Los alumnos que pasan a la segunda etapa, son evaluados mediante una evaluación global (que incluye todos los temas del programa). Esta evaluación se realiza luego del receso de mitad o fin de año. En esta etapa los alumnos deberán obtener como mínimo sesenta (60) puntos. Aquellos alumnos que no obtengan este puntaje quedarán en condición de Libres (L). El puntaje final se obtiene promediando los puntajes de ambas etapas, según la fórmula (2):

$$\text{Puntaje final} = (\text{Puntaje primera etapa} + \text{Puntaje segunda etapa})/2 \quad (2)$$

y la nota final de promoción en la segunda etapa se determina utilizando la escala de la Tabla 2:

Tabla 2. Nota de promoción en segunda etapa

Puntaje final	81-85	77-80	72-76	66-71	61-65	56-60	50-55
Nota	10(diez)	9(nueve)	8(ocho)	7(siete)	6(seis)	5(cinco)	4(cuatro)

1. 5. Evaluaciones

Según este sistema de promoción, los estudiantes son continuamente evaluados con evaluaciones de distinto tipo. Por lo tanto, para que la evaluación sirva como una herramienta de mejora tanto para los docentes como para los estudiantes y sea realmente formativa, debe ser utilizada como instrumento de diagnóstico, de aprendizaje y de comprensión encaminada a la superación. El sistema de evaluación actual comprende evaluaciones pre y post-activas, evaluaciones por tema y evaluaciones parciales. La evaluación pre-activa es predictiva, inicial o diagnóstica y se convierte en el punto esencial de partida para adecuar los procesos de enseñanza a la situación real de los alumnos. La evaluación por tema, es una etapa del proceso educacional que tiene por fin comparar de modo sistemático el alcance de los objetivos planteados con antelación. Los parciales son evaluaciones sumativas cuyo objetivo es determinar si los alumnos han incorporados a su trama cognitiva los conceptos, contenidos y metodologías previstas, así como también si se han alcanzado las intenciones educativas con el nivel exigido. Cada instancia de parcial tiene su recuperación a la cual pueden asistir los alumnos que han estado ausentes, desaprobados o que deseen levantar nota para poder

alcanzar más fácilmente la de promoción final. Cabe aclarar, que en este último caso se toma como nota final la del recuperatorio.

La evaluación formativa tiene por objetivos: proporcionar información sobre el progreso del estudiante; servir de apoyo para superar las deficiencias y orientar las actividades hacia el logro de determinadas competencias o alcance de determinados objetivos; consolidar los saberes (formativa del proceso) y determinar los logros al término de una clase o unidad temática (formativa del producto) [5].

Como características más relevantes de la evaluación formativa podemos destacar que es permanente (se realiza durante todo el aprendizaje), educativa (es en sí misma una actividad de aprendizaje), dinámica (le informa rápidamente al alumno qué no aprendió o en qué debe mejorar y le indica al mismo tiempo una forma de rectificar –en el recuperatorio- si el objetivo no fue alcanzado) y selectiva (permite identificar los problemas de aprendizaje a medida que van apareciendo) [6].

Los estudiantes presentan las mayores dificultades en la interpretación y resolución de ejercicios, principalmente en nomenclatura de compuestos químicos, formulación y estequiometría [7]. Estos temas, al ser ejes de la asignatura, dificultan los procesos de enseñanza – aprendizaje de temas posteriores y redundan en altos porcentajes de desgranamiento y deserción. Por esto, y considerando los objetivos y características de la evaluación formativa tan presente en el régimen promocional, se decidió incorporar una instancia más de evaluación, es decir se realizaron tres parciales en lugar de dos, de manera de evaluar menor cantidad de temas en cada instancia para que los estudiantes puedan asimilar mejor los contenidos, pensando que de esta forma podríamos mejorar los rendimientos académicos y las notas de promoción de los alumnos de Química General.

En este trabajo se comparan los rendimientos de los alumnos en Química General entre el primer y el segundo cuatrimestre de 2015, luego de haber introducido la modificación planteada.

2. Materiales y Métodos

Durante el 1° cuatrimestre de 2015 se realizaron dos parciales, cada uno con su respectivo recuperatorio, con una semana de diferencia entre cada instancia. En cada uno de estos parciales se evaluaron cuatro temas.

El primer parcial se realizó una semana después de haber concluido el Tema IV, por lo que incluyó desde el Tema I al IV inclusive, abordando: Nomenclatura y Formación de Compuestos químicos, Nociones fundamentales, Estructura atómica, Estados de la materia y Soluciones. El segundo parcial se realizó una semana después de haber finalizado el Tema VIII, por lo que incluyó desde el Tema V al VIII inclusive del programa: Termoquímica, Cinética química y Equilibrio químico, Equilibrio iónico en soluciones acuosas y Electroquímica.

Durante el 2° cuatrimestre de 2015 se realizaron tres parciales, cada uno con su respectivo recuperatorio, con una semana de diferencia entre cada instancia. El primero de ellos se realizó una semana después de haber concluido el Tema I, por lo que incluyó aspectos de nomenclatura y formación de compuestos químicos y Nociones fundamentales. Es decir que el tema nomenclatura y formación de compuestos químicos representó en esta instancia un 50% de los temas evaluados, directa e indirectamente.

El segundo parcial se tomó una semana después de haber concluido el Tema IV e incluyó sólo 3 temas: Estructura atómica, Estados de la materia y Soluciones.

El tercer parcial se tomó una semana después de haber finalizado el Tema VIII, por lo que incluyó cuatro temas, desde el Tema V al VIII inclusive (Termoquímica, Cinética química y Equilibrio químico, Equilibrio iónico en soluciones acuosas y Electroquímica).

En todos los casos, los temas evaluados en los parciales y sus respectivos recuperatorios fueron de igual nivel de complejidad. Los parciales y sus recuperatorios fueron escritos e individuales, con una duración máxima de tres horas y en todos los casos se evaluaron tanto los conceptos teóricos como ejercicios semejantes a los que se desarrollan en los trabajos prácticos y en las prácticas de laboratorios.

Aquellos alumnos que no alcanzaron 70 puntos en el puntaje final de la primera instancia, es decir que no pudieron promocionar en la etapa normal de cursado (en cada cuatrimestre), pasaron a la segunda etapa y rindieron un examen global donde se evaluó el programa completo.

Al final de la segunda etapa de cada cuatrimestre, la situación de los alumnos quedó definida dentro de cuatro categorías: Promocionó (P), Abandonó (A), No Cursó (NC) y Libre (L). Cabe destacar que en esta etapa, en la categoría de Promocionó (P), no se distingue si fue en 1° o 2° instancia, al igual que Libre (L) ya que no se indica si fue en algún parcial, en el global o incluso por faltas. La categoría Abandonó (A) hace referencia a los alumnos que no se presentaron a rendir algún parcial estando en condiciones de hacerlo o dejaron de cursar por motivos ajenos a la asignatura, mientras que la categoría No Cursó (NC) hace referencia a alumnos que se inscribieron pero no asistieron ni siquiera a una clase.

3. Resultados y Discusión

En el 1° Cuatrimestre de 2015 de los 332 alumnos inscriptos, 190 rindieron el primer parcial, de los cuales 146 (76,8%) aprobaron con notas mayores a 40 puntos, 65 alumnos (34%) obtuvo notas entre 61 - 80 puntos y 28 alumnos (el 15 %) entre 81 - 100 puntos.

A la recuperación del 1° parcial se presentaron 64 alumnos (algunos de los desaprobados en el parcial, algunos que fueron a levantar nota y otros que no se habían presentado al parcial), de los cuales 34 (53%) quedaron libres (sacaron menos de 40 puntos), 23 (36%) tuvieron un puntaje entre 40 - 60 puntos, 7 (11%) tuvieron notas entre 61 - 80 puntos y ninguno sacó una nota mayor a 81 puntos. Al final de la recuperación del 1° parcial continuaron cursando 156 alumnos.

Antes del segundo parcial abandonaron 13 alumnos, por lo que 143 alumnos estaban en condiciones de rendir el 2° parcial, de los cuales rindieron 138 ya que faltaron 5. En esta instancia el 42% (58 alumnos) sacó menos de 40 puntos, el 32% (44 alumnos) tuvo notas entre 40 y 60 puntos, el 20% (28 alumnos) obtuvo un puntaje entre 61 - 80 y el 6% restante (8 alumnos) tuvo una nota superior a 80 puntos.

A la recuperación del 2° parcial asistieron 71 alumnos (los 58 que desaprobaron el parcial, los 5 ausentes y 8 que quisieron levantar nota), de los cuales 12 (17%) quedaron libres, 33 (46%) sacaron entre 40 y 60 puntos, 19 (27%) sacaron entre 61- 80 puntos y 7 (10%) tuvieron notas superiores a 80 puntos.

Cabe destacar que hasta aquí sólo 46 alumnos quedaron libres por parciales (14%), pero muchos quedaron con una nota total de primera instancia inferior a 70 puntos, puntaje insuficiente para promocionar la materia en primera instancia, por lo que pasaron a la segunda instancia, el examen global.

Finalmente, de los 332 alumnos iniciales, 68 (20%) promocionaron la materia, 81 (24,5%) abandonaron, 32 (9,6%) no cursaron y 151 (45,4%) quedaron libres (Figura 1).

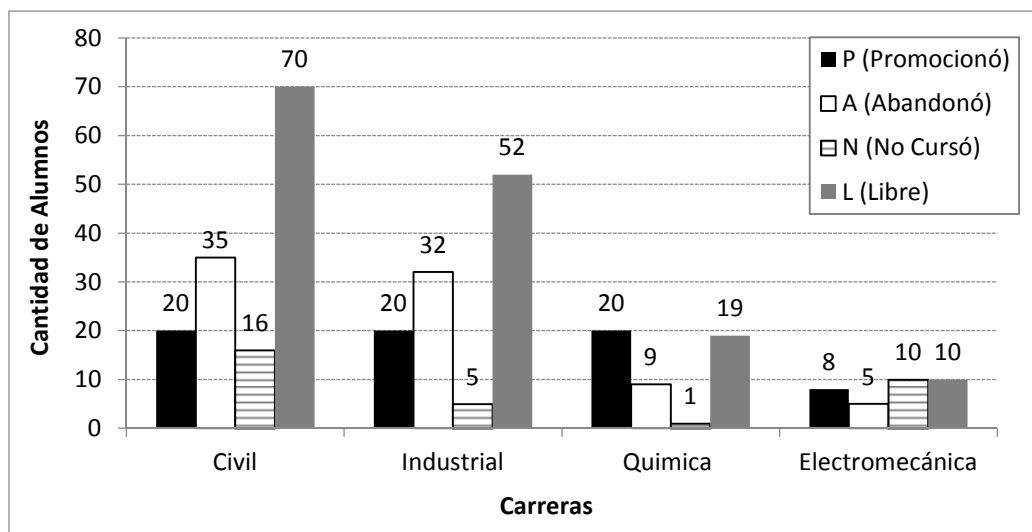


Figura 1. Situación final por carrera (1° cuatrimestre)

De los 68 alumnos promocionados, 41 promocionaron con 7 y 19 con 8 (Tabla 3):

Tabla 3. Porcentaje de notas por carrera (1° cuatrimestre)

Nota	IC	II	IQ	IE	Porcentaje (%)
5	1	1	1	-	4,4
6	-	1	2	-	4,4
7	13	10	10	8	60,3
8	4	7	2	-	19,1
9	2	0	5	-	10,3
10	-	1	-	-	1,5
Total	20	20	20	8	68

En el segundo cuatrimestre del 2015, con la modalidad de tres parciales implementada, de los 374 alumnos inscriptos, 317 rindieron el primer parcial y en total 195 (61,5%) aprobaron con notas mayores a 40 puntos, de los cuales 110 alumnos (34,7%) obtuvieron notas entre 40 - 60 puntos, 66 alumnos (el 21 %) entre 61 - 80 y 19 (6%) notas entre 81 - 100 puntos. Desaprobaron 122 alumnos (38,5%).

A la recuperación del primer parcial se presentaron 162 alumnos (entre desaprobados en el parcial, los que fueron a levantar nota y ausentes) y aprobaron en total 124 (76,5%) con más de 40 puntos, de los cuales 53 (33%) aprobaron con notas entre 40 - 60 puntos, 48 (30%) entre 61 - 80 y 23 (14%) notas entre 81 - 100 puntos. Desaprobaron 38 alumnos (23%).

Al segundo parcial se presentaron 213 alumnos de los cuales desaprobaron 95 (45%) y aprobaron en total 118 (55%) entre los cuales 85 (40%) sacó un puntaje entre 40-60, 28 (13%) entre 61-80 y 5 alumnos (2%) entre 81-100.

A la recuperación del segundo parcial se presentaron 162 alumnos (entre desaprobados, los que fueron a levantar nota y ausentes), desaprobaron 55 (34%) y aprobaron en total 107 (66%) con más de 40 puntos de los cuales 85 (52%) tuvo notas entre 40-60, 21 (13%) entre 61-80 y 1 alumnos (1%) tuvo un puntaje entre 81-100.

Al tercer parcial se presentaron 136 alumnos de los cuales desaprobaron 61 (45%) y aprobaron en total 75 (55%) entre los cuales 43 (32%) sacó un puntaje entre 40-60, 23 (17%) entre 61-80 y 9 alumnos (6%) entre 81-100.

A la recuperación del tercer parcial se presentaron 90 alumnos (entre desaprobados, los que fueron a levantar nota y ausentes), desaprobaron 39 (43%) y aprobaron en total 51 (57%) con más de 40 puntos de los cuales 35 (39%) tuvo notas entre 40-60, 13 (14%) entre 61-80 y 3 alumnos (3%) tuvo un puntaje entre 81-100.

Finalmente, de los 374 alumnos iniciales, 61 (18 %) promocionaron la materia, 96 (25,7%) abandonaron, 19 (5%) no cursaron y 198 (52,9%) quedaron libres (Figura 2).

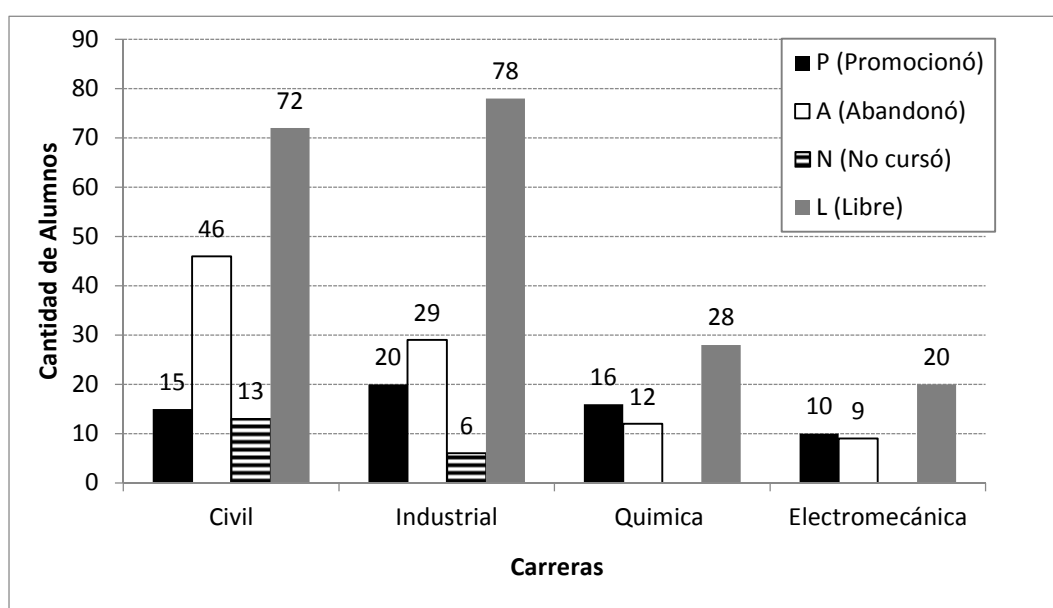


Figura 2. Situación final por carrera (2° cuatrimestre)

De los 61 promocionados, 8 promocionaron con 5, 7 alumnos promocionaron con 6 y 36 con 7 (Tabla 4):

Tabla 4. Porcentaje de notas por carrera (2° cuatrimestre)

Nota	IC	II	IQ	IE	Porcentaje (%)
4	-	1	-	-	1,6
5	4	2	1	1	13,1
6	1	2	3	1	11,5
7	9	11	10	6	59,0
8	1	2	1	2	9,8
9	-	1	1	-	3,3
10	-	1	-	-	1,6
Total	15	20	16	10	61

Se observa una diferencia entre los que no cursaron (4,6% de diferencia) y los que quedaron Libres (5,9% de diferencia) en ambos cuatrimestres.

No se observaron variaciones importantes en la cantidad de alumnos promocionados por carrera, aproximadamente promocionaron un 5% menos de alumnos de civil, casi un 4% menos de química y un 4% más de electromecánica en el segundo cuatrimestre respecto del primero.

Al implementar el tercer parcial pensamos que las diferencias se reflejarían en las notas de los alumnos promocionados, es decir que tendrían notas más altas los que llegaron a promocionar, ya que una instancia más que evalúe sólo un tema les permitiría sacar notas altas en el 1° parcial y de esta forma llegar en mejores condiciones a la promoción (sobre todos los alumnos recursantes). Pero tampoco esto tuvo el impacto que esperábamos ya que aumentó la cantidad de alumnos con 5 (8,7%) y 6 (7,1%), la cantidad de alumnos con 7 y 10 se mantuvo prácticamente constante, pero bajó la cantidad de alumnos con 8 (9,3%) y 9 (7%).

Se observa (Figuras 1 y 2) que la mayor cantidad de alumnos que abandona la asignatura son de IC porque Química General no es correlativa inmediata de alguna materia que les impida seguir avanzando hasta 3° año de dicha carrera, por eso muchos de IC se inscriben pero como no les corta nada, es la primera que abandonan o siguen cursándola pero sin dedicarse mucho. Este hecho también incide en el porcentaje de libres de IC (el mayor en el 1° cuatrimestre).

Otra discusión que nos parece pertinente plantear en el contexto de la evaluación como una herramienta formativa es la siguiente. Si a la recuperación del parcial pueden asistir los alumnos que aspiran a levantar nota para poder alcanzar más fácilmente el puntaje de promoción final, y considerando que en este caso se toma como nota final la del recuperatorio, esta situación puede perjudicarlos en lugar de ayudarlos. El alumno no se ve incentivado a estudiar más para mejorar su desempeño en la recuperación porque si desaprueba en esta instancia queda libre o incluso puede quedar con una nota más baja que la del parcial. Mientras que si realmente le diéramos la opción de que se presente y se quede con la mejor de las notas obtenidas en cualquiera de las dos instancias (que por otro lado, son absolutamente equivalentes), seguramente esto serviría de incentivo y mejoraría el rendimiento y la nota de promoción de los alumnos.

4. Conclusiones y recomendaciones

Creemos que incorporar tres parciales en lugar de dos para que los estudiantes puedan asimilar mejor los contenidos, tuvo buenos resultados, ya que el porcentaje de alumnos desaprobados en el primer parcial bajó de 53% a 23% entre el 1° y 2° cuatrimestre respectivamente. Aun cuando esta comparación no sea directa, ya que se debe remarcar que estas instancias no resultaron equivalentes, es un indicio de mejora, considerando además que los alumnos del 2° cuatrimestre tuvieron mayor solidez en nomenclatura y formación de compuestos a lo largo del 2° cuatrimestre, aunque el rendimiento académico en función de las notas finales obtenidas no refleje estas diferencias.

En función de los resultados obtenidos y siempre buscando estrategias para mejorar el rendimiento de los alumnos en la asignatura, en los próximos cuatrimestres se mantendrán los tres parciales pero se agregará el tema II al primer parcial, de manera tal de disminuir la cantidad de contenidos a evaluar en los otros dos parciales y que la cantidad de temas (aun cuando no todos sean igual de extensos) esté más equitativamente distribuida en las tres instancias.

5. Referencias

- [1] CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (1996). *Unificación Curricular en la enseñanza de la Ingeniería en la República Argentina* (Libro Azul).
- [2] ALMAZÁN, J. F., VACA, O., ROMERO, L.C. (2006). *La evaluación del aprendizaje en las carreras de ingeniería, Experiencias Docentes en Ingeniería, desde el ingreso a la práctica profesional supervisada*, v. I, p. 105-110.
- [3] VILLAFLO, G., PARENTIS, M., LIBERAL, V., MURGIA V. (1998). *Proceso de Acreditación de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la UNSa*. VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (VI CAEDI). Argentina. Libro de Trabajos Completos.
- [4] VILLEGAS, M., RAJAL, V.B., CASTRO, E., ROMERO, L.C. (2006). *La evaluación continua en ingeniería química. Experiencias en Termodinámica, Experiencias Docentes en Ingeniería, desde el ingreso a la práctica profesional supervisada*, v. II, p. 927-932.
- [5] ROSALES, M. (2014). *Proceso evaluativo: evaluación sumativa, evaluación formativa y Assesment su impacto en la educación actual*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Puerto Rico. Artículo 662.
- [6] MOLINA, L. (2006). *Funciones de la Evaluación*. Revista Digital - Buenos Aires - Año 11 - N° 103.
- [7] MORAGA, N., VALDEZ, S., APARICIO, A., COURTADE, T., SERRANO, E., MACORITTO, A. (2008). *Influencia del curso 'Nomenclatura y Formación de Compuestos Químicos' en Química General*. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA, (Ed.) EUCU UNCa. Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. v. I, Cap. I., p. 79-84.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

MEJORANDO EL RENDIMIENTO ACADÉMICO MEDIANTE LABORATORIOS VIRTUALES

Barrios Teresita Haydeé, UTN FRRE, barriosth@gmail.com

Dalfaro Nidia, UTN FRRE, ndalfaro@frre.utn.edu.ar

Marín María Bianca, UTN FRRE, mbiancamarin@yahoo.com.ar

Maurel María del Carmen, UTN FRRE, mmaurel_38@yahoo.com.ar

Resumen

La implementación de laboratorios virtuales como herramienta para fortalecer y promover el aprendizaje de las materias básicas dentro de la carrera de Ingeniería en Sistemas de información, ha sido el foco sobre el cual se enmarcó la investigación del Grupo UTN de Investigación Educativa en Ingeniería (GIESIN). El objetivo se plasmó en el proyecto “Laboratorio virtual, una alternativa para mejorar la enseñanza en los primeros años de la carrera de ingeniería en sistemas de información”.

El proyecto responde a la hipótesis de que es altamente motivador para los alumnos incorporar las TIC en materias tales como Física o Química, materias que no impactan directamente sobre la formación inherente a los sistemas y la tecnología. Es sabido que estos contenidos resultan desalentadores si la metodología de la enseñanza no estimula a los educandos.

En este trabajo se presentan los resultados del labor conjunto entre integrantes del GIESIN y profesores de la cátedra de Química de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Se ha recabado información cuantitativa y cualitativa acerca del rendimiento de los alumnos con ayuda de los laboratorios virtuales, del análisis resultante se desprenden resultados positivos.

Palabras clave *laboratorios virtuales, aprendizaje de la química, ingeniería en sistemas de información*

1. Introducción

Un laboratorio virtual es “un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación”. Es la representación de un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico, producido por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real. En otras palabras, podemos decir que es una simulación virtual que emula el comportamiento de un laboratorio tradicional, a través del uso de un software. [1]

En la industria, este concepto es utilizado desde hace más de treinta años para la planificación y experimentación de procesos. En el medio académico, surge a raíz de la necesidad de crear sistemas de apoyo al estudiante para sus prácticas de laboratorio, con el objetivo de optimizar el tiempo que éste emplea en la realización de dichas prácticas y la demanda de recursos de infraestructura.

Es menester establecer la diferencia entre laboratorio virtual y laboratorio remoto. Un laboratorio virtual (LV) puede ser desarrollado como un sistema computacional accesible vía Internet: mediante un simple navegador, se puede simular un laboratorio convencional (LC) en donde los experimentos se llevan a cabo siguiendo un procedimiento similar, proporciona un entorno simulado. Los Laboratorios Remotos (LR) se pueden considerar como una evolución de los LV. , ya no hablamos de llevar a cabo prácticas en un simulador, sino que se trata de realizar actividades prácticas de forma local o remota a través de una Intranet o Internet, permitiendo la transferencia de información entre un proceso real y los estudiantes de manera unidireccional o bidireccional. Bajo este esquema el estudiante utiliza y controla los recursos disponibles en un laboratorio, mediante el uso de tarjetas de adquisición de datos, sensores e instrumentos de medida con interfaces de red y software específico.

El ahorro de costos al utilizar laboratorios virtuales se refleja en varias ventajas: disponibilidad plena del experimento, eficiencia máxima en el tiempo de uso y mantenimiento necesario notablemente menor de que si tuviéramos que utilizar recursos físicos de un laboratorio real.

Se puede citar, que la ventaja más clara es que el alumno puede usar el equipo siempre que quiera, fijando su propio horario. Esto supone una relajación en el mantenimiento de las infraestructuras de los laboratorios clásicos. Y no quiere decir que los laboratorios remotos y virtuales sustituyan a los clásicos, a los manuales, ya que son un complemento, una ayuda para una mejor práctica.

El origen de los laboratorios virtuales puede situarse en programas como Matlab, Mathematica, etc. Estos programas permiten simular sistemas, modificar sus parámetros y observar los resultados en un computador, y no en un equipo HW. La ventaja era y es evidente: se puede aumentar el número de prácticas por alumno con un costo no muy excesivo, es más, el alumno puede hacer prácticas en su casa a cualquier hora, sin más que disponer del SW.

Otra Ventajas:

- Mayor rendimiento de los equipos de laboratorio. Al estar disponible el equipo 24 horas al día, 365 días al año, su rendimiento es mayor.
- Organización de laboratorios. No es necesario tener abiertos los laboratorios a todas horas.
- Organización del trabajo de los alumnos. Alumnos y profesores pueden organizar mejor su tiempo, al igual que los horarios de clase.
- Aprendizaje autónomo. Los laboratorios virtuales fomentan el trabajo autónomo; un tipo de aprendizaje que se debe fomentar en la universidad.
- Cursos no presenciales. Permiten organizar cursos de ingeniería totalmente no presenciales, evitando muchos de los problemas actuales.
- Integración de discapacitados. Toda vez que los elementos HW pasan a estar controlados por un ordenador pueden ser gobernados utilizando técnicas SW/HW para discapacitados.

Algunos LV pueden inclusive ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, programados mediante applets de Java, Flash, cgis, javascripts, PHP, etc., incluyendo imágenes y animaciones. Mediante el uso de aplicaciones privativas (software que por su esquema de licenciamiento impide su modificación o libre copia) o libres (software con un esquema de licenciamiento que permite su modificación, copia y distribución) ejecutadas vía Internet, se pueden obtener resultados numéricos y gráficos. Inclusive se pueden tratar problemas de manera matemática, para obtener las competencias necesarias.

También presenta algunas desventajas, expresan Maturano y Nuñez [2]:

- No puede sustituir del todo la experiencia práctica altamente enriquecedora del LC. Hay situaciones y prácticas que solo pueden realizarse en un equipo físico de laboratorio o prototipo educativo.
- Sí puede ser una herramienta complementaria valiosa en experiencias educativas como por ejemplo: poner las consideraciones de los docentes sobre el trabajo y que los alumnos puedan consultar.
- En los LV, como en cualquier sistema de enseñanza autogestionada, se corre el riesgo de que el estudiante se comporte como un simple espectador, por lo que el diseño de las experiencias educativas debe contemplar que las actividades en el LV sean acompañadas por prácticas y procesos de evaluación que ayuden a que los objetivos se cumplan.
- Un LV, por ser una virtualización de la realidad, puede provocar en el estudiante una pérdida parcial de la visión de la realidad que se estudia. Además, no siempre se pueden simular todos los procesos reales, lo que implica una cuidadosa revisión del programa educativo por parte de los profesores.
- Por ofrecer Internet muchos distractores, para que el proceso de enseñanza mediante LV sea útil se deben seleccionar los contenidos relevantes y tratar de que estos resulten lo suficientemente atractivos para mantener la atención del estudiante
- Por el reto que representan las TIC en un sector de la docencia, existe una resistencia entendible al uso de laboratorios virtuales; en las instituciones educativas donde el uso de recursos tradicionales es la norma, la transición debe ser muy cuidadosa. Se requiere una muy buena selección de actividades de aprendizaje y campos de aplicación. Como así también una permanente asistencia técnica a los docentes.

Los laboratorios virtuales, sin duda serán útiles para suplir la falta de contacto con la tecnología que sufren los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, en materias tales como Física o Química. Esta falta de contacto es la que provoca en muchos casos, la desmotivación de los alumnos ya que no encuentran una relación directa entre lo estudiado y sus intereses.

El Grupo de Investigación en Educación sobre Ingeniería (GIESIN) de la UTN FRRE, se encuentra investigando los laboratorios virtuales como estrategias innovadoras que colaboran con la motivación y rendimiento de los alumnos de ingeniería en sistemas de información. Especialmente resultan útiles en aquellas materias cuyos contenidos no se encuentran directamente relacionados con el campo de aplicación de los futuros profesionales.

¿Por qué la motivación? Porque como bien lo expresaron MAQUILÓN SÁNCHEZ y HERNÁNDEZ PINA [3], “la motivación es el motor que mueve toda conducta, lo que permite provocar cambios tanto a nivel escolar como en la vida en general. Pero el marco teórico- explicativo de cómo se produce la motivación, qué variables la determinan, cómo se puede mejorar desde la práctica docente son cuestiones que dependen de la conceptualización

teórica que se adopte”. A pesar de las discrepancias existentes en las teorías de la motivación, la mayoría de los especialistas coinciden en la definición de motivación como el conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta [4] [5].

Es así, que podemos decir que los alumnos motivados, son aquellos que están haciendo lo que les gusta, por lo tanto dedicarán más tiempo y esfuerzo al estudio, y tendrán más probabilidades de éxito en obtener buenos resultados.

¿Cómo se motiva a un estudiante de ingeniería en sistemas de información? Teniendo en cuenta que el ingeniero en Sistemas de Información es un profesional que se encarga de resolver problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de información, es necesario, para incentivarlo en el estudio, ponerlo en contacto con la tecnología. Es deseable que este contacto se realice desde el inicio de la carrera, para de esta manera tener estudiantes motivados desde el comienzo.

Las materias que no hacen propiamente a los sistemas, sino más bien a la ingeniería en sí, que forman un ciclo común y básico de todos los ingenieros, son las que más cuesta mantener motivado al alumno. Es por ello, que se seleccionaron materias como Química y Física que son aquellas que cumplen con los requisitos enunciados para llevar a cabo la investigación.

La estrategia seleccionada es la de laboratorios virtuales, ellos permiten poner en contacto al alumno con tecnologías de información, logrando así una relación con sus intereses y preferencias.

En esta oportunidad se detalla la experiencia de implementación de laboratorios virtuales en la materia Química General de Ingeniería en Sistemas de Información.

Los laboratorios virtuales fueron implementados en el campus virtual que utiliza la universidad como herramienta complementaria de enseñanza, implementado bajo la plataforma Moodle. En el campus se comparte información, material y se realizan actividades interactivas con los alumnos, logrando tener reunida toda la información del alumno en un solo lugar, es por ello que era deseable que los laboratorios fueran integrables a la misma herramienta.

Para evaluar los resultados de la implementación de los laboratorios se utilizó la observación, así como encuestas a alumnos y profesores. Con algunos de ellos se realizaron entrevistas personales para profundizar los resultados obtenidos. Por último, se compararon los resultados académicos de los alumnos, teniendo en cuenta dos cursadas diferentes: una cursada con laboratorios virtuales y otra sin ella.

De este modo, se obtuvieron indicadores cuantitativos y cualitativos de si los laboratorios virtuales contribuyen a mejorar el rendimiento de los alumnos cuando utilizan estas estrategias como motivadoras para la enseñanza. Todo esto teniendo en cuenta que se refieren a materias del ciclo básico, que no tratan sobre temáticas específicas de la formación del ingeniero en sistemas, sino en cuestiones que son del ciclo básico y que, como se ha dicho, en general son más difíciles de captar la atención del alumno.

2. Desarrollo de la Experiencia

La experiencia realizada en pos de este estudio, se llevó a cabo en la materia Química General para Ingeniería en Sistemas de Información. Se debe destacar que la materia aún no tenía implementado campus virtual, por lo que los laboratorios significaban un doble desafío: por un lado iniciarse en el uso de herramientas tecnológicas para brindar un aprendizaje mixto a los alumnos, y por el otro, avanzar sobre la temática de experimentación virtual.

En conjunto con los docentes de la cátedra se abordó la estrategia de incorporar el uso de los laboratorios virtuales en determinados temas y modificar planificación de la práctica para formalizar su implementación.

Entre las actividades previas, para llevar a cabo este proceso se requirió formar a los docentes y a los ayudantes de cátedra en el uso del campus virtual. Se planificaron talleres sobre la utilización del Moodle, haciendo hincapié en la creación de etiquetas, tareas, foros; y acerca de cómo supervisar el envío de las tareas una vez realizadas por los alumnos. Si bien, esta actividad de capacitación no se enmarcaba dentro del contexto de los laboratorios virtuales, sí era fundamental para que los docentes se familiaricen con la herramienta ya que deberían volcar los laboratorios virtuales sobre esta plataforma.

De la observación de los docentes surgió la lista definitiva de temas que encuadrarían para utilizar estos laboratorios y se comenzó con la búsqueda en la Web de herramientas que se adaptasen a las necesidades establecidas. Las herramientas no sólo debían cumplir con los requerimientos de la cátedra, sino también debían ser amigables, gratuitas e integrables con Moodle. Del relevamiento en la web se percibió que algunas de las herramientas no se ajustaban al nivel de contenido requerido por la cátedra, por lo cual la preselección se volvió una tarea exhaustiva a fin de poner a disposición de los alumnos, laboratorios que sirvan a los objetivos propuestos.

Así se estableció la necesidad de diseñar con herramientas de autor (como hot potatoes) laboratorios virtuales utilizando como base los ejercicios de laboratorios propuestos por los docentes, teniendo en cuenta el nivel que se pretendía de los alumnos. Los integrantes del Grupo GIESIN fueron los responsables de construir estas herramientas, siendo testeadas y aprobadas por el equipo de cátedra de Química.

Para el segundo cuatrimestre del ciclo 2015 la implementación en la materia Química General quedó configurada con 3 (tres) laboratorios virtuales:

Laboratorio N° 1: Formulas Químicas

Laboratorio N° 2: Tabla Periódica y Representación de Moléculas

Laboratorio N° 3 Pilas.

Figura N° 1. Laboratorio N° 2: Tabla Periódica y Representación de Moléculas

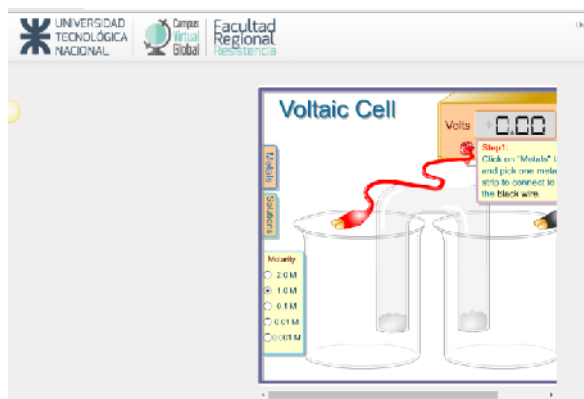


Figura N° 2. Laboratorio N° 3 Pilas.

Para el cursado de la misma, además de la explicación del uso del campus para la materia, a los alumnos se les proporcionaron talleres en donde se desarrollaron alguno de los laboratorios con el acompañamiento de los docentes. En los talleres, los docentes respondían consultas en referencia a la ejecución de los mismos. También participaban integrantes del GIESIN para observar el desenvolvimiento de los alumnos y docentes con los laboratorios definidos.

Durante el cuatrimestre los alumnos fueron resolviendo los laboratorios presentados y de su ejecución se pudo apreciar su uso y las diferentes calificaciones obtenidas. Cabe mencionar que estas calificaciones no se tomaron en cuenta para la regularidad de la cátedra, sino que la realización de estos ejercicios era un elemento más que contribuía al auto aprendizaje y su motivación.

3. Resultados

Se presenta a continuación los resultados obtenidos en cuanto a la motivación de los estudiantes de este Ciclo Formativo, y la comparativa de su rendimiento académico respecto de otros ciclos lectivos.

Los datos cualitativos y cuantitativos, que muestran el impacto de los laboratorios virtuales en el rendimiento académico de los alumnos de la materia Química General de Ingeniería en Sistemas de Información, se obtuvieron a través de diferentes instrumentos y se detallan a continuación:

3.1 Observación

Para evaluar el impacto de los laboratorios virtuales se realizó una observación in situ del trabajo de los alumnos con un laboratorio virtual. Al finalizar se les dio para que completen una encuesta que incluía preguntas abiertas y cerradas.

Cátedra: Química General – 2 año – Ingeniería en Sistemas de Información

Fecha: 05/10/2015

Laboratorio Virtual: Nomenclatura de Compuestos Químicos

Cantidad alumnos: 43

Cantidad de docentes: 2

Como resultado de la observación de una práctica del grupo de alumnos mencionado anteriormente en un aula informática de la universidad, cuyo objetivo consistía en apreciar su interacción con las herramientas virtuales ofrecidas se pudo comprobar que los estudiantes tenían buen manejo del campus virtual y que no hubo dificultades para acceder a la actividad.

En cuanto a la realización del laboratorio virtual, no se observaron inconvenientes en el manejo del mismo, los alumnos comprendían las actividades y cómo llevarlas a cabo. La herramienta fue empleada sin dificultad y los estudiantes pudieron resolver solos todos los ejercicios. Las preguntas que realizaban tenían que ver sobre el tema a desarrollar y no sobre el uso de la herramienta; por ej.: cómo formular algunos compuestos y cómo nombrarlos.

3.2 Encuesta a los alumnos

La encuesta comprendía ocho preguntas cerradas que arrojaron los siguientes resultados: Cuando se les preguntó a los alumnos si tenían inconvenientes para utilizar los laboratorios virtuales relacionados con las fórmulas químicas, el 88% contestó que no. En cuanto al material disponible en el campus, el 98% consideró que el mismo le sirvió para comprender mejor los temas. Las actividades de autocorrección fueron claras e intuitivas para el 95% de los alumnos encuestados. Y el 93% respondió que dichas actividades les ayudaron con el aprendizaje del tema.

También se les consultó si creían que más actividades del tipo autocorrección o en donde se simularan los laboratorios facilitarían su aprendizaje, y el 91% contestó que sí. Además, para el 93% de los alumnos sería interesante tener más actividades de laboratorios virtuales para otros temas de la materia. Asimismo, el 72% de los alumnos sintió que estas actividades motivaron su aprendizaje.

En cuanto a la relevancia de la utilización de laboratorios virtuales, el mayor porcentaje respondió que la experiencia resultaba relevante, según se puede apreciar en la figura 3.

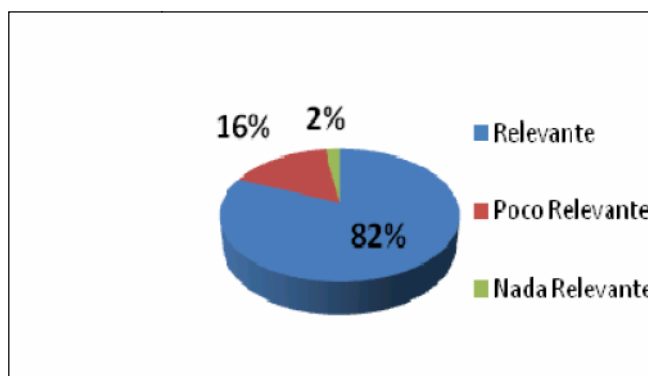


Figura N° 3. Calificación de la experiencia por parte de los alumnos.

Además, se pudo percibir que la implementación de actividades interactivas como complemento de los temas dictados en la cátedra, tuvo en general una gran aceptación por parte de los alumnos. Los mismos se mostraron muy entusiasmados al tener la posibilidad/libertad/oportunidad de contar con un espacio donde pueden resolver los ejercicios de la cátedra a través de una herramienta virtual, puesto que así pueden enfocarse más en su aprendizaje y en el intercambio de conocimiento con sus pares sin estar pendientes de los riesgos y accidentes a los que se verían expuestos trabajando directamente en los laboratorios físicos.

Se identificó que algunos alumnos prefieren, que en caso de errar una respuesta poder obtener un feedback o retroalimentación textual donde se refleje cual era el resultado

esperado y los fundamentos teóricos que lo acompañan. Otros, expresaron que es mejor la alternativa de resolver reiteradas veces los ejercicios sin "datos/ayuda/ni pistas extras" ya que esto los motiva a recurrir a bibliografías alternativas incentivándolos a la investigación y autoaprendizaje.

La evaluación de las encuestas, demuestra que los Laboratorios Virtuales son muy valorados por los alumnos ya que consideran que es una alternativa entretenida para complementar los temas dados en la cátedra y que les brinda la posibilidad de dimensionar cuales son los temas que deberían rever/repasar para llegar mejor practicados y con más confianza a los exámenes parciales.

3.3 Encuestas a Docentes

Se realizaron encuestas a los docentes de la cátedra de Química General, quienes eran los encargados de llevar adelante la experiencia de laboratorios virtuales. Las preguntas eran cerradas y el objetivo fue evaluar la utilidad de los laboratorios como estrategia de enseñanza, implementada a través de Moodle.

Los docentes recibieron las encuestas mediante e.mail y debían responder cada una de las preguntas mediante la siguiente escala: 5 (Excelente), 4 (Muy Bueno), 3 (Bueno) 2 (Regular) y 1 (Deficiente).

Las respuestas obtenidas fueron unánimes al destacar como “Excelente”, el aporte de la herramienta virtual como apoyo al aprendizaje. Además, consideraron “Muy bueno” la facilidad que les aporta el uso de los laboratorios virtuales como medio de evaluación a los alumnos.

Al comparar los laboratorios virtuales con los laboratorios reales, la respuesta obtenida fue “Bueno”. Esto se debe a que si bien, los laboratorios virtuales brindan múltiples ventajas y facilidades, siguen siendo una herramienta de apoyo que no puede suplir por completo a la experiencia que incorporará el alumno al tener contacto real con un laboratorio físico. Sin embargo, los profesores destacaron, que el uso de los laboratorios virtuales podría reducir notablemente la cantidad de prácticas en el laboratorio real, ya que sería interesante que los alumnos los conozcan, pero que luego puedan realizar sus prácticas mediante las simulaciones virtuales.

3.4 Rendimiento Académico

Tomando como base la información del sistema académico de la Facultad (SySACAD), se obtuvieron y se procesaron las notas de los alumnos de las cohortes 2014 y 2015 de las 6 comisiones de Química General.

Los datos son los siguientes:

Tabla 1. Rendimiento Académico Cohorte 2014 Química General

Condición	2014					
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Promedio	
Regulares	6	12,50%	2	7,41%	4	9,95%
Promocionados	8	16,67%	6	22,22%	7	19,44%
Desaprobados y Ausentes	34	70,83%	19	70,37%	26,5	70,60%
Total	48	100,00%	27	100,00%	37,5	100,00%

Tabla 2. Rendimiento Académico Cohorte 2015 Química General

Condición	2015					
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Promedio	
Regulares	11	26,19%	15	26,32%	13	26,25%
Promocionados	8	19,05%	12	21,05%	10	20,05%
Desaprobados y Ausentes	23	54,76%	30	52,63%	26,5	53,70%
Total	42	100,00%	57	100,00%	49,5	100,00%

Cabe aclarar que la cohorte 2014 no utilizó campus virtual ni laboratorios web, mientras que la experiencia con la implementación de los mismos se desarrolló durante el ciclo 2015.

En el año 2015 se puede observar una notable mejora en los resultados generales de la cátedra como consecuencia de utilizar como herramienta alternativa a los laboratorios virtuales, complementando a las actividades prácticas desarrolladas en la clase, respecto al año anterior, donde aún no se habían implementado dichas herramientas.

Si bien no se logró un aumento notorio en la cantidad de alumnos promocionados, si se puede visualizar una importante mejora en el número de alumnos que regularizan la materia al finalizar el curso. En el año 2014, sólo el 9,95% de los alumnos inscriptos en la asignatura, consiguió regularizar la materia, mientras que en el año 2015 esta cifra aumentó al 26,25%. Como consecuencia de esto, casi en la misma proporción disminuyó la cantidad de alumnos desaprobados y ausentes, pasando del 70,60% al 53,70%.

Este cambio puede deberse a diversos factores, pero basándonos en las encuestas realizadas a alumnos y profesores, podemos corroborar que la implementación de laboratorios virtuales como herramienta alternativa a las prácticas de la cátedra fue uno de los principales detonantes de la mejora en los resultados académicos.

4. Conclusiones

La comparativa de los resultados académicos obtenidos por los alumnos, durante una cursada de la materia Química General sin la utilización de los laboratorios virtuales, y otra cursada en la cual sí se han implementado los mismos, nos muestra como resultado que los mismos han mejorado. Si bien no podemos establecer que el único factor que pudo haber incidido en esta mejora hayan sido los laboratorios virtuales, por la dificultad de aislar resultados, podemos decir que los mismos han contribuido a esta mejora de resultados. Esto queda demostrado no solamente por estos resultados positivos obtenidos, sino también por las calificaciones positivas obtenidas en las encuestas realizadas tanto a los alumnos como a los profesores.

La finalidad de este estudio no es atribuir el éxito de los alumnos al único factor estudiado (laboratorios virtuales), sino establecer las bases de esta corriente investigadora, identificando objetivos, diseño e instrumentos que deberían ser empleados para dar respuesta a las cuestiones relacionadas con los estudiantes y el reconocimiento que deberían tener estas herramientas, como estrategias innovadoras para la motivación del alumno de ingeniería en sistemas de información.

Es así que podemos decir que la hipótesis de que una mayor motivación en los estudios universitarios provoca un mayor rendimiento académico, se cumple. Es decir, existe una correlación positiva, por tanto a mayor motivación mayor rendimiento académico. Esto se

puede deber a que cuando un estudiante comienza una carrera universitaria es porque está motivado a tener un futuro mejor con lo que estudia o bien porque adquiere un conocimiento sobre un área concreta sobre la que le gusta aprender. Esta motivación lleva al alumno a prepararse e interesarse más por lo que aprende y sacar buenas notas en los exámenes lo que repercute en su rendimiento académico. [6]

Es por ello que necesitamos motivar a los alumnos de ingeniería en sistemas, y la manera de hacerlo es a través de la tecnología. Como lo establecen Teresita Barrios y M. Bianca Marín en su artículo “Motivación en la enseñanza a través de los laboratorios virtuales” [7], “al utilizar una plataforma virtual, se verían motivados al establecer un contacto con la tecnología que los mantendría relacionados con el campo de aplicación estudiado y con sus propios intereses, sin dejar de incorporar los conceptos básicos necesarios para concluir una formación básica”.

Además, que no se puede desconocer que los tiempos avanzan y las cosas cambian. Es necesario mantenerse actualizado con estas nuevas corrientes para así motivar y retener a las nuevas generaciones. Como lo expresa Salvador Llopis en su artículo “La Motivación es la clave” [8], “Las tecnologías en el aula colocan a alumnos, profesores y escuela en una misma sintonía. Los hacen partícipes del mismo mundo compartiendo las mismas herramientas, medios de comunicación, etc..... Pero la más importante es seguramente que les aporta una forma novedosa de aprender.”

Por lo antes expuesto se puede concluir que los laboratorios virtuales, con sus múltiples ventajas, y su alta carga motivacional para los alumnos que comparten intereses tecnológicos, son una estrategia adecuada para incentivar a las nuevas generaciones de ingenieros en sistemas, quienes al estar más motivados, elevarán sus posibilidades de éxito durante el cursado.

5. Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2000). *Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales*. París
URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102s.pdf>
- [2] MATURANO, Carla I. y NUÑEZ, Graciela I. (2013). *El software de simulación como recurso para experimentar en situaciones físicas reales*. En: 6to. Seminario de Educación a Distancia. Rueda. Mendoza. Argentina.
URL: http://www.uncu.edu.ar/seminario_rueda/upload/t135.pdf. Consultado en 04/2014.
- [3] MAQUILÓN SÁNCHEZ Javier J. y HERNÁNDEZ PINA Fuensanta (2011). *Influencia de la motivación en el rendimiento académico de los estudiantes de formación profesional*. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, vol. 14, núm. 1, 2011, pp. 81-100 Asociación Universitaria de Formación del Profesorado. Zaragoza, España
URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=217017192007>
- [4] BELTRÁN, J. (1993). *Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje*. Madrid: Síntesis.
- [5] MCCLELLAND, D.C (1989). *Estudio de la motivación humana*. Madrid: Nancea
- [6] FERNANDEZ GARCÍA Laura, MANCEBO QUIRANTE José Antonio, JIMÉNEZ ÁLVAREZ María Pilar, ARDANAZ SÁNCHEZ Teresa, FERNÁNDEZ SÁNCHEZ Noelia y MONTANO DE LA HOZ Alba María (2013). *Motivación y rendimiento académico: ¿cumple sus objetivos el plan bolonia?*. Universidad de Granada, ReiDoCrea. Revista electrónica de investigación Docencia Creativa. Volumen 2. Páginas 26-32

- URL: <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/27612/1/ReiDoCrea-Vol.2-Art.3.Fernandez-Mancebo-Jimenez-Ardanaz-Jimenez-Montaro.pdf>
- [7] BARRIOS, Teresita y MARIN, M. Bianca (2013). *Motivación en la enseñanza a través de laboratorios virtuales*. Weef 2013. Cartagena, Colombia.
URL: <http://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/466/219>
- [8] LLOPIS, Salvador (2012). *La motivación es la clave*.
URL: <http://www.educacontic.es/blog/la-motivacion-es-la-clave>



III CADI
IX CAEDI
2016



HACIA LA REFORMULACIÓN DEL SISTEMA DE TUTORÍAS MOTIVACIONALES EN EL CICLO SUPERIOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Onaine, Adolfo Eduardo, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Industrial, aeonaine@fi.mdp.edu.ar

Artigas, María Velia S., Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Industrial, [mvartigas@hotmail.com](mailto:martigas@hotmail.com)

Santille, Luciana Soledad, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Industrial, lusantille@gmail.com

Resumen— La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata ha contado con tutorías en el ciclo básico varios años consecutivos, ha tenido experiencias discontinuadas de tutorías en los ciclos superiores y existieron tutorías en el egreso. El objetivo del presente trabajo es evaluar las percepciones de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial sobre las condiciones y consecuencias derivadas del tránsito del ciclo básico al ciclo superior en la carrera universitaria; se pretenden comparar dos muestras de estudiantes de tercer y cuarto año, con el objeto de poder recoger sus experiencias en el sistema de tutorías del ciclo básico; también conocer sus expectativas futuras sobre una posible tutoría hasta su egreso y si existen sustanciales diferencias de acuerdo al momento en que se encuentran en la carrera. En cuanto a lo metodológico, se trabajará desde una perspectiva cuantitativa con una encuesta semi-estructurada para conocer sus percepciones sobre el tema y como parte de la investigación cualitativa se utilizará la técnica del análisis del discurso para comprender las distintas categorías emergentes sobre las percepciones de la muestra sobre la temática mencionadas. El marco teórico está conformado por autores nacionales e internacionales, privilegiando los documentos más recientes producidos en revistas y reuniones científicas. Como resultado se espera poder contar con elementos suficientes para tomar acciones en cuanto a la tutoría en el ciclo superior de la carrera de ingeniería industrial.

Palabras clave— *estudiantes de ingeniería industrial, sistemas de tutorías, ciclo superior universitario.*

1. Introducción y antecedentes

En el año 2004, el Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMdP) establece la creación de un Cuerpo de Asesores para alumnos del Ciclo Básico y un Cuerpo de Tutores para alumnos del Ciclo de Especialización (denominado también Ciclo Superior). Esta decisión se fundamentó en la necesidad de establecer mecanismos para disminuir la deserción y el desgranamiento de las cohortes de alumnos. Por ese momento se reconocen como factores causales las dificultades para la

adaptación por parte de los alumnos de los primeros años al régimen de enseñanza-aprendizaje, el desconocimiento de la reglamentación vigente y a la toma de decisiones erradas e inconsultas en el momento de definir el desarrollo de la carrera.

Un factor determinante que intervino para la existencia y puesta en marcha de los sistemas tutoriales en la presente unidad académica fue la aparición un Programa Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería (PROMEI I y II) dependiente de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) que ha significado la fuente de financiación para la proyección de los sistemas de tutorías nacionales.

Se debe aclarar que tanto en la citada facultad como en casi la totalidad de los casos, si bien se registraron experiencias muy variadas en todos los niveles, el financiamiento sólo comprendía al ciclo básico de las carreras de ingeniería. Igualmente se registraron casos dentro del territorio nacional (por ejemplo: en la Universidad Nacional del Sur, en la Universidad Nacional de Río Cuarto, y en la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional General Pacheco), en los cuales la dependencia se sistematizó desde el Rectorado teniendo alcance a otras unidades académicas y de modo transversal a toda la carrera universitaria.

Los currículos de los planes de estudios de las carreras de la Facultad de Ingeniería no están estructurados por ciclos. Sin embargo, en el lenguaje corriente se habla de un ciclo básico cuasi común para las diez terminales existentes y uno superior o de especialización. Académicamente, su planificación depende de seis departamentos. Será justamente objeto del presente análisis uno de los departamentos de carrera: el Departamento de Ingeniería Industrial (DII).

El DII desde entonces ha incursionado en sostener varios intentos de tutoría, orientación y asesoramiento en este periodo de especialización en la carrera con tutores docentes que realizaron esta actividad dentro de su carga docente. Desde el año 2012 se discontinuaron por diferentes causas, entre otras no contar con financiamiento específico para su implementación; en contrapartida siguieron focalizadas en el primer año.

Por tales motivos, se hace fundamental profundizar el análisis de los resultados obtenidos con los alumnos que actualmente están el ciclo superior, y que contaron con un sistema tutorial en su ciclo básico, con el objeto de diseñar un nuevo sistema de tutorías para este momento de su carrera acorde a sus necesidades y expectativas.

El grupo de investigación que conforman autores del presente trabajo, [1];[2];[3];[4];[5], han indagado en publicaciones previas, no solamente los resultados de sus sistemas tutoriales; sino la comparación con otros existentes dentro de la provincia de Buenos Aires y en el resto del país, en Latinoamérica y Europa; los perfiles de tutores y alumnos tutorados; las percepciones de alumnos sobre los resultados reportados; la mirada de especialistas reconocidos, entre otros temas.

Finalmente, se agrega que la FI cuenta con un Servicio de Orientación Laboral que ha trabajado en la orientación al egreso e inserción laboral por el periodo comprendido entre los años 2008-2012 y a partir de Agosto de 2015 ha reiniciado sus actividades, adicionando a los servicios existentes de abordajes individuales, también una metodología grupal que garantizaría otra orientación.

2. Metodología

El abordaje metodológico es mixto, dado que combina para la recolección de datos instrumentos cuantitativos y en cuanto al análisis de los resultados técnicas cuantitativas como cualitativas.

Es decir, se trabaja desde lo cuantitativo con un cuestionario semi-estructurado para conocer sus percepciones sobre los aspectos más importantes a relevar: sus percepciones sobre las experiencias en relación a las tutorías, sus expectativas acerca de un nuevo sistema tutorial en el ciclo superior, los temas curriculares que les preocupan y datos sociodemográficos de los estudiantes. También se evalúan las principales variables socio-demográficas para caracterizar la muestra.

En cuanto a la parte cualitativa de la investigación se instrumenta el análisis discursivo como técnica utilizada para profundizar en las variables emergentes que surgen de las encuestas mencionadas.

2.1 Muestra

La muestra está formada por dos grupos de estudiantes que actualmente cursan el 3° (N=42) y 4° (N=34) año respectivamente de la carrera de Ingeniería Industrial.

Para la realización de esta investigación se seleccionaron estos dos grupos considerados como grupos representativos del ciclo superior, es de decir, que la muestra es intencional. Se considera para su selección la etapa en que se encuentran en la carrera (teniendo en cuenta las principales variables sociodemográficas).

2.2 Variables

Para la recolección de datos se examinan los siguientes espacios de variable en estudio:

Socio-demográficas

- a) Edad
- b) Género
- c) Procedencia / lugar de origen del alumno
- d) Con quienes convive
- e) Conocimiento de idiomas
- f) Su situación laboral: si trabaja, contratación permanente o temporaria, cantidad de horas de trabajo por semana.

Percepciones de los estudiantes

- g) Experiencia en tutorías: su participación en el sistema, sus percepciones sobre su utilidad, su justificación sobre su utilidad / no utilidad.
- h) Situación de carrera: si es primera carrera o ha cambiado.
- i) Orientación sobre: trabajo final, cuestiones no académicas, asignaturas optativas, información sobre reglamentación, prácticas profesionales supervisadas, intercambios estudiantiles en el exterior, otros temas.
- j) Tipo de tutorías: individuales a cargo de docentes, individuales a cargo de alumnos avanzados (pares), grupales a cargo de docentes, virtuales también a cargo de docentes, otros tipos.

Situación socio-económica

- k) Becario
- l) Tipo de beca: apuntes, transportes, económica, comedor, otra.
- m) Interés por asesoramiento en becas.

2.3 Análisis de los Datos

Para el tratamiento de los datos cuantitativos se utilizan procedimientos de estadística básicos como el promedio y comparación de medias. Dado que los dos grupos no tienen el mismo número de participantes, de este modo se pueden hacer comparables entre sí.

Como ya se ha mencionado, el proceso de análisis de los datos se realiza también desde una perspectiva cualitativa, dado que en primer lugar se ordenaron y evaluaron sus percepciones en torno al tema para luego construir categorías emergentes comparables entre ambas muestras.

En la presente investigación, según Vasilachis de Gialdino [6], se consideración a la investigación como un proceso interactivo entre el investigador y los participantes, como si se tratara de una técnica descriptiva y analítica, que privilegia las palabras de las personas y sus comportamiento observable como datos primarios. La autora concluye diciendo que este modo de investigar es considerado como una forma de pensar, más que como una colección de estrategias técnicas.

Con el material recogido se construyen las categorías existentes para proceder a realizar los análisis de discurso; estas operaciones se dividen en tres procesos, que se consideran importantes e imposibles de abordar de modo unilateral, por un lado se trabajó con el análisis temático del material discursivo (contabilizar palabras según tópicos) [7], además se procedió a realizar un análisis estructural del material discursivo (buscar su estructura interna: oposiciones e pares antitéticos) y finalmente un análisis situacional del material discursivo (denominado social-hermenéutico). Desde esa perspectiva, es decir, desde la pragmática del discurso, la dimensión hermenéutica implica la comprensión de relaciones e intereses concretos de los actores mismos o de lo que los actores perciben en otros actores.

Ambos abordajes de análisis han sido de gran valor para el presente trabajo, por lo cual se los considera complementarios y la información resultante permite tener una visión más amplia sobre las percepciones y expectativas de los estudiantes del ciclo superior sobre el tema en cuestión: de las tutorías.

3. Marco teórico

Los especialistas en el tópico señalan que el modelo de educación superior que se ha mantenido estable durante más de cien años está fuertemente cuestionado y forzado a adaptarse a un entorno donde los cambios se producen cada vez con más rapidez, Klenk [8] expone que se debe aceptar el cambio de “vernáculos como monopolios regionales o nacionales de capital intelectual a vigorosos competidores para usuarios en un mercado global”.

Estos cambios que acompañan la economía globalizada han marcado un quiebre con respecto al modelo anterior. Saez Oro [9] dice que hay notables diferencias, las nuevas tecnologías y las facilidades en los desplazamientos, por ejemplo, ofrecen a los estudiantes muchas más oportunidades de aprendizaje que antes.

Chiva Sanchos y Ramos Santana [10], expresan que es fundamental el diseño de un Plan de Acción Tutorial, con ciertas características que definen como tutoría aquella actividad docente que tiene una metodología didáctica específica y que se desarrolla en distintas sesiones entre un profesor universitario y uno o varios estudiantes, con el fin de ayudarlos y orientarlos en su evolución académica, vocacional y personal.

Asimismo, sobre los perfiles de tutores, Raga Gil [11] expone que el tutor, debe tener vocación, debe ser consciente de la grandeza de la tarea que se le encomienda, que sólo podrá cumplir en la medida en que sea capaz de ganarse la confianza del tutelado. Otra característica que señala como fundamental es asumir la responsabilidad de ser espejo, en el que se mira el alumno, cualquier juicio, opinión, se asimilan por el joven que es permeable a lo que oye y ve. Estas son funciones necesarias para que se pueda desarrollar como tutor. Entonces, el tutor deberá contar con actitudes de empatía, disponible para el encuentro con el alumno y paciente para despertar confianza en el tutelado para poder acompañarlo en su etapa formativa.

Álvarez Pérez y González Afonso [12] luego de llevar a cabo un estudio sobre su experiencia con tutores pares señalan que los mismos permitieron introducir cambios en el sistema tales como: incluir más contenidos de carácter práctico, más información específica sobre la universidad y las distintas titulaciones, trabajar aspectos relacionados con las habilidades docentes y la dinámica de grupos. Por tanto los investigadores valorizan su trabajo con tutores pares puesto que les ha significado un aporte con alcances tanto metodológico como de contenidos.

Los sistemas de tutorías ingresan para cubrir esa brecha que hoy existe entre la academia y los nuevos sujetos del aprendizaje, con el objetivo de trabajar tendiendo puentes y acercando las dos partes interesadas en el proceso de aprendizaje.

Si bien se considera importante no extrapolar modelos creados para otros contextos político-económicos y sociales diferentes, resulta adecuado evaluar críticamente las conclusiones que se han obtenido tanto en la Unión Europea como en países latinoamericanos; en los cuales las tutorías tienen en ejercicio más de diez años, su estudio y conocimiento permiten la posibilidad de anticipar las dificultades por las que otras universidades ya han pasado.

Como se ha señalado, el papel tradicional de la universidad como centro de desarrollo científico se encuentra cuestionado en Europa. Esto implicó la búsqueda de nuevas fórmulas para la enseñanza y el aprendizaje tales como ‘aprendizaje autónomo del alumno’, reflejado en las bases del Proyecto Tuning, donde la educación consiste en el desarrollo de competencias y los sistemas de tutorías tienen una presencia indiscutida. Más allá que se revise su implementación efectiva.

Heinz Flechsig y Schiefelbein [13] plantean que existe una debilidad muy fuerte en el sistema, ya que la posibilidad del cambio queda sujeta a la voluntad de los docentes y que se crean anticuerpos que dificultan su extensión y generalización.

El caso de México muestra que desde el 2000, derivado de los planteamientos que realizó la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), cada Institución de Educación Superior del país implementó su propio sistema institucional de tutoría como estrategia de gran alcance que coadyuvará a la formación integral del estudiante para una educación de calidad. Como resultado del trabajo realizado, en el 2008 se crea el Programa Institucional de Tutoría (PIT), con el objetivo de la formación integral del estudiante a lo largo de su trayectoria universitaria y para responder a los planteamientos del mismo proyecto respecto a la función de docencia [14].

En particular, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla plantea que la actividad tutorial debe concebirse como una actividad dinámica y compleja que requiere de una estructura organizativa flexible, de cambio constante y de respuestas rápidas, establece cambios sustantivos en la estructura, objetivos, metas y estrategias para responder a los cambios que demanda el mundo actual y para retomar la formación integral del estudiante [BUAP, 15].

En cuanto a Chile, Riquelme Bravo, Serrano Solís, Cifuentes Cid, Riquelme Bravo & Rivas Del Canto [16], exponen que en la Universidad Católica de Temuco, en el marco de la implementación de un nuevo modelo educativo por competencias, se ha llevado a cabo una serie de acciones específicas que confluyen y tienen como resultado la creación y consolidación de tutorías curriculares con estudiantes de primer año. Dichas tutorías se enmarcan dentro de las actividades del programa de inserción a la vida universitaria.

En conclusión, se puede pensar que los problemas que hoy se observan en las Universidades Latinas, en unidades académicas como las Ingenierías, con sistemas de tutorías que llevan poco más de una década de desarrollo son muy similares a los que los autores presentan en la

realidad europea y latinoamericana. Por ello, es fundamental revisar las experiencias producidas tanto a nivel nacional como internacional para diseñar el propio modelo evitando replicar errores ya cometidos por otras universidades en el pasado.

3.1 Diagnóstico sobre la situación actual de las tutorías en la Argentina

En Argentina, y particularmente en las carreras de Ingeniería, las tutorías tienen un origen ligado a problemas que se asocian a una baja eficiencia de la educación universitaria. Problemas identificados tras los primeros procesos de acreditación consistentes en elevados niveles de deserción, retraso, desgranamiento y baja tasa de graduación [17]. Los programas de tutoría se incrementaron notoriamente en las universidades públicas del país a partir del año 2001, como consecuencia de los procesos de acreditación de las carreras reguladas por el estado. Si bien no se definieron políticas públicas explícitas sobre tutoría, los dispositivos tutoriales cobran un desarrollo significativo en el país, en el marco de los procesos de evaluación y acreditación universitaria [18].

En esta génesis, la tutoría se configura en Argentina como un dispositivo para la solución de los distintos problemas identificados en las universidades: el escaso número de ingresantes, la deserción, la cronicidad o duración prolongada de los estudios, y la escasa graduación. Este origen marca una impronta en relación a los propósitos que se definen en los programas institucionales de tutoría [18].

En el contexto argentino, y como se advierte en un estudio realizado durante 2006 y 2007 en 34 Facultades de universidades públicas y privadas [18], se encuentra que para el 46% de los tutores consultados, los motivos de la existencia de la tutoría se vinculan a la solución de problemas situados en los alumnos; para el 34% se busca brindar respuestas personalizadas a problemas de aprendizaje de los estudiantes, y para un 15%, se busca optimizar los aprendizajes a través de cambios en las actividades institucionales. En los casos analizados entre 2011 y 2013, se asiste a giros y replanteos en los equipos de gestión, coordinadores de programas y tutores, que señalan la importancia de focalizar en abordajes formativos y destinados a todos los estudiantes, y en la necesidad de modificar intervenciones que inicialmente se plantearon como remediales y pensadas para alumnos identificados con dificultades o en riesgo de deserción.

En cuanto al impacto de los dispositivos tutoriales en universidades públicas de gestión estatal de Argentina, se encuentra que su institucionalización ha sido significativa y se incrementa a lo largo del tiempo. Según el relevamiento realizado por la SPU del 2010, el 79% de los sistemas de tutoría han surgido en los últimos diez años, y de este total, el 65% ha sido a partir del financiamiento otorgado por el estado nacional.

En la actualidad, se identifican problemas y tensiones relacionados con el financiamiento necesario para la continuidad de los programas que se han consolidado en el tiempo. Si bien los programas de mejora de las carreras cuentan con financiamiento específico para la implementación de sistemas de tutoría, éstos son de corto plazo y generalmente, de tres años de duración. Esta modalidad se tensiona con propósitos como la mejora en el aprendizaje de los primeros años, la permanencia y la mayor graduación, que son objetivos de largo plazo, complejos y con incidencia de diversidad de factores. Aún en los casos en que los cargos de tutores han sido incorporados al presupuesto de las universidades –como es el caso de los Programas para la Mejora de la Enseñanza de la Ingeniería-, los montos asignados no se actualizaron en el tiempo. Estas cuestiones amenazan la posibilidad de continuidad de las tutorías, salvo en los casos en que las universidades sostienen los programas con financiamiento propio o articulados con otros programas [18].

4. Estadística descriptiva: datos cuantitativos

Analizando el perfil de los encuestados se observa mayor presencia masculina que femenina en ambos grupos que supera el 30%. (Figura 1 y 2) Con solo dos muestras no podemos inferir si la tendencia creciente de género femenino se mantendrá para toda la carrera.

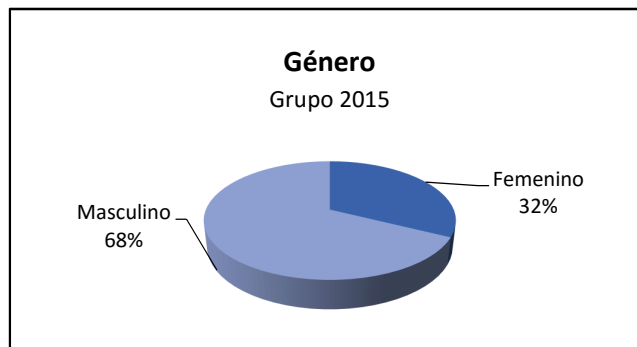


Figura 1: Relación de género para el grupo 2015.
Fuente: Elaboración propia.

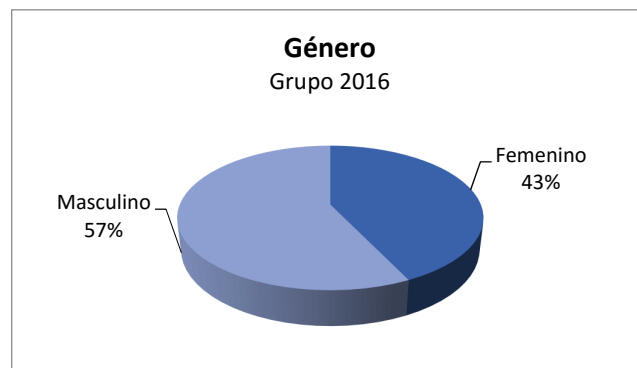


Figura 2: Relación de género para el grupo 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la afluencia regional de estudiantes en la Facultad, se consultó su procedencia detectando una baja relación al histórico de cerca de un 40% y una fuerte diferencia entre ambos grupos 12% y 21% para los grupos 2015 y 2016 respectivamente. Ello podría deberse a que la carrera de Ingeniería Industrial, a diferencia de otras carreras de la Facultad, existe en localidades de la región y a la situación socio-económica del último lustro. Ver figuras 3 y 4.

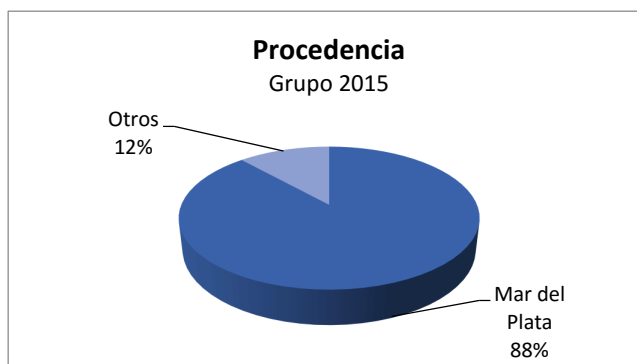


Figura 3: Procedencia del grupo 2015.
Fuente: Elaboración propia.

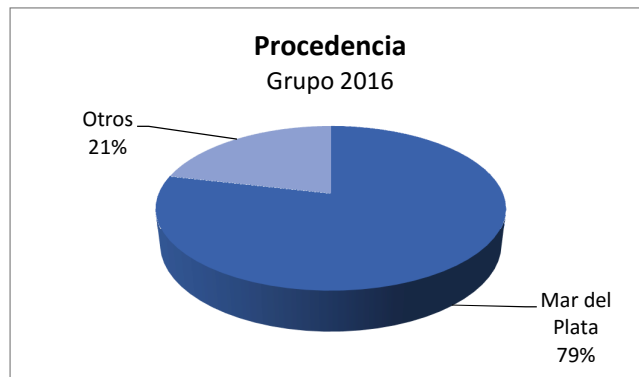


Figura 4: Procedencia del grupo 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Esta situación se ve reflejada en el entorno de convivencia de los encuestados en el cual predomina, para ambos grupos, la Familia en más de un 80% y en segundo término, en el entorno del 10% vive sólo, tal como se puede observar en la figura 5.

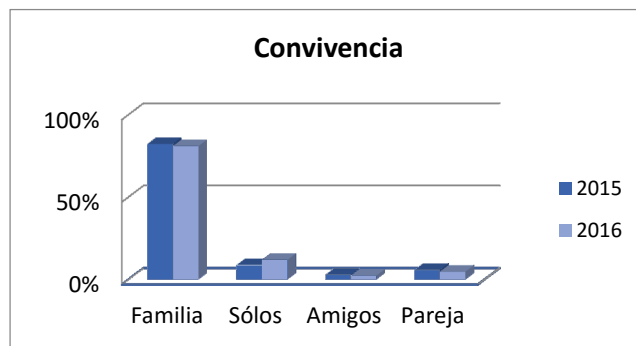


Figura 5: Convivencia de los encuestados.
Fuente: Elaboración propia.

También se considera como parte del perfil de alumno su conocimiento de idiomas. Resultan un porcentaje cercano al 60%, para ambos grupos, aquellos que dominan un idioma distinto al nativo (prevaleciendo el inglés). Cerca un 24% en el grupo 2015 y un 21% en el grupo 2016 expresan tener conocimiento de dos o más idiomas (prevaleciendo el francés y alemán como tercer idioma). Ver figuras 6 y 7.

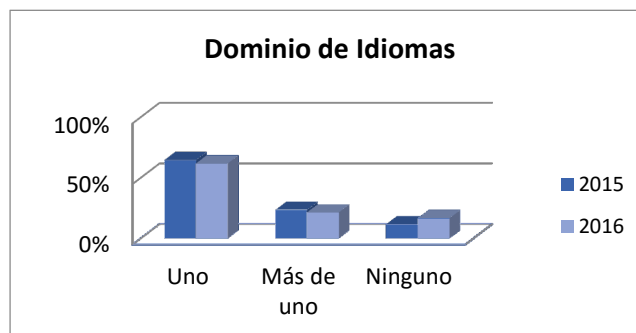


Figura 6: Dominio de idiomas.
Fuente: Elaboración propia.

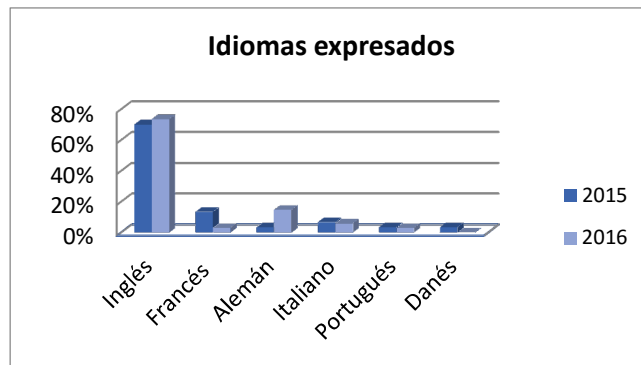


Figura 7: Idiomas expresados.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la actividad laboral del estudiante, predomina en ambos grupos aquellos que no trabajan. El porcentaje que lo hacen en forma temporal es similar en ambos grupos. Se observa que los que trabajan en forma permanente la mayoría lo hace con una carga horaria entre 4 y 6 horas semanales. (Ver Figuras 8 y 9).

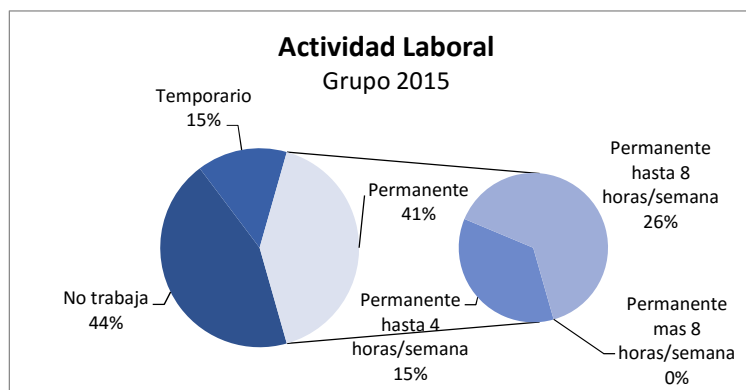


Figura 8: Actividad Laboral del grupo 2015.
Fuente: Elaboración propia.

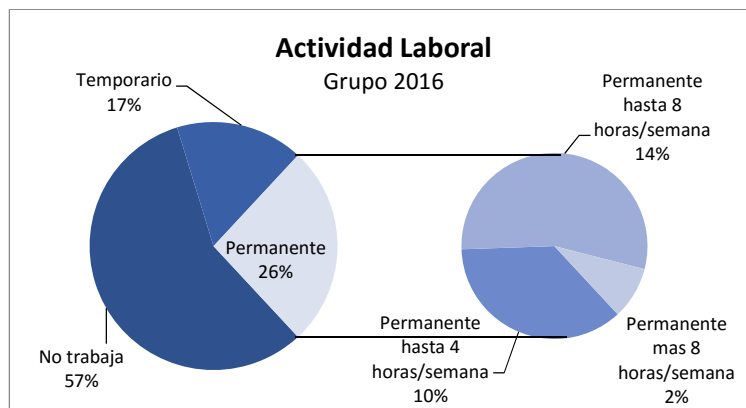


Figura 9: Actividad Laboral del grupo 2016.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la percepción sobre la utilidad del Sistema de Tutorías de Ingreso que atiende a los alumnos de primer año, predomina, en ambos grupos, una baja participación de los encuestados, que no alcanza a la tercera parte. Se observa que de los que lo utilizaron un valor superior al 60% indica que le fue de utilidad. (Ver figuras 10 y 11).

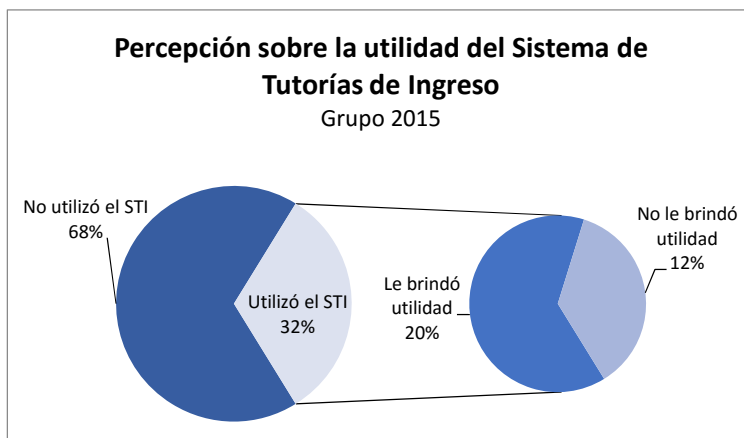


Figura 10: Actividad Laboral del grupo 2015.
Fuente: Elaboración propia.

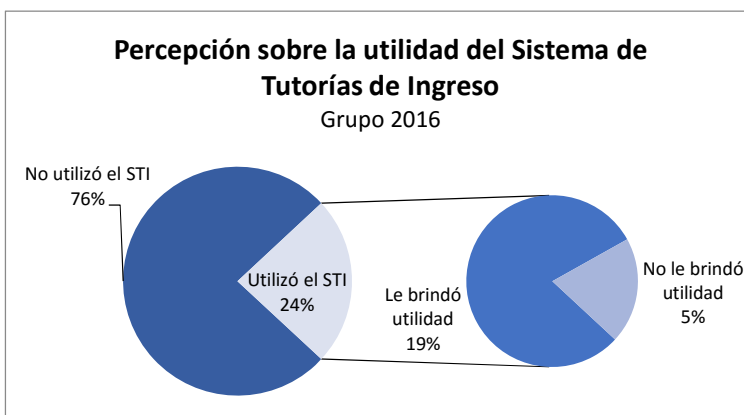


Figura 11: Actividad Laboral del grupo 2016.
Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados cualitativos

5.1. Percepciones de los estudiantes de su experiencia sobre la tutoría

A partir de los resultados relevados de un cuestionario administrado a dos grupos de estudiantes que actualmente cursan 3° y 4° año del ciclo superior, se presentan los siguientes resultados.

Atendiendo a las percepciones de los estudiantes señalados sobre cuáles son los motivos por los que considera/no considera la utilidad de las tutorías durante el ciclo básico se han registrado las respuestas presentadas en las tablas 1 y 2:

Tabla 1. Percepciones de Estudiantes de 3° año de sus experiencias sobre la tutoría.

Motivos por los que considera/no considera útiles a las Tutorías	Estudiantes de 3° año (ingresaron al Ciclo Superior en 2016)
Percepción Positiva	Funcionamiento de la facultad.
Percepción Positiva	Me sirvió para orientarme.
Percepción Positiva	Para organizarme.
Percepción Positiva	Para orientarme en problemas administrativos.
Percepción Positiva	Para inscribirme a materias, de modo virtual.
Percepción Negativa	Poca comunicación, sentí que me controlaban en las pruebas, tuve dudas sobre su rol.
Percepción Negativa	Sin contacto.
Percepción Negativa	No me resultó de gran utilidad, igual está bien que haya.
Percepción Negativa	Me preguntaron lo mismo de la encuesta
Percepción Negativa	Nunca me asignaron un tutor.
Percepción Negativa	Mi tutor no se comunicaba y quedé aislado de ese programa.
Percepción Negativa	Tuve una sola reunión presencial, no me fue de gran utilidad.
Percepción Indiferente	Fue virtual cuando tenía que anotarme a finales.
Percepción Indiferente	Solo una vez me contacté.
Percepción Indiferente	Consulté dudas de la práctica y la teoría.
Percepción Indiferente	Le preguntaba a mis amigos mayores.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Percepciones de Estudiantes de 4° año de sus experiencias sobre la tutoría.

Motivos por los que considera/no considera útiles a las Tutorías	Estudiantes de 4° año (ingresaron al Ciclo Superior en 2015)
Percepción Positiva	Lo utilizaba de forma presencial. Me ayudaba a aclarar dudas y estudiar con conciencia.
Percepción Positiva	Me ayudo a conocer dónde quedaban las instalaciones, me orientó con la equivalencia del certificado de inglés.
Percepción Positiva	Lo utilicé de manera presencial. Me orientaron respecto de las materias a cursar en el primer año.
Percepción Positiva	Sirve para aclarar las dudas iniciales que puedes tener de la carrera. Además te permite hablar con estudiantes de años más avanzados que pueden ponerse en tu lugar y resolver tus inquietudes mejor.
Percepción Positiva	Fui a una única entrevista con mi tutor. Fue de utilidad y me inspiró para ser perseverante. Me hubiera gustado hacer más de un encuentro.
Percepción Positiva	Me orientó en cuestiones básicas que son fundamental para cualquier estudiante, me facilitó información y ayudó en decisiones personales como cuantas materias hacer y en qué momento en función de su percepción en cuanto a la carga horaria y dificultad de las materias.
Percepción Negativa	Lo utilizaba de modo presencial pero tuve dos encuentros con mi tutora que no me sirvieron de mucho, pero supongo que porque tenía dudas de la carrera y no me costó tomar ritmo de estudio. No había mucho para decir el primer cuatrimestre.
Percepción Negativa	Hubo una entrevista pero no fue de ninguna ayuda.
Percepción Negativa	Hable por mail tres o cuatro veces cuando ingresé, concreté dos entrevistas, mi tutora nunca asistió.
Percepción Negativa	Solo tuve una reunión con el tutor y no me fue muy útil. Tampoco supe yo cómo aprovecharlo.
Percepción Indiferente	Mi tutor me citó una vez para que yo conozca el sistema pero nunca recurrí a él.

Fuente: elaboración propia.

6. Análisis cualitativo

6.1 Análisis Informacional

Se consideran los dichos de los participantes en cuanto a sus expectativas y percepciones como un texto único, sin importar quién lo enuncia. Primeramente se han dividido sus producciones en percepciones con una connotación positiva, negativa o indiferente para cada muestra. De este análisis surgen categorías específicas, el procedimiento sería similar a contabilizar las palabras-frase, con el objeto de separar y ordenar su contenido.

Las categorías emergentes que aparecen según el análisis del contenido del discurso en ambas muestras son las siguientes:

- Modos de comunicación entre tutor par- estudiante.
- Ambigüedades en cuanto al rol del tutor y sus alcances.
- Tutorías académicas.
- Funcionamiento administrativo.

De la confrontación de ambos grupos lo primero que se puede observar es que el grupo de estudiantes de 3° año tiene una mirada más crítica en cuanto a sus percepciones: positivas (5), negativas (7) e indiferentes (4); en cambio, los estudiantes de 4° año expresen percepciones menos negativas: positivas (6), negativas (4) e indiferentes (1).

6.2 Análisis estructural

Aquí se buscan establecer parámetros que den cuenta del funcionamiento interno de su pensamiento, es decir, poder establecer qué tipo de lógica liga las ideas de los participantes organizando su estructuración. Por ejemplo encontrar ideas-percepciones antinómicas que muestren oposiciones dentro de la población muestral sobre las categorías emergentes.

- Modos de comunicación entre el tutor par y el estudiante: en ambos grupos ponderan la comunicación como facilitadora de herramientas que los ayuda a tomar decisiones en el corto plazo. Por ejemplo qué asignaturas cursar, a qué finales anotarse, entre otros.
- Ambigüedades en cuanto al rol del tutor y sus alcances: tampoco se registran grandes diferencias en cuanto a los estudiantes de 3°y 4° año, ambos valorizan la cantidad de reuniones como si ello les asegurara una mejora en la calidad de la orientación. Son bastantes críticos con los tutores cuando no han cumplido correctamente con su rol. El grupo de 4° año parece tener más claro el alcance del rol y no manifiesta tantas expectativas de orientación con respecto a cuestiones de corte académico.
- Tutorías académicas: si bien hay diferencias, se podría decir que ambos grupos han valorado cuando las tutorías les sirvió como una fuente de información/orientación sobre cuestiones académicas.
- Funcionamiento administrativo: los participantes de 3°año manifiestan un mayor grado de satisfacción/insatisfacción directamente proporcional a la orientación recibida por parte del tutor en cuanto a espacios físicos, trámites administrativos, información básica para su matriculación como estudiante.

6.3 Análisis social-hermenéutico

Este tipo de estudio representa el modo de comprender las ideas-percepciones de los participantes a la luz de su contexto social; es decir cómo explican ellos su pensamiento y qué cuestiones de su realidad se juegan para que resulten determinadas concepciones; en este caso

puntual vinculadas a cómo piensan sus experiencias con las tutorías y qué expectativas actuales tienen.

Los alumnos de 3º año, tendrían percepciones que van bastante en línea con lo que ofrecían las tutorías a los ingresantes: orientación en cuanto a cómo transitar este primer tramo de la carrera, que les facilite tanto cuestiones administrativas como de toma de decisiones a corto término. Son de igual modo mucho más críticos y exigentes a la hora de juzgar el funcionamiento de sistema tutorial, el accionar de tutores (comunicación, encuentros, utilidad).

Es interesante que algunos de ellos expongan sentirse controlados, y cuestionen que se replicaba un pedido de información entre los encuentros presenciales y las encuestas. Esto podría mostrar que sus expectativas son más claras y definidas con respecto a lo que necesitaron en su primer año y lo que necesitan actualmente.

Los estudiantes de 4º año exponen tener percepciones más operativas en cuanto a las tutorías que el grupo anterior, es decir si les resolvió una dificultad les fueron útiles de lo contrario, pueden prescindir del sistema.

7. Conclusiones y recomendaciones

Si se revisan los trabajos previos realizados en la temática [4] y [5], se evidencia que se continúa con una tendencia encontrada dado que los alumnos basan sus expectativas en una tutoría más ligada a cuestiones administrativas y académicas, en contraposición a las tutorías motivacionales y de corte orientativo, tales como se ofrecieron hasta el año 2015.

Actualmente el presupuesto específico para el sostenimiento de los programas de tutorías financiado por la SPU se encuentran en una etapa de revisión, lo cual representa una amenaza para la continuidad de estos sistemas.

En relación a la estadística descriptiva, si bien las muestras son diferentes en cuanto a número, se han registrado patrones comunes: la mayoría de los alumnos pertenecen al género masculino; entre el 79 y el 88% de los participantes son oriundos de Mar del Plata, lo cual estaría ligado a con quienes conviven, dado que mayoritariamente habitan con sus familias. Esto último se vincularía con el actual contexto económico-social que viven los estudiantes.

En cuanto a su nivel de idioma, el 60% tiene como inglés su segunda lengua y de ese porcentaje el 35% maneja otro segundo idioma extranjero. Finalmente, cabe destacar que la mayoría de participantes de ambas muestras no trabaja.

Al analizar sus percepciones en cuanto a su experiencia vivida como alumnos tutorados al ingresar a la carrera, solamente un tercio de la muestra total expone haber utilizado el programa de tutorías; dentro de ése porcentaje la mayoría tiene una visión de utilidad.

Si se focaliza en las expectativas expresadas sobre los temas a abordar en las tutorías del ciclo superior son: orientación sobre Prácticas Profesionales Supervisadas, acerca del Trabajo Final, en la muestra de 3º año se priorizó información sobre Optativas e Intercambio, a diferencia de los alumnos de 4º que eligen orientación sobre Intercambio y finalmente Optativas. También se indagó sobre sus preferencias con respecto al tipo de tutorías: en el caso de los alumnos de 3º año eligen en primer término: tutorías individuales docentes, individuales de pares, luego grupales, y por último las virtuales; en cambio la muestra correspondiente a 4º año privilegian: primeramente la grupal, luego la individual docente, seguidamente la individual con un tutor par, después la virtual y finalmente aparece la tutoría individual con un graduado reciente. Como conclusión se podría pensar que ambas

expectativas diferenciadoras entre alumnos de 3º y 4º año están dadas por el grado de avance que tienen en sus carreras.

Para finalizar podría decirse que este relevamiento será la base para posteriores intervenciones tendientes a formalizar un sistema de tutorías específico para el ciclo superior de la carrera de Ingeniería Industrial, construido a partir de las necesidades y expectativas de los propios alumnos.

8. Referencias

- [1] ARTIGAS, M.V. y ONAINE, A.E. (2011), II Congreso Argentino de Sistemas de Tutorías: Su Evaluación “Diseño del perfil del tutor motivacional para el ciclo superior en la carrera de Ingeniería Industrial de la UNMDP, 6 y 7 de Octubre de 2011. Universidad Nacional de Tucumán – Tucumán ISBN 978-987-1366-87-3
- [2] ARTIGAS, M. V. y ONAINE, E. A. (2012) 1º Congreso Argentino de Ingeniería, 8,9 y 10 de Agosto de 2012, Mar del Plata, Argentina, “Experiencias en tutorías motivacionales en el ciclo superior de la carrera de ingeniería industrial de la UNMDP” Aceptado con evaluación. Actas en CD ISBN.
- [3] ONAINE, A. y ARTIGAS, M.V. (2010), “Tutorías en el ciclo superior de las Ingenierías: Experiencias en la carrera de Ingeniería Industrial en la UNMDP”, en el *1º Congreso Argentino de Sistemas de Tutorías en carreras de Ingeniería, Cs. Exactas y Naturales, Cs. Económicas, Informática y Afines, 2º Encuentro de la RASTIA y 1º Encuentro Nacional de Tutores Pares*: 16 y 17 de septiembre de 2010. Oberá, Misiones. Publicado ISBN 978-950-579-168-2.
- [4] ONAINE, A. E. y ARTIGAS, M. V. (2011), *IV Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*, “Tutorías en el ciclo superior de la carrera Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional de Mar del Plata, UTN Facultad Nacional Santa Cruz, 3 y 4 de Noviembre de 2011.
- [5] ONAINE, A. E. y ARTIGAS, M. V. (2012) *Quinto Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*, 8 y 9 de noviembre de 2012, Lomas de Zamora, Argentina, “Mejora al sistema de tutorías en el ciclo superior de la carrera de ingeniería industrial de la FI-UNMDP V COINI 2012”.
- [6] VASILACHIS DE GIALDINO, I. (2007) (Coord.). *Estrategias de investigación cualitativa*. Buenos Aires: Gedisa Editorial.
- [7] IBÁÑEZ, J. (1979) *Más allá de la Sociología. El grupo de discusión: técnicas y crítica*. Madrid: Editorial Siglo XXI.
- [8] KLENK, S.W. (1999), Customer-based transformation, en Beede, M. y Burnett, D. (Eds.), *Planning for student services: Best practices for the 21st century*, Michigan: Society for College and University Planning.
- [9] SANZ ORO, R. (2005), “La orientación en la educación post obligatoria: La orientación educativa en la Universidad”, *VII Jornadas Nacionales de Orientación Escolar y Profesional*, Madrid, MIDE y AEOEP, (pp 111-119).
- [10] CHIVA SANCHOS, I. y RAMOS SANTANA G. (2007) “Una Reflexión acerca de las tutorías universitarias a partir de las valoraciones realizadas por profesores tutores de la Universidad de Valencia” - *Universidad de Valencia REOP*. Vol. 18, Nº 2, 2º Semestre,

- 2007 (pp 179-187). Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=83411512006>
- [11] RAGA GIL, J.T. (2003) La tutoría, reto de una universidad formativa, en *La tutoría y los nuevos modos de aprendizaje en la universidad*. / coord. por Francisco F. Michavila Pitarch, Javier García Delgado, 2003, ISBN 84-607-8924-1, (pp 33-53).
- [12] ÁLVAREZ PÉREZ P. R. y GONZÁLEZ AFONSO, M. C. (2005), “La tutoría entre iguales y la orientación universitaria. Una experiencia de formación académica y profesional”, en *Revista Educar*, nº. 36. Año 2005. Facultad de Educación. Universidad de La Laguna, Tenerife (pp.127).
- [13] HEINZ FLECHSIG, K. y SCHIEFELBEIN, E. (2003). Los fundamentos teóricos de la tutoría presencial y en línea: una perspectiva socio-constructivista. [Versión Electrónica] *Educación tutorial*, 61-65. Extraído el 14 de agosto, 2010. De: 207.237.157.38/portal/bdigital/...72/Schiefelbein-Chapter17New.pdf
- [14] BUAP (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla), México. (2011). *Informe anual sobre sistema de tutorías* [Versión Electrónica] Extraído el 14 de mayo, 2011. De: http://www.minerva.buap.mx/VER_HTML/MUM_02a_Tutores.htm.
- [15] UAC (Universidad Autónoma de Chiapas), México. (2011). *Informe anual sobre el sistema de tutorías*. [Versión Electrónica]. Extraído el 16 de mayo, 2011. De: http://tutoria.unach.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=16 acceso: mayo 2011
- [16] RIQUELME BRAVO, P., SERRANO SOLÍS, G., CIFUENTES CID, H., RIQUELME BRAVO, L. & RIVAS DEL CANTO, L. (2011). Sistematización del programa de inserción a la vida universitaria de la Universidad Católica de Temuco. [Versión Electrónica]. *Perspectiva Educacional*, 50 (1), 87-109. Extraído el 20 de abril, 2011 de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3579425> acceso abril 2011.
- [17] AMIEVA, R. L. (2015) Los sistemas de tutorías en las carreras científicas y tecnológicas: contribuciones, en *Revista de Tutorías en Educación Superior*, nº 2, Año 2015. Grupo Interinstitucional de Tutorías de la Provincia de Buenos Aires, (pp 27- 40) ISSN: 2347-0992
- [18] CAPELARI, M. I. (2015) La tutoría en la educación superior actual: problemas, tensiones y posibilidades generadas en distintos contextos, en *Revista de Tutorías en Educación Superior*, nº 2, Año 2015. Grupo Interinstitucional de Tutorías de la Provincia de Buenos Aires, (pp 41-56) ISSN: 2347-0992



III CADI
IX CAEDI
2016



ECUACIONES QUÍMICAS CON EL APOYO DE VIDEOS EXPLICATIVOS PARA ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA

Vera, María Irene, FaCENA, UNNE, marile.vera5@gmail.com

Lucero, Irma Irene, FaCENA, UNNE, irmairene2005@yahoo.com.ar

Stoppello, Marta Gabriela, FaCENA, UNNE, mstopello@hotmail.com

Petris, Raquel Herminia, FaCENA, UNNE, raquelpetris@hotmail.com

Resumen— Los ingresantes a carreras con contenidos de química presentan déficit académico conceptual y actitudinal para desenvolverse satisfactoriamente. Los alumnos que cursan Química General para Ingenierías en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – FaCENA- presentan dificultad en la escritura de ecuaciones químicas de compuestos inorgánicos. Escribirlas implica conocimiento de las fórmulas químicas de elementos y compuestos, saberes que a los estudiantes les cuesta apropiarse.

Como una manera de aprovechar el interés del alumnado – nativos digitales- por el uso de recursos informáticos y en base a resultados alentadores obtenidos en otros temas, se decidió apoyar las clases presenciales con videos educativos elaborados por la propia cátedra y disponibles en la web de la asignatura. Los alumnos fueron entrenados para un visionado de los videos que focalice la mirada comprensiva en los aspectos más relevantes del tema, buscando así que el video no sea un simple recurso tecnológico instaurado por la innovación en sí misma.

Esta tipo de recurso ya fue utilizado por el equipo de docentes en el desarrollo de otros temas en clases prácticas de resolución de ejercicios desde 2015. En la comunicación se presenta el análisis y resultados de la experiencia sobre aprendizaje del tema “ecuaciones químicas” en dos cohortes que contaron con apoyo de videos y se contrasta con otra que no contó con dicho apoyo.

Palabras clave— *recursos informáticos, videos educativos, ecuaciones químicas.*

1. Introducción

Aprender Química es una tarea difícil para cualquier estudiante, tanto del nivel secundario como del universitario básico. Es numerosa la literatura en Enseñanza de las Ciencias que vincula la dificultad en el aprendizaje de la química con el lenguaje que utiliza un nivel representacional de gran complejidad basado en el uso de símbolos, fórmulas, diagramas y modelos para interpretar la composición de la materia (Bosque, 2010) [1]. Con su lenguaje se representa a las sustancias mediante fórmulas y a las reacciones químicas mediante ecuaciones.

Aparecen en este lenguaje palabras que encierran mucho significado asociado al modelo explicativo que usa la ciencia para concebir a la realidad. Esos vocablos representan entes o bien relaciones entre esos entes. Es así que el estudiante debe comprender el significado de palabras tales como átomo, molécula, ion, estado de oxidación, mol, reacción química, reactivos, productos enlace químico, que están representando a nivel microscópico el mundo que le rodea. Por otra parte, esos conceptos son traducidos a simbología que es muy específica, donde letras y números tienen significados diferentes según donde están escritos. En una ecuación química no tienen el mismo significado el número colocado delante de la fórmula de cada sustancia (reactivo o producto) que el número colocado como subíndice en la misma fórmula. Además, las distintas sustancias se agrupan en familias de compuestos con nombres establecidos por reglas consensuadas entre científicos desde organismos especializados, como la IUPAC (Unión internacional de Química Pura y Aplicada). Los nombres científicos de las sustancias no son familiares en la vida cotidiana. Por ejemplo la sal de mesa que es usada todos los días, no se nombra cotidianamente como cloruro de sodio.

Este escenario muestra claramente que memorización de nombres, interpretación de reglas, comprensión de conceptos y de leyes como la de conservación de la materia, son procesos cognitivos que están involucrados al tener que escribir una ecuación química balanceada que representa la formación de un determinado producto a partir de uno o más reactivos.

En Argentina, con las dos reformas educativas -la Ley Federal de Educación y la actual Ley de Educación Nacional- se ha impuesto en la educación secundaria el concepto de alfabetización científica y el enfoque ciencia tecnología sociedad, para la enseñanza de las ciencias naturales. Esta cuestión ha disminuido “la importancia de los contenidos tradicionalmente considerados como estrictamente disciplinares, para dar espacio curricular a aspectos situados más en el campo de la comprensión pública de la ciencia” (Caamaño, 2005) [2]. Tal es así que el joven ingresante a la universidad no está acostumbrado al pensamiento abstracto, al manejo de simbología y ecuaciones algebraicas con significado conceptual tanto en el campo de la Química como de la Física.

Ante esta problemática que dificulta el éxito del estudiante en el primer año de las carreras científico tecnológicas, como las ingenierías, se lleva adelante el Proyecto de Investigación PI 17F001/14 de la SGCyT (UNNE) “Innovación con TIC para fortalecer la enseñanza y aprendizaje de las actividades prácticas de Química y de Física en los primeros años de FaCENA”. Los objetivos principales del mismo son: 1- Usar las tecnologías para planificar estrategias que faciliten la construcción del aprendizaje significativo; 2- Indagar y evaluar cómo impacta en el aprendizaje de las ciencias experimentales el uso de TIC en actividades prácticas.

El estudiante universitario asiste a clases teóricas, de trabajos prácticos de ejercicios y problemas, de laboratorio y de consulta, teniendo en cada una de ellas la posibilidad de recibir las explicaciones del profesor y trabajar guiado por el docente, para la construcción de sus aprendizajes. De todos modos, pareciera que todo ello no es suficiente para lograr el éxito en los primeros exámenes parciales de química en el primer año de ingeniería.

Hoy día, inmersos en la Sociedad de la Información, se abren nuevos escenarios que permiten crear espacios educativos fuera de las aulas universitarias. Las posibilidades que las TIC ofrecen para la enseñanza y la formación en el terreno de la química y la física son diversas, y van desde facilitar la comunicación profesor-estudiante, hasta presentar información o desarrollar entornos específicos como pueden ser los laboratorios virtuales (Cabero, 2007) [3].

Dentro de todas esas posibilidades se encuentran los videos educativos que son un valioso recurso, que puede ser utilizado dentro y fuera del aula. El video es un recurso didáctico que

combina imágenes y sonidos permitiendo visualizar procesos o procedimientos. Según Marqués Graells (1999) *“se denomina video educativo a los materiales videográficos que pueden tener una utilidad en educación”* [4], incluyendo en este concepto a los videos didácticos y cualquier otro tipo, que pueda resultar útil a la enseñanza, aunque no hayan sido creados para ello. Dentro de la clasificación de videos que presenta este autor, la lección monoconceptual y la lección temática son formas de video muy útiles, dado que no presentan larga duración y se refieren a un tema específico que es presentado en forma sistemática y con la profundidad adecuada a los destinatarios. Con esta filosofía *“es posible elaborar videos propios con fines didácticos, donde el profesor dé explicaciones detalladas de manera corta y simple de un determinado tema, presentando por ejemplo, la forma de resolución de problemas específicos”* (Vera et al, 2016) [5].

Desde el año 2015 en la asignatura Química General, para las carreras de ingeniería en la FaCENA, se viene trabajando con la incorporación de videos explicativos, como recurso de apoyo a las clases presenciales para las horas de estudio independiente. Los videos fueron desarrollados dentro del equipo de cátedra y se refieren a temas que se evalúan en el primer parcial. Estos temas que incluyen “Formulación y Nomenclatura Química”, “Cálculos Estequiométricos” y “Escritura y Balanceo de Ecuaciones Químicas”, involucran simbología, reglas, nombres específicos y algoritmos que el estudiante debe aprender en un corto tiempo utilizando un lenguaje nuevo, cargado de conceptos fundamentales de alto nivel de abstracción. Los conceptos de estado de oxidación, fórmula química, ecuación química, reacción química, ley de conservación de la materia son fundamentales y tienen mucho significado que queda expresado en toda la simbología que se maneja en la enseñanza de los temas nombrados. Es así que la Química se torna difícil para los estudiantes y en especial para los de aquellas carreras que no tienen un perfil profesional asociado fuertemente con ella. Por ello se consideró importante poder buscar otros recursos que puedan ayudar a la comprensión de estos temas.

En trabajos anteriores (Vera et al, 2015 [6], Vera et al, 2016 [5]), se presentaron los resultados de la implementación de los videos referidos a Formulación y Nomenclatura Química y a Cálculos Estequiométricos con fórmulas químicas. Resultados positivos, que marcan diferencia en el nivel de respuestas correctas en el primer parcial en la cohorte 2015 (con videos implementados), respecto de la cohorte 2014 (enseñanza tradicional, sin videos), son los que alientan a seguir con esta propuesta pedagógica. Para citar algunos datos favorecedores “de la comparación de ambas cohortes, en 2015 hay 10% más de respuestas correctas, mientras que hay un 10% menos de respuestas incorrectas y no respondidas, en el caso de formulación y nomenclatura (Vera et al, 2015). En el caso de estequiometría, “donde las respuestas correctas no superaban el 30% y más del 50% no los resolvía (en 2014), los resultados obtenidos con los alumnos que vivieron la propuesta didáctica innovadora 2015 son satisfactorios dado que el 51% se considera que comprendió el tema y el porcentaje de quienes no resuelven ningún ejercicio ha disminuido a 37%. (Vera et al 2016) [5]. Los mismos trabajos revelan que todos los estudiantes han visto los videos y lo han hecho mayormente para aclarar dudas y como repaso de los temas.

Escribir ecuaciones químicas balanceadas implica conocimiento claro de las fórmulas químicas de elementos y compuestos, a la vez de conocer las familias de compuestos, debiendo reconocer a los reactivos y los productos generados, según el nombre del compuesto a formar. Todo esto genera gran confusión en los estudiantes que no logran alcanzar –al momento de la evaluación tomada a los 45 días de iniciadas las clases– sólido conocimiento respecto de las distintas familias de compuestos, sus nombres y su fórmula química, que involucra conocimiento del estado de oxidación del elemento involucrado.

En este trabajo se presenta el análisis y los resultados de aprendizaje del tema Ecuaciones Químicas en dos cohortes, 2015 y 2016, en las que fue desarrollada la propuesta didáctica con videos explicativos y se contrasta con otra que no contó con dicho apoyo.

2. Materiales y Métodos

2.1. Propuesta Didáctica

La experiencia que se presenta consiste en la aplicación -como recurso didáctico complementario- de videos temáticos referidos a la obtención de diferentes compuestos inorgánicos mediante ecuaciones químicas apropiadas. En cada video se explica -con voz en off- y se muestra en la hoja el procedimiento para escribir claramente la ecuación balanceada del compuesto químico correspondiente. Los videos fueron grabados con una Tablet, elaborados por la profesora titular de la asignatura Química General para ingenierías en FaCENA, quien era la que explicaba el procedimiento. Se editaron y publicaron 7 (siete) videos sobre ecuaciones químicas en el sitio de acceso libre YouTube, para luego establecer el enlace desde el apartado “sitios recomendados” del Aula Virtual de la asignatura: <http://www.quimicageneralingenieriafacena.ecaths.com/links/>

Los alumnos disponían de este material antes de asistir a la clase práctica y lo podían visualizar tantas veces quieran, desde una computadora o un teléfono móvil inteligente. Contar con las explicaciones del profesor en contexto extra áulico es tomar los principios de la “clase invertida- flipped classroom-“; donde aquellas actividades ligadas principalmente a la exposición y explicación de contenidos pasan a ofrecerse fuera del aula, por medio de herramientas tecnológicas, siendo el video el más utilizado. Los alumnos fueron entrenados para que la visión de los videos la hagan de manera efectiva, focalizando la mirada comprensiva en los aspectos más relevantes del tema y pudiendo anotar dudas para posteriores consultas (García Barrera, 2013) [7] . Con esto se pretendió que el video no sea un simple recurso tecnológico instaurado por la innovación en sí misma.

La experiencia se realizó con alumnos que cursaron Química General en las cohortes 2015 y 2016 pertenecientes a carreras de Ingenierías de la FaCENA. El cursado comprende clases de teoría, de resolución de problemas y experimentales de laboratorio totalizando 7 horas semanales. El tema objeto de análisis se desarrolla en la primera unidad del programa en clases prácticas de resolución de problemas en las que los alumnos se distribuyen en grupos a cargo de Auxiliares Docentes con diferente formación de Grado. Las actividades de aprendizaje se refieren a ejercicios de obtención de diferentes compuestos inorgánicos (óxidos, hidróxidos, hidruros, ácidos, sales) a partir de la escritura de las respectivas ecuaciones químicas.

El tema se desarrolla a continuación de Formulación y Nomenclatura Química con la siguiente secuencia de clases: una clase teórica –a cargo de la profesora titular- de dos horas en la que se explican las diferentes situaciones posibles en el balanceo de ecuaciones químicas. Una clase práctica a cargo del Jefe de Trabajos prácticos de resolución de cinco ejercicios con diferentes ítems cada uno, presentados en la guía de actividades. Una clase de consulta –no obligatoria- para atender dudas sobre la resolución de los ejercicios presentados como “ejercicios complementarios” para estudio independiente y fijación. Para esas horas de estudio los alumnos cuentan con el material videográfico editado.

2.2. Metodología

El primer examen parcial fue el instrumento a través del cual se “midió” el aprendizaje de los estudiantes. En el mismo se presentaron tres situaciones de escritura de ecuaciones químicas: un óxido, un hidróxido o un ácido y una sal.

Las respuestas de los estudiantes fueron agrupadas en tres categorías: Correctas, Incorrectas y No Contesta. Los indicadores fueron los siguientes: Correcta para al menos dos ejercicios bien resueltos; Incorrectas para quien tenía solo un ejercicio bien resuelto o todos mal resueltos; No Contesta para quien no muestra solución alguna.

Se analizaron los parciales de las Cohortes 2015 y 2016 como grupos experimentales y la del 2014 como grupo de testeo, a fin de poder comparar el rendimiento académico.

3. Resultados y Discusión

Se analizaron 260 parciales en 2014, 261 en 2015 y 275 en 2016. Proporcionalmente en cada uno de estos grupos el número de alumnos recursantes es el mismo, cuestión tenida en cuenta para considerar grupos equivalentes. Si bien los ingresantes provienen de diferentes modalidades de educación secundaria, ya tenemos probado en trabajos previos realizados por este grupo en distintos años, que esa variable no afecta incidiendo en los conocimientos previos con los que los estudiantes llegan a la universidad.

En el Gráfico N°1 se presentan en porcentajes los resultados obtenidos para cada categoría.

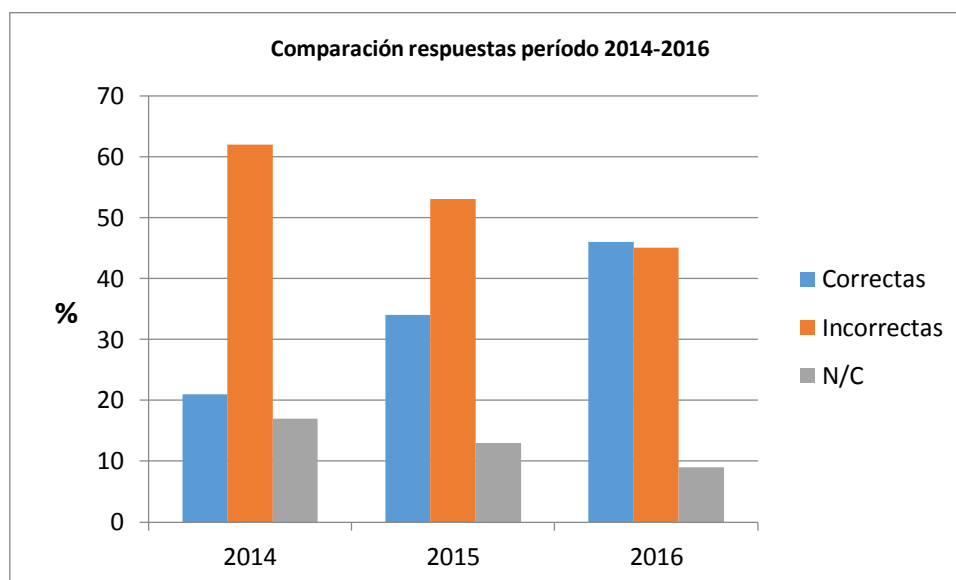


Figura 1. Comparación respuestas diferentes cohortes

Puede verse claramente que en las cohortes 2015 y 2016 hay un aumento en la cantidad de respuestas correctas; y una disminución tanto en las respuestas incorrectas y no contesta. Es alentador ver que en 2016 el porcentaje de respuestas correctas se aproxima al 50% y supera levemente a las incorrectas.

Para validar la utilización de los videos se aplicó una encuesta a los estudiantes para recabar información vinculada a la cantidad de veces que han visualizado y con qué finalidad. Todos los que la respondieron los miraron al menos una vez para fijar conocimientos y/o para repasar. Esto muestra que los videos fueron utilizados.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los videos elaborados para esta propuesta se corresponden con lo que Marques Graells (1999) [4] llama “lecciones monoconceptuales y lecciones temáticas”. En el caso de los videos de ecuaciones químicas la profesora explica claramente cómo el nombre del compuesto a obtener es orientativo para deducir los reactivos que intervienen en una determinada ecuación

química. Hace hincapié en prefijos y sufijos que se deben relacionar para poder deducir el nombre de las sustancias reaccionantes, que a su vez, se relacionan con el número de oxidación del elemento. Para el balanceo de las ecuaciones explicita cómo deben calcularse los coeficientes estequiométricos, aplicando la ley de conservación de la masa, que se refleja en la ecuación al igualar en reactivos y productos la cantidad de moles de cada elemento.

De los resultados obtenidos y de la observación participante por parte de algunos de estos autores, involucrados en el dictado de la asignatura, se puede inferir que el recurso didáctico de los videos explicativos contribuyó a una apropiación de los conocimientos por parte de los estudiantes.

Es de destacar que las respuestas correctas de las cohortes experimentales, en muchos casos corresponden a los tres ejercicios bien resueltos. Esto muestra que el recurso contribuye a superar el obstáculo observado tradicionalmente en el balanceo de ecuaciones de obtención de sales.

La cotidianeidad en el proceso de enseñanza aprendizaje como profesor analista de su propia práctica permitió registrar expresiones tales como “*sigas haciendo más videos*”.... “*prepare videos sobre ecuaciones redox*”.... “*prepare videos sobre los laboratorios*”..., por parte de los estudiantes.

5. Referencias

- [1] BOSQUE, P. M. (2010). Los procesos de enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la química en estudiantes universitarios. *Educación Química*, Universidad Nacional Autónoma de México, 21(2), p.126-138. Disponible en www.educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf1171. Visto junio 2016.
- [2] CAAMAÑO, A. (2005). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. In GALAGOVSKY, L. (2007). Enseñar Química vs. Aprender Química: una ecuación que no está balanceada. *Revista Química Viva*, Universidad de Buenos Aires, Vol 6, número especial, suplemento educativo, mayo 2007, p.1-14. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86309909>. Visto junio 2016
- [3] CABERO ALMENARA, J. (2007). Las TIC's en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa. In BODALO, A. y otros (Eds) 2007. *Química, Vida y Progreso*. Murcia: Asociación de Químicos de Murcia. p.1-34 Disponible en: [.http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/jca16.pdf](http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/jca16.pdf). Visto mayo 2016.
- [4] MARQUÉS GRAELLS, P. (1999) Los videos educativos: tipologías, funciones, orientaciones para su uso. Departamento de Pedagogía Aplicada. Facultad de Educación. UAB. Disponible en: <http://www.peremarques.net/videoori.htm>. Visto septiembre 2014.
- [5] VERA, M.I.; LUCERO, I.; STOPELLO, M.; GIMENEZ, L.; PETRIS, R. (2016). Videos como apoyo a la comprensión de cálculos estequiométricos referidos a fórmulas químicas. Aceptado en III Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC 2016-Congreso Virtual- Universidad de Vigo. 13 al 16 junio 2016.
- [6] VERA, M.I.; GIMENEZ, L.; PETRIS, R.; LUCERO, I.; STOPELLO, M. (2015). Aporte de las TIC para la enseñanza y el aprendizaje del tema formulación y nomenclatura química. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, Vol 102 (1-2). January-December 2015.

- [7] GARCÍA BARRERA, A. (2013). El aula inversa: cambiando la respuesta a las necesidades de los estudiantes. *Avances en Supervisión Educativa. Revista de la Asociación de Inspectores de Educación de España*. N° 19, p.1-8 Disponible en: <http://www.adide.org/revista/index.php/ase/issue/view/8>. Visto agosto 2016.

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS MATEMÁTICAS EN MATEMÁTICA DISCRETA

Bellani, Marcela Elisabet, Universidad Nacional de La Matanza, mbellani@unlam.edu.ar

Fernández, Teresa Ema, Universidad Nacional de la Matanza, tfernandez@unlam.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una estrategia didáctica basada en la inclusión de Aplicaciones Prácticas de conceptos básicos de la Matemática Discreta llevada a cabo en el primer año de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), con el fin de contribuir, desde ésta asignatura de formación básica, al desarrollo de competencias matemáticas específicas, que sirvan como puente para la adquisición de competencias genéricas relacionadas con la comprensión lectora tales como : competencia para identificar, formular y resolver problemas, competencia para comunicarse con efectividad y competencia para aprender en forma continua y autónoma.

Considerando a los estudiantes como protagonistas y actores principales del proceso de enseñanza-aprendizaje la incorporación de Aplicaciones Prácticas apunta a generar actitudes positivas hacia el aprendizaje de la Matemática Discreta exponiendo la utilidad de la misma para solucionar problemas ingenieriles.

Aporta un método para el desarrollo de competencias genéricas a partir del trabajo de competencias matemáticas específicas favoreciendo una mayor adquisición de los contenidos y su reutilización en otros contextos.

La metodología se basa principalmente en la realización de seis Aplicaciones Prácticas de diferente entidad en grupos de 2,3 o 4 alumnos.

La evaluación de la adquisición de dichas competencias se ha llevado a cabo mediante una rúbrica elaborada y adaptada a la actividad propuesta.

El resultado obtenido fue motivador, por lo cual seguimos aplicándolo conjuntamente a otras nuevas tendencias, plasmándose en una mejora del rendimiento académico y en el presentismo del alumnado.

Palabras clave — *Aplicaciones Prácticas, Matemática Discreta, competencias genéricas, comprensión lectora*

1. Introducción

Año tras año se observa la dificultad que tienen la mayoría de los estudiantes del primer año de las carreras de Ingeniería de la UNLaM en comprender las consignas de las distintas actividades planteadas durante el curso de Matemática Discreta (MD). Esta dificultad compromete, muchas veces, la posibilidad de cursar con éxito el primer año de la carrera.

Promover, desde el inicio, las habilidades de entender textos escritos en una variedad de registros lingüísticos y de expresarse con diferentes niveles de precisión técnica y teórica sobre temas de contenido matemático, no sólo los ayudará en asignaturas del área de matemática sino que favorecerá el desempeño de los estudiantes en todas las asignaturas de la carrera, pues la matemática es el lenguaje de las ingenierías ya que todo lo que se dice en ingeniería se puede representar a través de simbología matemática.

Este trabajo tiene como anclaje el trabajo de investigación que el grupo de la cátedra de MD ha desarrollado en años anteriores y que tuvo como finalidad una nueva forma de encarar el trayecto curricular de la asignatura para la mejor comprensión de los conocimientos y habilidades que deben ser adquiridas por los estudiantes.

Como consecuencia del trabajo de investigación, a partir del primer cuatrimestre del 2013, se propuso un cambio en la organización; secuencia y modalidad de presentación de los contenidos de MD, considerando central la integración entre la teoría y la práctica para lograr una actitud positiva hacia la asignatura, el estudio y sus aprendizajes.

Teniendo en cuenta que el significado no se impone ni transmite mediante la enseñanza directa, sino que se crea mediante actividades de aprendizaje de los estudiantes, de acuerdo al constructivismo, la reforma, incluyó Aplicaciones Prácticas mostrando como los contenidos teóricos desarrollados en esa unidad se aplican en ingeniería, estableciendo de esta forma las bases matemáticas para la resolución de problemas inherentes, con el fin que los estudiantes encuentren sentido al curso que reciben, entiendan porqué se les imparte, y cómo y dónde lo aplicarán.

La incorporación de Aplicaciones Prácticas aporta un método para el desarrollo de competencias genéricas a partir de trabajar ciertas competencias matemáticas específicas, creando las bases para favorecer una mayor adquisición de los contenidos y su reutilización en otros contextos.

Se propone un conjunto de seis Aplicaciones Prácticas desarrolladas con distintas metodologías de enseñanza-aprendizaje correspondientes a temas tales como relaciones; grafos; autómatas; teoría de números, análisis combinatorio y lógica.

Estas Aplicaciones Prácticas se diseñan de manera tal que permitan el desarrollo de competencias matemáticas específicas que sirvan como puente para la adquisición de competencias relacionadas con la comprensión lectora: competencia para identificar, formular y resolver problemas; competencia para comunicarse con efectividad y competencia para aprender en forma continua y autónoma.

Las competencias genéricas seleccionadas han sido elegidas del Informe elaborado por el Consejo Federal de Decanos, CONFEDI [1], sobre competencias en la enseñanza de la Ingeniería.

De acuerdo al mismo, en la competencia para identificar, formular y resolver problemas se tiene en cuenta principalmente habilidades tales como identificar y organizar los datos pertinentes del problema; delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.

En la competencia para comunicarse con efectividad se consideran principalmente habilidades tales como expresarse de manera concisa, clara y precisa en forma escrita; identificar el tema central y los puntos clave del informe a realizar; utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural) y manejar herramientas informáticas apropiadas para la elaboración de informes. Y en la competencia para aprender en forma continua y autónoma ser capaz de hacer una búsqueda bibliográfica por diversos medios, de seleccionar el material relevante y hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo.

Se hace hincapié en el análisis de la información escrita que involucra el entender y reflexionar sobre los diversos conceptos y procedimientos a aplicar en la resolución de problemas y las respuestas argumentadas y escritas de manera eficaz.

2. Materiales y Métodos

El objetivo fundamental de este trabajo es contribuir al desarrollo de competencias genéricas en la asignatura "Matemática Discreta" del primer año de las carreras de Ingeniería de la UNLaM.

Este objetivo, se concreta en el diseño, planificación e implementación de seis Aplicaciones Prácticas, en las cuales se trabajan competencias matemáticas específicas de acuerdo a la clasificación de Mogens Niss [2] y que contribuyen a la adquisición de competencias genéricas relacionadas con la comprensión lectora.

Considera que la competencia matemática es la habilidad de entender, juzgar, hacer y usar las matemáticas en una variedad de situaciones y contextos intra y extra matemáticos, en los que éstas juegan o podrían jugar algún papel.

Clasifica en ocho tipos a las competencias matemáticas, dividiéndolas en dos grupos:

a) Habilidad para preguntar y responder cuestiones en matemáticas y por medio de las matemáticas:

- Pensar y razonar

Responder a cuestiones en contextos poco familiares.

Responder a cuestiones complejas en multitud de contextos.

Formar y relacionar conceptos.

- Argumentar

Elaborar argumentos basados en sus acciones.

Formular los razonamientos desarrollados.

Elaborar argumentos desde su propia reflexión.

- Plantear y resolver problemas

Resolver problemas con datos sencillos, seleccionando y aplicando estrategias sencillas.

Seleccionar, comparar y evaluar estrategias.

Generalizar resultados de problemas.

- Modelizar

Usar modelos explícitos en situaciones concretas.

Desarrollar y usar modelos en múltiples situaciones.

b) Habilidad para utilizar el lenguaje y las herramientas matemáticas:

- Comunicar

Describir resultados obtenidos.

Realizar explicaciones sencillas.

Comunicar conclusiones con precisión.

- Utilizar lenguaje y operaciones simbólicas, formales y técnicas

Realizar operaciones básicas.

Usar algoritmos y fórmulas elementales.

Aplicar procedimientos descritos con claridad.

Representar situaciones reales por símbolos.

Dominar con rigor el lenguaje simbólico

-Utilizar ayudas y herramientas. TIC

Conocer de la existencia y propiedades de herramientas y ayudas para la actividad matemática y sus rangos y limitaciones de acción.

-Representar

Leer datos directamente de tablas o figuras.

Usar un único tipo de representación.

Conocer y usar diferentes sistemas de representación.

Vincular diferentes sistemas de representación incluyendo el simbólico. Relacionar y traducir con fluidez diferentes sistemas de representación

La experiencia se desarrolló en los 10 cursos de Matemática Discreta, participando aproximadamente 700 estudiantes, en forma cuatrimestral. La materia se dicta cuatrimestralmente, al igual que el resto de las cátedras de la Universidad Nacional de La Matanza.

Las actividades se diseñaron teniendo en cuenta las competencias que se pretende que desarrollen los estudiantes. Ellas son:

Competencias Genéricas.- Comprender un texto con notación matemática, hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo, ser capaz de entender un problema y relacionarlo con la parte teórica correspondiente, identificar y organizar los conocimientos necesarios para la resolución de problemas y saber expresar de manera concisa, clara y precisa la solución del problema.

Competencias Matemáticas Específicas.- Comprender y utilizar los conceptos dados: abstraer conceptos y generalizar resultados; resolver problemas matemáticos; llevar a término modelizaciones en contextos dados, matematizar situaciones; seguir y evaluar los razonamientos matemáticos ajenos, comprender el qué es y qué no es una demostración, ser capaz de realizar razonamientos informales y formales; codificar símbolos y lenguaje formal; traducir de un lenguaje a otro; tratar fórmulas y expresiones simbólicas e interpretar textos con distintas representaciones.

La metodología docente desarrollada para la adquisición de las competencias se basa en 6 Aplicaciones Prácticas; 4 se realizan en clase y 2 son no presenciales.

Cabe señalar que las actividades fueron programadas dentro del cronograma de clases que fue puesto en conocimiento a los alumnos al inicio del cuatrimestre.

Tabla 1. Planificación de Actividades

Actividad	Clase N°
En clase	3
En clase	6
No Presencial	8 .Entrega
En clase	10
En clase	12
No Presencial	14.Entrega

Fuente: elaboración propia

a-Aplicaciones Prácticas presenciales

Se desarrollan después de la clase magistral correspondiente, cumpliendo así la finalidad de reforzar el contenido impartido en ellas. Cada actividad de la Aplicación Práctica presencial contiene varios puntos prácticos sencillos, aumentando su complejidad a lo largo de la misma.

Para su realización, los alumnos se distribuyen en grupos de 2, 3 o 4 estudiantes. Una vez en grupo, resuelven los ejercicios planteados y entregan la solución al finalizar la clase.

Durante los ejercicios se cuenta con tres docentes en el aula para resolver las dudas del ejercicio o de la teoría impartida.

b-Aplicaciones Prácticas no presenciales

Se desarrollan fuera del horario de clase y su fecha de entrega, vence el día del primer y segundo parcial, respectivamente. Se trata de actividades que relacionan la lectura con los contenidos de Matemática Discreta.

La metodología planteada para estas Aplicaciones Prácticas, consiste en la resolución de actividades de un contenido de Matemática Discreta no dictado por el profesor que, contemplan búsquedas bibliográficas, selección de material relevante, lectura comprensiva y crítica, la interpretación del lenguaje simbólico y formal de las matemáticas y el trabajo con expresiones simbólicas y fórmulas. Representa un problema de mayor complejidad que los desarrollados en las Aplicaciones Prácticas en clase, pues implica un trabajo de análisis y el diseño de soluciones sencillas.

Para su realización, los alumnos se distribuyen en grupos de 2, 3 o 4 estudiantes.

Con esto se pretende que los alumnos alcancen un grado de reflexión que les permita explicar y relacionar los conceptos clave de la asignatura.

Por otro lado, la asignatura cuenta con clases de consulta para cada curso antes o después del horario de clase donde pueden preguntar a sus docentes las dudas que van surgiendo al realizar la Aplicación Práctica no presencial.

3. Resultados y Discusión

Cada una de las Aplicaciones Prácticas se evalúa teniendo en cuenta las competencias matemáticas específicas que favorezcan el desarrollo de las competencias genéricas relacionadas con la comprensión lectora.

En el diseño de la rúbrica, que se utiliza para evaluar las Aplicaciones Prácticas, se tuvo en cuenta el conjunto de habilidades necesarias para demostrar que han adquirido las competencias genéricas seleccionadas.

Los alumnos aprueban cada una de las Aplicaciones Prácticas si cumplen con el 60% de las habilidades que se consideran para las competencias genéricas seleccionadas.

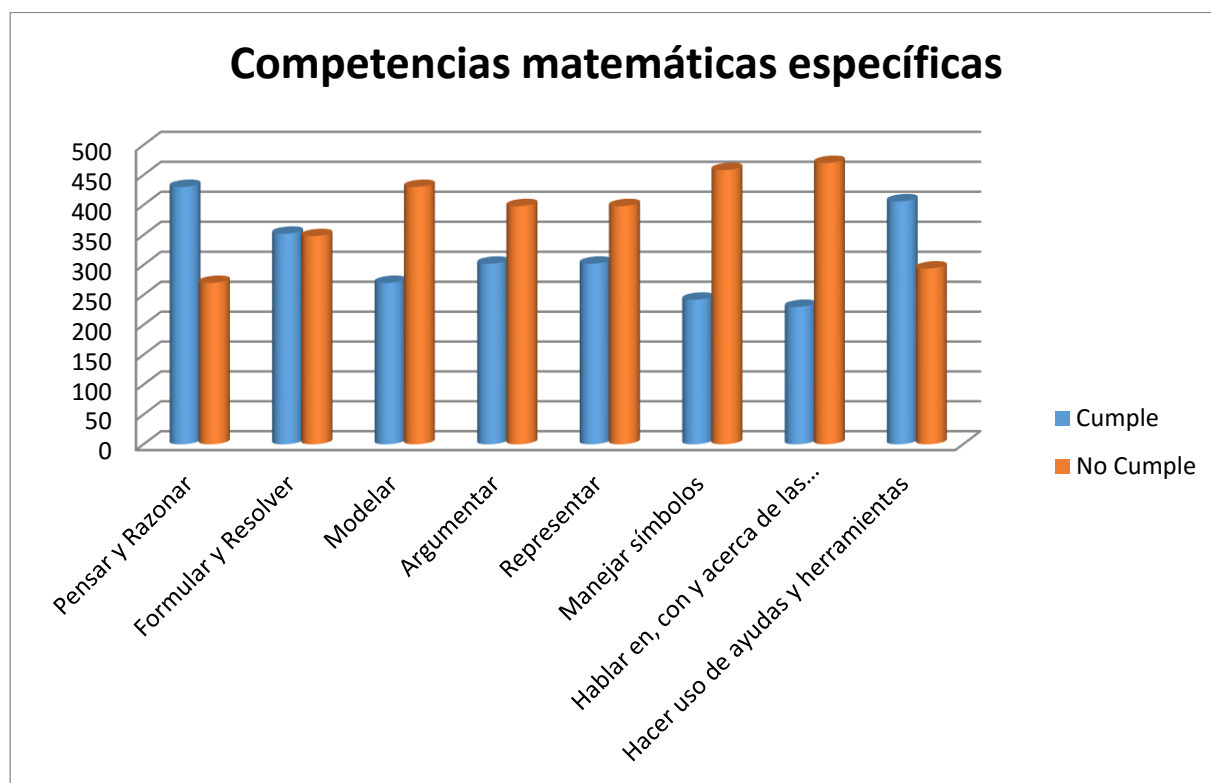
A continuación se muestra una rúbrica general para las Aplicaciones Prácticas presenciales y no presenciales que se han utilizado para evaluar el trabajo de los estudiantes.

Tabla 2. Análisis competencial de la Aplicación Práctica N°1

Competencia matemática	Cumple		Observaciones
	SI	NO	
Manejar símbolos y formalismos matemáticos			
Decodificar e interpretar lenguaje matemático formal y simbólico y entender sus relaciones con el lenguaje natural.			
Traducir de un lenguaje natural a un lenguaje simbólico.			
Hacer uso de enunciados y expresiones que contengan símbolos y fórmulas.			
Formular y resolver problemas matemáticos			
Resolver distintos tipos de problemas matemáticos puros o aplicados, abiertos o cerrados.			
Hablar en, con y acerca de las matemáticas			
Entender textos escritos en una variedad de registros lingüísticos sobre temas con contenido matemático.			
Expresarse con diferentes niveles de precisión técnica y teórica, de manera escrita sobre dichos temas.			
Argumentar matemáticamente			
Descubrir las ideas básicas en una línea de argumento dada lo cual incluye distinguir líneas principales de detalles, ideas de tecnicismos.			
Pensar y razonar matemáticamente			
Entender y manejar el alcance y las limitaciones de un concepto dado.			
Representar entidades matemáticas			
Entender y utilizar diferentes tipos de representaciones de objetos, fenómenos y situaciones matemáticas.			
Modelar matemáticamente			
Decodificar los modelos existentes, es decir, traducir e interpretar los elementos del modelo en términos de la “realidad” modelada.			
Realizar modelación activa en un contexto dado			
Hacer uso de ayudas y herramientas			
Ser capaz de usar diversas ayudas y herramientas para la actividad matemática			

Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de las rúbricas de las Aplicaciones Prácticas se volcaron el siguiente gráfico:



Fuente: elaboración propia

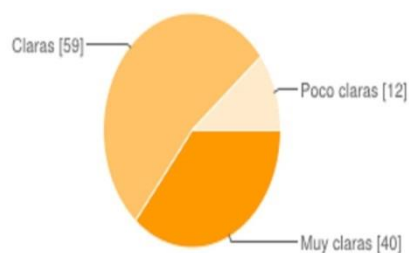
Este gráfico muestra que los mayores porcentajes en el no cumplimiento, que implica hacer la actividad de forma incorrecta o regular o bien no hacerla, se obtuvieron para las competencias de manejar símbolos y hablar en, con y acerca de las matemáticas que involucra entender textos escritos; expresarse de manera clara y precisa en forma escrita; decodificar e interpretar lenguaje matemático formal y simbólico y entender sus relaciones con el lenguaje natural.

Además, para evaluar el impacto que tuvieron las Aplicaciones Prácticas en el aprendizaje de la asignatura se realizó una encuesta anónima y no obligatoria, a los estudiantes a través de un formulario on-line, al final de la cursada. La misma fue contestada por 111 estudiantes, representando el 26 % de los alumnos que cursaron la materia de manera completa, es decir luego de rendir los parciales y recuperatorios correspondientes (61% del total inicial de 700 estudiantes).

Dado el carácter no obligatorio de la encuesta, el porcentaje de estudiantes que la han contestado, 26 %, resulta ser altamente significativo para poder determinar los resultados de las mismas, y evaluar los pasos a seguir en la metodología intra y extra aúlica.

A continuación, se muestran las preguntas realizadas, de tipo cerradas, de elección única y politómicas, y los resultados obtenidos para cada ítem, en números ordinales y en porcentajes.

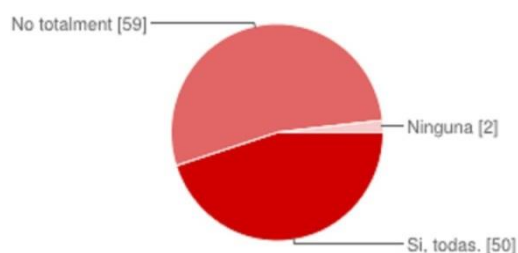
- 1) Con respecto a las consignas de las Aplicaciones Prácticas, las mismas fueron:



RESULTADOS

Muy claras	40	36%
Claros	59	53%
Poco claras	12	11%

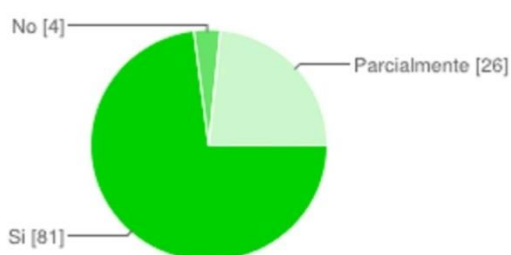
2) ¿Pudo resolver las Aplicaciones Prácticas?



RESULTADOS

Sí, todas	50	45%
No totalmente	59	53%
Ninguna	2	2%

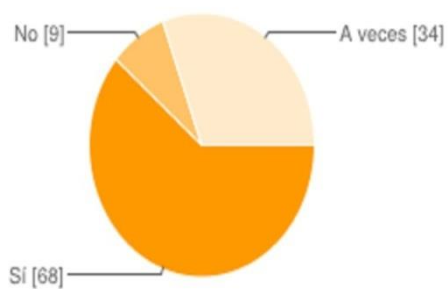
3) ¿Las Aplicaciones Prácticas le sirvieron para asimilar mejor los conceptos de la Unidad a la cual pertenece la misma?



RESULTADOS

Si	81	73%
No	4	4%
Parcialmente	26	23%

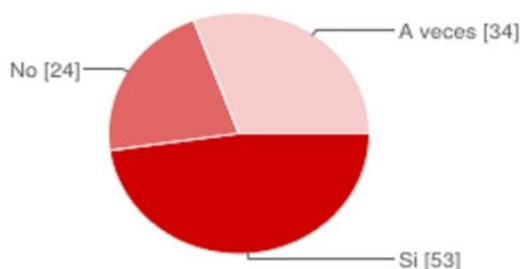
4) ¿Opina que las Aplicaciones Prácticas son un instrumento que le permite estudiar semanalmente la materia?



RESULTADOS

Si	68	61%
No	9	8%
A veces	34	31%

- 5) ¿Fueron las Aplicaciones Prácticas, un instrumento para determinar la eficacia en su estudio?



RESULTADOS

Si	53	48%
No	24	22%
A veces	34	31%

4. Conclusiones y recomendaciones

La metodología utilizada para trabajar las competencias matemáticas relacionadas con las competencias genéricas seleccionadas en la asignatura “Matemática Discreta” parece ser adecuada después de analizar los resultados obtenidos durante estos años, que permiten inferir un mejoramiento en el aprendizaje de matemática y el desarrollo de competencias evaluadas.

La metodología seguida, planteando un conjunto de Aplicaciones Prácticas presenciales y no presenciales que contemplan búsquedas bibliográficas, selección de material relevante, lectura comprensiva y crítica, la interpretación del lenguaje simbólico y formal de la matemática y el trabajo con expresiones simbólicas y fórmulas, fuerza a los estudiantes a abandonar la comodidad de los caminos establecidos y limitados, y poner en marcha recursos que normalmente no utilizan.

El primer efecto que se obtuvo de la implementación de esta metodología fue una disminución del porcentaje de ausentismo, que era en el 2013 del 50 % a un 39 % en 2015. Esto fue acompañado de un aumento en el porcentaje de aprobados, de un 36 % en 2013 a un 48% en 2015.

Y en segundo lugar un mayor grado de satisfacción de los estudiantes con la asignatura, como puede observarse en la encuesta. El principal motivo de satisfacción está centrado en la contextualización que se logra a través de la Aplicaciones Prácticas no presenciales y que permite entender a los estudiantes el porqué de estudiar Matemática Discreta en Ingeniería.

De todo lo expuesto, se ratifica que la realización de este tipo de Actividades, será incluido permanentemente en el desarrollo de la cátedra de Matemática Discreta, con los ajustes pertinentes para lograr que los objetivos propuestos, se cumplan de manera exitosa.

Referencias

- [1] CONFEDI. (2013). *Acuerdo sobre competencias genéricas*.
- [2] NISS, MOGENS. (1999) .*Competencias Matemáticas y el Aprendizaje de las Matemáticas: Proyecto Kom Danés*.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN ESTUDIANTES DEL CICLO DE COMPLEMENTACIÓN CURRICULAR LICENCIATURA EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO: IMPLEMENTACIÓN EN TRABAJO DE CAMPO

Morrongiello Noelia, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería,
morrongiello_noelia@yahoo.com.ar

Rodriguez Leandro, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería,
lrodriguez@montamar.com.ar

Cámpoli Oscar, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería,
ocampoli@kennedy.edu.ar

Resumen— La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Zamora, dentro de sus ofertas académicas, dispone del “Ciclo de Complementación Curricular Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo”, destinado a técnicos graduados en el área de interés.

Con una duración de dos años, y quince materias, se ha decidido implementar un modelo de evaluación por competencias en la asignatura “Trabajo de Campo”, correspondiente al segundo año de la carrera y correlativa de “Seminario de Tesis”, que otorga la terminalidad de la carrera.

Dicho modelo se ha basado en primer lugar, en una selección de competencias del documento de CONFEDI, adecuadas a la carrera mencionada anteriormente.

En función de la rúbrica desarrollada, con grados determinados, previamente, de alcances esperados por el alumno, se espera evaluar el nivel porcentual de adquisición de las competencias elegidas.

A modo de introducir a los alumnos a dicha experiencia, se realizará una encuesta para determinar el conocimiento del alumno respecto de las competencias, qué son, para qué sirven, entre otras.

Con este primer acercamiento a un modelo que permita evaluar las competencias en estudiantes, se espera lograr aplicarlo a las carreras de ingeniería industrial y mecánica de nuestra institución, con el objetivo de seguir profundizando en la formación de competencias en estudiantes.

Palabras clave— *Competencias- Evaluación- Higiene y Seguridad*

1. Introducción

Desde el año 2005, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, dicta el Ciclo de Complementación Curricular Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo, bajo la resolución de aprobación de la carrera 220/05.

En sus comienzos, se estableció en la zona de Capital Federal, actualmente, ubicada en la zona de Almagro, llamada sede “Don Bosco”, luego Hurlingham, y por último en Avellaneda.

En el presente trabajo, se realizará en el marco del dictado de la carrera, en la Sede Avellaneda.

Sede Avellaneda, comienza a funcionar en el año 2013, con un promedio de ingreso de cien alumnos, disponiendo a la fecha, de una segunda cohorte de graduados. Actualmente la tasa de ingreso es de doscientos, y la sede dispone de un total de doscientos ochenta y cuatro alumnos, entre el primer y segundo año de la carrera.

La misma, se encuentra destinada a técnicos superiores en higiene y seguridad en el trabajo, quienes ya han adquirido la base de conocimientos de la especialidad, habiendo cursado previamente tres años de la tecnicatura correspondiente. La obtención de este título terciario, les permite, complementar en nuestra institución, culminando sus estudios de grado, con una duración de dos años más.

En el primer año de la licenciatura, los alumnos cursan materias, principalmente, de ciencias básicas, estas son:

Álgebra, Análisis Matemático I, Física I, Inglés Técnico, Análisis Matemático II, Física II, Química General, Termodinámica y Trabajo Integrador de Ciencias Básicas.

En el segundo año, las materias tienen un vínculo mayor a la higiene y seguridad en el trabajo, continuando con la complementación requerida para los técnicos graduados. Estas son:

Medio Ambiente e Impacto Ambiental, Sistemas de Gestión de la Calidad, Seguridad en Bancos y Empresas de Servicios, Informática Aplicada, Trabajo de Campo y Seminario de Tesis.

La Facultad de Ingeniería, se ha interesado, desde hace años, en la formación de estudiantes por competencias.

Desde la creación del documento elaborado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [1], en el cual se establecían las competencias de ingreso y egreso de los estudiantes y graduados de las diversas carreras de ingeniería, institucionalmente, se ha comenzado a investigar en esta temática [2].

Desde ese entonces, se inició un trabajo, en diversas cátedras, implementando metodologías para desarrollar ciertas competencias en los alumnos cursantes de cada asignatura [3].

La inquietud de ahondar en el desarrollo de competencias, y la necesidad de disponer de un sistema aplicable para evaluación por competencias en carreras de ingeniería, llevó a este equipo de trabajo, emplearlo en el ciclo de licenciatura en higiene y seguridad [4].

Las razones por las cuales se definió que sea en ésta carrera, y no en otra, es debido que, esta, otorga el título de grado en dos años. Además, como ventaja, permite analizar competencias en materias de ciencias básicas, y materias con contenido y desarrollo teórico, teórico-práctico. Si lo comparamos con el plan de estudios de nuestras propias carreras de ingeniería, podríamos aplicarlo al bloque de ciencias básicas, ciclo intermedio y ciclo superior.

El inicio de esta investigación, se dio hacia fines de 2015, con reuniones entre el equipo del Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación, perteneciente a nuestra facultad, equipo docente de la sede, coordinadores, docentes de la sede y de la institución.

A partir de allí, en los diversos encuentros, se fueron determinando las competencias que podrían ser aplicables a la carrera de higiene y seguridad, que luego, puedan trasladarse a las carreras de ingeniería de nuestra institución.

En primera instancia, se logró desarrollar un modelo en base a un cuadro de correspondencia entre los resultados del aprendizaje y las actividades formativas y métodos de evaluación de cada una de las asignaturas y luego la asignación de competencias a cada una de ellas [5].

Posteriormente, se pudo desarrollar el modelo de evaluación por competencias, el cual ya fue aplicado a la materia “Trabajo de Campo” correspondiente al primer cuatrimestre del segundo año de la carrera [6].

Asimismo, próximamente, en función de los resultados arrojados, se aplicará en el resto de las materias de la carrera, esperando hacia el año 2017, tener el análisis completo de la carrera, con la cohorte 2016/2017.

2. Materiales y Métodos

En primero lugar, tal como se mencionó anteriormente, el primer documento utilizando, que fue referente para este trabajo es el de Competencias de Ingreso y Egreso de CONFEDI [2].

En base al mismo, se seleccionaron las competencias que pueden aplicarse a una carrera como lo es el ciclo de complementación curricular de higiene y seguridad en el trabajo, adaptándolas a la carrera en cuestión [1].

Estas son:

COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS

1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas relacionados con la Higiene y Seguridad en el trabajo.
2. Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar- proyectos de Higiene y Seguridad en el trabajo.
3. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la Higiene y Seguridad en el trabajo.

COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES

4. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
5. Competencia para comunicarse con efectividad.
6. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
7. Competencia para actuar con espíritu emprendedor

En base a la selección de estas competencias, expresadas, además en capacidades, se generó un cuadro de correspondencia de entre resultados del aprendizaje, actividades formativas y métodos de evaluación.

Tal como ya se ha indicado, el presente trabajo, se basa en el análisis implementado en la materia Trabajo de Campo, correspondiente al primer cuatrimestre del segundo año de la carrera. Para ello, se determinó para dicha asignatura la siguiente relación (ver Tabla 1 Cuadro de Correspondencia de Trabajo de Campo):

Ejemplos de Resultados de Aprendizaje de la Asignatura: Trabajo de campo busca lograr la integración entre las asignaturas de la carrera con el ámbito profesional del egresado, desarrollando de esta forma, los conocimientos necesarios para que el egresado tenga una práctica anticipada del ejercicio de la profesión.

Contenidos: Organización de la asignatura y explicación de la modalidad de la misma. Cronograma de actividades. Planteo de los trabajos a realizar. La estructura que deben tener los trabajos de campo: Resumen ejecutivo, Introducción, Desarrollo, Conclusiones, Conclusiones generales, Anexos (protocolos, planos, instructivos). Medición de Iluminación. Medición de ruido. Plan de evacuación. Confección de programa de seguridad.

Actividades Formativas: Exposición por parte del profesor explicando los lineamientos. Reunión de grupo en clase para tomar decisiones acerca del abordaje del trabajo propuesto. Definición de tareas a realizar dentro del establecimiento. Definición de roles dentro del equipo de trabajo. Reuniones para integrar resultados. La participación del estudiante deberá ser activa, proponiendo soluciones, analizando las propuestas y presentando nuevas. Prácticas de exposición oral buscando mejorar las habilidades.

Sistema de Evaluación:

- 35% entregas realizadas en tiempo y forma.
- 30% trabajo de campo entregado.
- 35% exposición oral.

A lo largo de todo el trabajo debe observarse una secuencia lógica, coherencia interna, consistencia y claridad conceptual. Así también debe contener información pertinente y precisión en el uso del vocabulario. Se detallan a continuación los criterios a tener en cuenta para la corrección:

- Cumplimiento de consignas
- Presentación en los plazos acordados y formas adecuadas.
- Elaboración y contenido de la investigación.
- Interacción en el grupo y con el docente.

En función a esto, se decidió utilizar una rúbrica definiendo criterios y estándares que se relacionan con los objetivos del aprendizaje en la asignatura analizada, que se basa en el análisis y evaluación de las competencias adquiridas o desarrolladas por los estudiantes de la misma.

De este modo, se permite estandarizar la evaluación, siguiendo los criterios específicos, desarrollados previamente. Si bien esta rúbrica se aplicará, en primera instancia a la carrera de higiene y seguridad en el trabajo, luego, realizando las adecuaciones pertinentes, se espera poder aplicarla en las carreras de ingeniería.

Con esta rúbrica desarrollada, se obtiene el modelo de evaluación por competencias, aplicado a trabajo de campo, en este primer cuatrimestre.

La rúbrica expresa la competencia genérica para la carrera de higiene y seguridad en el trabajo, y luego sus propias capacidades. A cada una de ellas, se indicará si la ha alcanzado o no, y el grado de desarrollo de la misma. En la tabla 2, puede observarse el modelo de rúbrica madre con una de las competencias seleccionadas. Luego, con cada una de ellas, se han podido determinar los resultados de la materia trabajo de campo [6].

3. Resultados y Discusión

Desde el inicio del primer cuatrimestre 2016, hasta la fecha, se ha trabajado en la formación de competencias, en la asignatura trabajo de campo [7].

A continuación se podrán observar los resultados por cada una de las competencias definidas para la materia seleccionada.

Debido a que la cátedra trabajo de campo busca lograr la integración entre las asignaturas de la carrera hasta el tercer cuatrimestre con el ámbito profesional del egresado, es menester evaluar todas las competencias, pero no así, todas las capacidades incluidas dentro de cada una de ellas (ver tabla 3). Para definir que capacidades debían ser evaluadas, se trabajó de manera colaborativa entre los docentes para determinarlas, analizando el formato actual de la cursada, las condiciones de aprobación y sugiriendo las modificaciones necesarias.

COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS

Competencia para identificar, formular y resolver problemas relacionados con la Higiene y Seguridad en el Trabajo:

Esta competencia fue evaluada al 81% debido a que no todas las capacidades determinadas para esta fueron consideradas a al momento de la evaluación. Las capacidades evaluadas que se han seleccionado, fueron:

- Capacidad para Identificar y formular problemas
- Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada
- Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas

El 47.5% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 7.5% de los alumnos la alcanzó con un 83%, el 25% adquirió un 81% de la competencia y el 20% restante un 75%.

Para el análisis de esta competencia se trabajó durante el cuatrimestre con un proyecto relacionado con la Higiene y Seguridad. Fueron distribuidos distintos temas relacionados con el ejercicio profesional (medición de ruido, iluminación, plan de evacuación y programa de seguridad) donde, los alumnos, tuvieron que desarrollarlos vinculándolos con la legislación vigente para poder llevarlos adelante. La dinámica partió de un cronograma de trabajo propuesto por la cátedra, donde entre los objetivos y finalidad, debieron identificar los problemas con los que se podrían llegar a encontrar, determinando como los solucionarían para llegar a la resolución del problema más satisfactoria. El criterio para determinar el porcentaje de alcance de la competencia se basó en cómo fueron planteados los problemas, el tipo de solución encontrada, los plazos de entrega y la estrategia utilizada.

Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar- proyectos de Higiene y Seguridad en el trabajo.

Esta competencia fue evaluada al 83% debido a que no todas las capacidades determinadas para esta fueron consideradas a al momento de la evaluación. Las capacidades evaluadas que se seleccionaron, fueron:

- Capacidad para planificar y ejecutar proyectos de Higiene y Seguridad en el trabajo
- Capacidad para operar y controlar proyectos de Higiene y Seguridad

El 47.5% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 12.5% de los alumnos la alcanzó con un 76%, el 30% adquirió un 69% de la competencia y el 10% restante un 62%.

A partir del cronograma de trabajo propuesto por la cátedra llevaron adelante sus planificaciones a través de la confección de diagramas Gantt, donde se les solicitó que establecieran puntos de control del proyecto y determinar el camino crítico. El criterio para determinar el porcentaje de alcance de la competencia se basó en la calidad de la planificación presentada y un correcto manejo de plazos.

Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la Higiene y Seguridad en el trabajo.

Esta competencia fue evaluada al 87% debido a que no todas las capacidades determinadas para esta fueron consideradas a al momento de la evaluación. Las capacidades evaluadas seleccionadas, fueron:

- Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles
- Capacidad para utilizar y/o supervisar la utilización de las técnicas y herramientas

El 47.5% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 12.5% de los alumnos la alcanzó con un 90%, el 12.5% adquirió un 80% de la competencia y el 27.5% restante un 65%.

Una vez que fueron distribuidos los temas, los alumnos por sus propios medios debían ser capaces de identificar la legislación vigente y herramientas disponibles para la confección de sus proyectos. Se trabajó durante todo el cuatrimestre realizando grupos de discusión para poder llevar adelante el proyecto, evaluando las propuestas de cada uno de ellos a la hora de buscar soluciones al problema planteado. Todos los alumnos conocían la legislación vigente. Se fueron diferenciando por el conocimiento técnico para el desarrollo de los cálculos del proyecto, interpretación de resultados. Por otro lado, se evaluó la capacidad de cada uno de ellos para entrenar a sus compañeros en la utilización de dicha técnica a través de una exposición oral.

COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES

Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

Esta competencia fue evaluada al 100%. Las capacidades evaluadas seleccionadas, fueron:

- Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas.
- Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.
- Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo

El 47.5% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 32.5% de los alumnos la alcanzó con un 78%, el 10% adquirió un 67% de la competencia y el 10% restante un 61%.

Durante la fase de armado de equipos, se les solicitó que determinen los roles que cada uno cumpliría dentro del mismo, delimitados, previamente, por la cátedra (Líder de grupo, Vocero, Editor, Investigador, Calculista). A medida que fue avanzando el proyecto, en las reuniones de equipo con el docente, y a través de un trato constante se fue evaluando a cada integrante en el rol propuesto inicialmente. Debieron ser capaces de asumir como propios los objetivos del equipo, generar una metodología de trabajo según el rol a cumplir, respetar los compromisos de tiempos establecidos con el equipo, expresarse con claridad, siendo capaces de escuchar y respetar todos los puntos de vista. A la hora de evaluar esta competencia nos encontramos con los roces típicos del trabajo en equipo, con un mayor o menor grado de compromiso por parte de los integrantes, pero que fue suficiente para que todos pudieran llevar este proyecto adelante.

Competencia para comunicarse con efectividad.

Esta competencia fue evaluada al 92% debido a que no todas las capacidades determinadas para esta fueron consideradas a al momento de la evaluación. Las capacidades evaluadas seleccionadas, fueron:

- Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio.
- Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.

El 40% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 27.5% de los alumnos la alcanzó con un 83%, el 12.5% adquirió un 76% de la competencia y el 20% restante un 66%.

Al finalizar el proyecto los alumnos debieron exponerlo. La consigna fue realizar un entrenamiento en la técnica de Higiene y Seguridad trabajada durante el cuatrimestre hacia sus pares en un lapso no mayor a veinte minutos. Durante la exposición fue considerado si utilizaron un lenguaje apropiado al público espectador, si comunicaron eficazmente la temática abordada, la capacidad de síntesis y la utilización de herramientas tecnológicas de apoyo. Todos los grupos lograron una correcta exposición focalizándose en las capacidades descriptas anteriormente.

Competencia para aprender en forma continua y autónoma.

Esta competencia fue evaluada al 100%. Las capacidades evaluadas fueron:

- Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida.
- Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje.

El 67.5% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 2.5% de los alumnos la alcanzó con un 83%, y el 30% restante un 67%.

Durante toda la realización del proyecto, los alumnos no tuvieron clases teóricas específicas relacionadas con las técnicas a investigar. Si no que ellos participaban de clases de consulta luego de analizar la legislación vigente. Durante toda la cursada fueron desarrollaron autonomía en el aprendizaje para llevar adelante el proyecto. A través de los grupos de discusión semanales se los fue monitoreando y evaluando personalmente. Además, lograron comprender la importancia del aprendizaje continuo y constante a lo largo de su ejercicio profesional.

Competencia para actuar con espíritu emprendedor

Esta competencia fue evaluada al 100%. Las capacidades evaluadas fueron:

- Capacidad para crear y desarrollar una visión innovadora
- Capacidad para crear y mantener una red de contactos

El 67.5% de los alumnos alcanzó esta competencia al 100%. Un 2.5% de los alumnos la alcanzó con un 83%, el 10% adquirió un 71% de la competencia y el 20% restante un 63%.

Al finalizar cada una de las exposiciones orales, se les plantea la necesidad de buscar una solución innovadora al proyecto en cuestión. Cada uno de los integrantes propone distintas alternativas y/o soluciones para llevar adelante este tipo de proyectos. Se realiza una autoevaluación del grupo, buscando determinar cómo contribuyó cada uno para llevar el trabajo adelante, conocer si se relacionaron con otros grupos con temas afines y determinar si

establecieron una red de contactos entre sus compañeros de cursada. El 67.5% de los alumnos cumple con todas estas capacidades, dando como principal fortaleza el interés que encontraron por relacionarse con grupos que se encontraban trabajando con temas distintos a los propios con la finalidad de generar un aprendizaje aún mayor.

En función de estos resultados, se continuará trabajando en el análisis íntegro de la carrera, aplicándolo a otras cátedras, pudiendo alcanzar el principal objetivo, que es en 2017 disponer del análisis completo del ciclo de complementación curricular de higiene y seguridad en el trabajo. Asimismo, se espera poder ir implementando este sistema de evaluación por competencias en cátedras de las carreras de ingeniería.

3.2 Figuras y tablas

CORRESPONDENCIA ENTRE RESULTADOS DEL APRENDIZAJE, ACTIVIDADES FORMATIVAS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

ASIGNATURA	EJEMPLOS DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE ASIGNATURA	CONTENIDOS	ACTIVIDADES FORMATIVAS	SISTEMA DE EVALUACIÓN
TRABAJO DE CAMPO FORMACIÓN OBLIGATORIA TÍTULO: LICENCIADO EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA	Trabajo de campo busca lograr la integración entre las asignaturas de la carrera con el ámbito profesional del egresado, desarrollando de esta forma, los conocimientos necesarios para que el egresado tenga una práctica anticipada del ejercicio de la profesión.	Organización de la asignatura y explicación de la modalidad de la misma. Cronograma de actividades. Punteo de los trabajos a realizar. La estructura que deben tener los trabajos de campo: Resumen ejecutivo, Introducción, Desarrollo, Conclusiones, Conclusiones generales, Anexos (protocolos, planos, instructivos). Medición de iluminación. Medición de ruido. Plan de evacuación. Confección de programa de seguridad.	<ul style="list-style-type: none"> Exposición por parte del profesor explicando los lineamientos. Reunión de grupo en clase para tomar decisiones acerca del abordaje del trabajo propuesto. Definición de tareas a realizar dentro del establecimiento. Definición de roles dentro del equipo de trabajo. Reuniones para integrar resultados. La participación del estudiante deberá ser activa, proponiendo soluciones, analizando las propuestas y presentando nuevas. Prácticas de exposición oral buscando mejorar las habilidades. 	35% entregas realizadas en tiempo y forma. 30% trabajo de campo entregado. 35% exposición oral. A lo largo de todo el trabajo debe observarse una secuencia lógica, coherencia interna, consistencia y claridad conceptual. Así también debe contener información pertinente y precisión en el uso del vocabulario. Se detallan a continuación los criterios a tener en cuenta para la corrección: Cumplimiento de consignas Presentación en los plazos acordados y formas adecuadas. Elaboración y contenido de la investigación. Interacción en el grupo y con el docente.

Tabla 1: Cuadro de Correspondencia entre resultados de aprendizaje, actividades formativas y métodos de evaluación

COMPETENCIAS	1. COMPETENCIA PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.												
CAPACIDADES	1. Capacidad para Identificar y formular problemas				1. Capacidad para Identificar y formular problemas	1.2. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada			1.2. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada	1.3. Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas			1.3. Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas
DETALLE DE CAPACIDADES	1.1.1. Ser capaz de identificar una situación presente o futura como problemática.	1.1.2. Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema.	1.1.3. Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis.	1.1.4. Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.		1.2.1. Ser capaz de generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado.	1.2.2. Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular.	1.2.3. Ser capaz de valorar el impacto sobre el medio ambiente y la sociedad, de las diversas alternativas de solución.		1.3.1. Ser capaz de controlar el propio desempeño y saber cómo encontrar los recursos necesarios para superar dificultades.	1.3.4. Ser capaz de usar lo que ya se conoce; identificar lo que es relevante conocer, y disponer de estrategias para adquirir los conocimientos necesarios.	1.3. Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas	
ALUMNO					%				%			%	%
ALUMNO 14	SI	NO	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	SI	NO	50	75
ALUMNO 8	NO	SI	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	NO	SI	50	75
ALUMNO 17	NO	SI	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	NO	SI	50	75
ALUMNO 23	SI	NO	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	SI	NO	50	75
ALUMNO 26	NO	SI	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	NO	SI	50	75
ALUMNO 32	SI	NO	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	SI	NO	50	75
ALUMNO 35	NO	SI	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	NO	SI	50	75
ALUMNO 40	NO	SI	SI	SI	75	SI	SI	SI	100	NO	SI	50	75
ALUMNO 4	NO	SI	SI	SI	75	SI	SI	NO	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 3	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 5	SI	NO	SI	SI	75	NO	SI	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 9	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 12	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 18	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 21	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 27	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 30	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 36	SI	SI	NO	SI	75	SI	NO	SI	67	SI	SI	100	81
ALUMNO 13	NO	SI	SI	NO	50	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	83
ALUMNO 22	NO	SI	SI	NO	50	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	83
ALUMNO 31	NO	SI	SI	NO	50	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	83
ALUMNO 1	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 2	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 6	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 7	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 10	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 11	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 15	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 16	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 19	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 20	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 24	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 25	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 28	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 29	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 33	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 34	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 37	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 38	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100
ALUMNO 39	SI	SI	SI	SI	100	SI	SI	SI	100	SI	SI	100	100

Tabla 2: Rúbrica madre de competencias y capacidades

DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN ESTUDIANTES DEL CICLO DE COMPLEMENTACIÓN CURRICULAR LICENCIATURA EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO: IMPLEMENTACIÓN EN TRABAJO DE CAMPO

COMPETENCIAS		CAPACIDADES	EVALUADO
1. COMPETENCIA PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.	1-Capacidad para identificar Y formular problemas	1.1.1. Ser capaz de identificar una situación presente o futura como problemática.	SI
		1.1.2. Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema.	SI
		1.1.3. Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis.	SI
		1.1.4. Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.	SI
	1.2. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada	1.2.1. Ser capaz de generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado.	SI
		1.2.2. Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular.	SI
		1.2.3. Ser capaz de valorar el impacto sobre el medio ambiente y la sociedad, de las diversas alternativas de solución.	SI
		1.3.1. Ser capaz de controlar el propio desempeño y encontrar los recursos necesarios para superar dificultades	SI
	1.3. Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas	1.3.2. Ser capaz de establecer supuestos, de usar técnicas eficaces de resolución y de estimar errores	
		1.3.3. Ser capaz de monitorear, evaluar y ajustar el proceso de resolución del problema	
2. COMPETENCIA PARA GESTIONAR - PLANIFICAR, EJECUTAR Y CONTROLAR- PROYECTOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	2.1. Capacidad para planificar y ejecutar proyectos de Higiene y Seguridad en el trabajo	1.3.4. Ser capaz de usar lo que ya se conoce; identificar lo que es relevante conocer, y disponer de estrategias para adquirir los conocimientos necesarios	SI
		2.1.1. Ser capaz de identificar y conseguir o desarrollar los recursos necesarios para el proyecto.	SI
		2.1.2. Ser capaz de planificar las distintas etapas manejando en el tiempo los objetivos, metodologías y recursos involucrados para cumplir con lo planeado.	SI
		2.1.3. Ser capaz de programar con suficiente detalle los tiempos de ejecución de los trabajos, en concordancia con un plan de trabajo.	SI
		2.1.4. Ser capaz de ejecutar las distintas etapas de un proyecto de acuerdo con los objetivos, metodologías y recursos involucrados para cumplir con lo planeado asignando recursos y responsables.	SI
		2.1.5. Ser capaz de administrar en el tiempo los recursos humanos, físicos, económicos y tecnológicos para el cumplimiento de lo planeado.	SI
		2.1.6. Ser capaz de solucionar los problemas que se presentan durante la ejecución.	SI
		2.1.7. Ser capaz de comunicar los avances y el informe final de proyectos de Higiene y Seguridad.	SI
	2.2. Capacidad para operar y controlar proyectos de Higiene y Seguridad.	2.2.1. Ser capaz de operar, inspeccionar y evaluar la marcha de proyectos de Higiene y Seguridad	SI
		2.2.2. Ser capaz de detectar desvíos en el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene y de producir los ajustes necesarios.	SI
		2.2.3. Ser capaz de identificar la necesidad y oportunidad de introducir cambios en la programación.	SI
		2.2.4. Ser capaz de tomar decisiones por alteraciones o fallas en el proyecto.	
		2.2.5. Ser capaz de controlar la adecuación de los cambios y alternativas surgidos al proyecto original.	
		3.1.1. Ser capaz de acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas y de comprender las especificaciones de las mismas.	SI
3. COMPETENCIA PARA UTILIZAR DE MANERA EFECTIVA LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE LA HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.	3.1. Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.	3.1.2. Ser capaz de conocer los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar y de reconocer los campos de aplicación de cada una de ellas y de aprovechar toda la potencialidad que ofrecen	SI
		3.1.3. Ser capaz de seleccionar fundamentadamente las técnicas y herramientas más adecuadas, analizando la relación costo/beneficio de cada alternativa mediante criterios de evaluación de costos, tiempo, precisión, disponibilidad, seguridad, etc.	
		3.2.1. Ser capaz de utilizar las técnicas y herramientas de acuerdo con estándares y normas de calidad, seguridad, medioambiente, etc.	SI
	3.2. Capacidad para utilizar y/o supervisar la utilización de las técnicas y herramientas	3.2.2. Ser capaz de interpretar los resultados que se obtengan de la aplicación de las diferentes técnicas y herramientas utilizadas.	SI
		3.2.3. Ser capaz de combinarlas y/o producir modificaciones de manera que optimicen su utilización.	SI
		3.2.4. Ser capaz de capacitar y entrenar en la utilización de las técnicas y herramientas.	SI
		3.2.5. Ser capaz de supervisar la utilización de las técnicas y herramientas y de detectar y corregir desvíos en la utilización de las mismas.	SI
		4.1.1. Ser capaz de asumir como propios los objetivos del grupo y actuar para alcanzarlos.	SI
4. COMPETENCIA PARA DESEMPEÑARSE DE MANERA EFECTIVA EN EQUIPOS DE TRABAJO.	4.1. Capacidad para identificar las metas y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles y actuar de acuerdo a ellas.	4.1.2. Ser capaz de proponer y/o desarrollar metodologías de trabajo acordes a los objetivos a alcanzar.	SI
		4.1.3. Ser capaz de respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo y mantener la confidencialidad.	SI
		4.2.1. Ser capaz de escuchar y aceptar la existencia y validez de distintos puntos de vista.	SI
		4.2.2. Ser capaz de expresarse con claridad y de socializar las ideas dentro de un equipo de trabajo.	SI
	4.2. Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.	4.2.3. Ser capaz de analizar las diferencias y proponer alternativas de resolución, identificando áreas de acuerdo y desacuerdo, y de negociar para alcanzar consensos.	SI
		4.2.4. Ser capaz de comprender la dinámica del debate, efectuar intervenciones y tomar decisiones que integren distintas opiniones, perspectivas y puntos de vista.	SI
		4.2.5. Ser capaz de interactuar en grupos heterogéneos, apreciando y respetando la diversidad de valores, creencias y culturas de todos sus integrantes.	SI
		4.2.6. Ser capaz de hacer un abordaje interdisciplinario, integrando las perspectivas de las diversas formaciones disciplinares de los miembros del grupo.	SI
	4.3. Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo	4.3.1. Ser capaz de aceptar y desempeñar distintos roles, según lo requiera la tarea, la etapa del proceso y la conformación del equipo.	SI
		4.3.2. Ser capaz de promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo.	SI
		4.3.3. Ser capaz de reconocer y aprovechar las fortalezas del equipo y de sus integrantes y de minimizar y compensar sus debilidades.	SI
		4.3.4. Ser capaz de realizar una evaluación del funcionamiento y la producción del equipo.	SI
5. COMPETENCIA PARA COMUNICARSE CON EFECTIVIDAD.	5.1. Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio.	4.3.5. Ser capaz de representar al equipo, delegar tareas y resolver conflictos y problemas de funcionamiento grupal.	SI
		4.3.6. Ser capaz de asumir el rol de conducción de un equipo.	SI
		5.1.1. Ser capaz de adaptar las estrategias de comunicación a los objetivos comunicacionales, a las características de los destinatarios y a cada situación.	SI
		5.1.2. Ser capaz de comunicar eficazmente problemáticas relacionadas a la profesión, a personas ajenas a ella.	SI
	5.2. Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.	5.1.3. Ser capaz de interpretar otros puntos de vista, teniendo en cuenta las situaciones personales y sociales de los interlocutores.	SI
		5.1.4. Ser capaz de identificar coincidencias y discrepancias, y de producir síntesis y acuerdos.	SI
		5.1.5. Ser capaz de usar eficazmente las herramientas tecnológicas apropiadas para la comunicación	SI
		5.2.1. Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.	SI
		5.2.2. Ser capaz de identificar el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar.	SI
		5.2.3. Ser capaz de producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes.	SI
6. COMPETENCIA PARA APRENDER EN FORMA CONTINUA Y AUTÓNOMA	6.1. Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida.	5.2.4. Ser capaz de utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural).	SI
		5.2.5. Ser capaz de manejar las herramientas informáticas apropiadas para la elaboración de informes y presentaciones.	SI
		5.2.6. Ser capaz de comprender textos técnicos en idioma inglés.	
		5.2.7. Ser capaz de identificar las ideas centrales de un informe que se leyó o de una presentación a la cual se asistió.	SI
	6.2. Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje.	5.2.8. Ser capaz de analizar la validez y la coherencia de la información.	SI
		6.1.1. Ser capaz de asumir que se trabaja en un campo en permanente evolución, donde las herramientas, técnicas y recursos propios de la profesión están sujetos al cambio, lo que requiere un continuo aprendizaje y capacitación.	SI
		6.1.2. Ser capaz de asumir que la formación y capacitación continuas son una inversión.	SI
		6.1.3. Ser capaz de desarrollar el hábito de la actualización permanente.	SI
		6.2.1. Ser capaz de desarrollar una estrategia personal de formación, aplicable desde la carrera de grado en adelante.	SI
		6.2.2. Ser capaz de evaluar el propio desempeño profesional y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo.	SI
7. COMPETENCIA PARA ACTUAR CON ESPÍRITU EMPRENDEDOR	7.1. Capacidad para crear y desarrollar una visión	6.2.3. Ser capaz de evaluar el propio aprendizaje y encontrar los recursos necesarios para mejorarlo.	SI
		6.2.4. Ser capaz de detectar aquellas áreas del conocimiento propias de la profesión y/o actividad profesional en las que se requiera actualizar o profundizar conocimientos.	SI
		6.2.5. Ser capaz de explorar aquellas áreas del conocimiento no específicas de la profesión que podrían contribuir al mejor desempeño profesional.	SI
		6.2.6. Ser capaz de hacer una búsqueda bibliográfica por medios diversos, de seleccionar el material relevante (que sea a la vez válido y actualizado) y de hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo.	SI
	7.2. Capacidad para crear y mantener una red de contactos	7.1.1. Ser capaz de autoevaluarse identificando fortalezas, debilidades y potencialidades.	SI
		7.1.2. Ser capaz de plasmar la visión en un proyecto.	SI
		7.1.3. Ser capaz de identificar y conseguir o desarrollar los recursos necesarios.	SI
		7.1.4. Ser capaz de identificar, evaluar y asumir riesgos.	SI
		7.1.5. Ser capaz de actuar proactivamente.	SI
		7.1.6. Ser capaz de tomar decisiones con información parcial, en contextos de incertidumbre y ambigüedad.	SI
		7.2.1. Ser capaz de identificar relaciones claves para alcanzar objetivos.	SI
		7.2.2. Ser capaz de relacionarse con otros grupos o personas que realicen actividades que puedan contribuir a nuevos desarrollos o a alcanzar los objetivos buscados.	SI
		7.2.3. Ser capaz de crear y fortalecer relaciones de confianza y cooperación.	SI
		7.2.4. Ser capaz de contribuir a los objetivos de las redes en las que participa generando intercambios sinérgicos.	SI

Tabla 3: Capacidades evaluadas por competencia

4. Conclusiones y recomendaciones

Para concluir este trabajo, podemos afirmar que el 100% de los alumnos, comprendieron la dinámica de la formación por competencias, alcanzándolas de manera satisfactoria, en mayor o menor medida.

Cabe destacar que se seguirá trabajando con la materia siguiente a trabajo de campo, la cual es seminario de tesis, ubicada en el segundo cuatrimestre de la carrera, con la cual se obtendrá la tercera cohorte de graduados.

Paralelamente, en el primer año de la carrera, con los ingresantes 2016, se realizará el mismo trabajo de análisis, en las materias de ciencias básicas, correspondientes a este año de cursada.

Con esta cohorte 2016, se espera concluir, en 2017, con el análisis completo de la carrera.

Tanto el equipo de docentes de la sede, como el equipo de trabajo del Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación, continuarán con un seguimiento de estos resultados, de las prácticas y actividades realizadas, determinando si es necesario modificar algo de lo ya efectuado, mejorar o sumar nuevas metodologías.

Se considera que el modelo de evaluación por competencias es viable para determinar el grado de alcance de capacidades y competencias en estudiantes. Por ello, se recomienda poner en práctica esta dinámica en las carreras de ingeniería, ya que adaptando las necesidades de cada cátedra y carrera será posible aproximarse a disponer de un sistema integral de evaluación y formación por competencias en estudiantes de ingeniería.

5. Referencias

- [1] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA. (2006) *Primer acuerdo sobre las competencias genéricas. Segundo Taller de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina*. Buenos Aires, Argentina
- [2] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA (2008). *Competencias para el acceso y la continuidad de los estudios superiores*. Documento de la XLIV Reunión del CONFEDI. Santiago del Estero, Argentina.
- [3] MORRONGIELLO, N; NICOLACI, M; ROLÓN, H. (2014). *El Impacto de la Cátedra de Recursos Humanos, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ), en la Formación de Competencias Profesionales de los Estudiantes de Ingeniería Industrial con orientación en gestión*. JEIN.
- [4] ALLES, M. (2006). *Selección por Competencias*. Ediciones Granica.
- [5] DE MIGUEL DIAZ, M. (2005) *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de la educación superior*. España.
- [6] ANECA (2013) *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*. España.
- [7] BLANCO, N; NICOLACI, M; MORRONGIELLO, N. (2012). *Aprendizaje Basado en Problemas: El caso de la cátedra de Recursos Humanos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora*. COINI.

INTERVENCIÓN DIDÁCTICA SUPERADORA UTILIZANDO RECURSOS ACTUALIZADOS

Benitez, Irma Manuela, Facultad Regional Paraná, UTN, academico@frp.utn.edu.ar

Musto, Diana Cristina, Facultad Regional Paraná, UTN, dcmusto@gmail.com

Resumen— La problemática del bajo rendimiento de la mayoría de los alumnos de ingeniería precisa de un esfuerzo docente conjunto y colaborativo. Consideramos imprescindible modificar la implementación actual de la formación en contenidos de tecnologías básicas en los estudiantes de ingeniería. Particularmente, en tercer año de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Paraná, hemos diseñado actividades de integración de contenidos de las asignaturas “Resistencia de Materiales” y “Cálculo Avanzado”. Ello implica utilizar estrategias innovadoras en actividades integradas y evaluar en forma continua para la mejora. El planteo está basado en el aprendizaje por competencias en función de los objetivos de ambos cursos.

Las nuevas tecnologías forman un puente que permite mostrar conceptos y procedimientos en forma eficaz y adecuada a las modalidades actuales de informarse y comunicarse de los jóvenes. Aplicando técnicas y recursos audiovisuales y trabajo en equipo se intenta que los alumnos recurran a conceptos y procedimientos de ambas disciplinas y logren abordar los temas resolviendo problemas sencillos. Se busca que la motivación y la interrelación de saberes impulsen el interés en aprender y les posibiliten obtener las competencias previstas.

Para el seguimiento de las diferentes intervenciones didácticas se considera la evaluación del aprendizaje, el aporte de los alumnos por medio de encuestas de opinión y la reflexión conjunta de los docentes de ambas cátedras acerca de su labor.

Palabras clave- *aprendizaje por competencias, actividades integradoras, recursos didácticos.*

1. Introducción

La propuesta didáctica que se desarrolla en el presente trabajo consiste en el diseño para la implementación conjunta de actividades formativas integradoras. Está a cargo de los docentes de las cátedras Cálculo Avanzado y Resistencia de Materiales de tercer año de Ingeniería Civil, carrera que se dicta en la Facultad Regional Paraná de la UTN.

La experiencia docente adquirida en los últimos años y la capacitación lograda en temas de tecnologías aplicadas a la enseñanza, permiten proyectar dichas actividades para reforzar conceptos y asegurar las competencias explicitadas en los planes de cátedra y los programas de las asignaturas.

El bajo rendimiento de la mayoría de los alumnos de ingeniería, particularmente en los primeros años, no puede ser resuelto sin la colaboración de los docentes y puede afirmarse que no se ha podido revertir con la modalidad en que se desarrollan actualmente las clases. Entonces, se

considera imprescindible modificar la implementación actual, utilizar nuevas estrategias innovadoras y evaluar detenidamente el proceso con la mirada en la mejora continua.

Las actividades corresponden a contenidos de ambas asignaturas y son motivadoras y generadoras de interés para los alumnos que las cursan. Se puede afirmar que las nuevas tecnologías forman un puente que permite mostrar conceptos y procedimientos en forma más eficaz y adecuada a las modalidades actuales de informarse y comunicarse. Aplicando técnicas y recursos audiovisuales y trabajo en equipo se pretende que los alumnos recurran a sus distintas modalidades de abordar un tema y lo compartan entre pares. Se espera que la relación y el apoyo en saberes previos y los conceptos de la matemática superior den un impulso al aprendizaje de procedimientos y aplicaciones y posibiliten a los estudiantes, obtener las competencias previstas y formarse para un desempeño correcto y responsable.

2. Metodología de enseñanza

2.1 Enseñanza por competencias

Previamente a los procesos de acreditación de las carreras de la Universidad Tecnológica Nacional, iniciados por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), los planes de estudio de las carreras pasaron de 6 años de duración teórica a 5 años o 5 años y medio, según la carrera. Esto hizo que algunas asignaturas disminuyeran su carga horaria, otras se dejaran de dictar, por lo que se tuvo que seleccionar contenidos, lo que produjo una disminución del tiempo disponible para dictarlos.

Esto trajo aparejado cambios en las metodologías de enseñanza, orientadas a forjar sólidos conceptos en el futuro profesional, dando respuesta a las necesidades actuales y futuras, debiendo contar con criterios y convicción para sostener sus proyectos, frente a decisiones de otros profesionales. Esto lleva, concretamente, a un proceso formativo del alumno, expresado en términos de competencias.

La investigación muestra que el enfoque por competencias es muy amplio. Luego de analizar las distintas definiciones de los autores y los distintos términos asociados al concepto de competencias se puede concluir que la Enseñanza por Competencia es la “capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales” [1].

Se considera que trabajar por competencias o integrar las competencias podría facilitar un tratamiento ajustado y eficaz de los contenidos de las distintas asignaturas que se dictan en la carrera.

Los diseños por competencias han estimulado cambios metodológicos en el proceso de enseñanza aprendizaje y se justifican en torno a tres ejes: 1) estamos inmersos en la sociedad del conocimiento, es decir, estamos rodeados de información pero esta así como se crea de manera muy rápida, queda antigua también de manera muy rápida. Según Alfons Cornella [2], existe un exceso de información “infoxicación” y nos sobrepasa. Se debe desarrollar la capacidad de buscar la información necesaria para cada momento, ser capaz de seleccionarla, procesarla, interpretarla y apropiarse de ella para utilizarla al resolver las situaciones que se presentan. Los diseños por competencias pretenden que el alumno desarrolle capacidades amplias, que le permita adaptarse a distintas situaciones; 2) ligado al cambio rápido del saber, se halla la complejidad del conocimiento. Se debe tratar de lograr un conocimiento integrado entre distintas asignaturas, combinados pertinentes para responder situaciones en contextos

distintos; 3) Es necesario una formación integral, que le permita al alumno enfrentarse a una sociedad globalizada. Las propuestas por competencias incluyen conjuntos de conocimientos, habilidades y actitudes de carácter distinto, no solo cognitivas sino también emocionales, que puedan ayudar a dar respuesta a distintas situaciones.

En la enseñanza por competencias, la atención se centra en el aprendizaje más que en la enseñanza, el alumno toma un rol más activo, debe construir su conocimiento. Al docente lo conduce a revisar el modo en que se entiende su función, pasa de ser el trasmisor del conocimiento a facilitador de oportunidades de adquisición del conocimiento por parte del alumno. El docente debe pensar tanto en lo que se quiere que aprendan los alumnos y como se quiere que lo aprenda. El alumno debe apropiarse del conocimiento mediante un trabajo autónomo, para que las clases le permitan el aprendizaje cooperativo, el debate y la construcción del conocimiento.

El perfil del graduado de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional expresa que “El ingeniero civil de hoy está encargado de resolver los problemas de infraestructura para la producción de bienes y servicios del país en general: edificios, fábricas, viviendas, puentes, carreteras, vías ferroviarias y navegables, puertos y aeropuertos, aprovechamientos hidroeléctricos, sistemas de riego, defensas aluvionales, distribución de agua, desagües pluviales, cloacales, industriales. También entenderá en la seguridad, mantenimiento y operación, modernización, planificación, control ecológico y eficiente reemplazo de la infraestructura, teniendo en cuenta los aspectos técnico - económicos”[3]. Este perfil condiciona a los docentes de cada asignatura respecto a la formación que se le debe dar a los alumnos, cada una de las asignaturas debe tratar de desagregar las competencias que caracterizan ese perfil, se debe pensar como contribuir desde cada materia a que el alumno logre dichas competencias. Asimismo, cuidar el diseño de dichas competencias, ya que no todas las asignaturas pueden trabajar todas las competencias, cada una de ellas debe lograrse desde diferentes campos del conocimiento, organizando la progresión de adquisición de la competencia. La docencia enfrenta este desafío que, a su vez, constituye una oportunidad de mejorar la práctica.

2.2 Aspectos relevantes de la planificación de las asignaturas. Análisis crítico.

En primer lugar se explicitan los aspectos destacados de las planificaciones de ambas asignaturas implementadas actualmente y posteriormente se realiza un análisis crítico de dichas planificaciones.

La asignatura Resistencia de Materiales integra el bloque de “Tecnologías básicas” y dentro de éste, el área de “Estabilidad y Resistencia de Materiales”. Esta disciplina, según distintos autores, se puede describir como aquella parte de la mecánica de sólidos que resulta de aplicar la teoría de la elasticidad a un tipo restringido de problemas que se plantean en el día a día de la ingeniería estructural para posibilitar su resolución en forma analítica. Los objetivos de la asignatura que plantea la Ord. CSU N° 1030, son: Conocer los conceptos físicos de elasticidad, plasticidad y estado último de las estructuras. Desarrollar habilidad para el cálculo de tensiones y deformaciones en sistemas sencillos, el dimensionamiento y la verificación de componentes estructurales con materiales elásticos. Los contenidos mínimos de la asignatura son los siguientes: Dimensionamiento de secciones sometidas a tracción, compresión, flexión simple y oblicua, corte, torsión; Solicitaciones combinadas; Combinación de tensiones; Pandeo; Impacto y choque; Fatiga; Estados límites últimos y de utilización.

Desde el punto de vista de su objeto de estudio, la materia retoma conceptos de Estabilidad, introduce el cálculo de las tensiones y deformaciones, que permitirán la solución de problemas

hiperestáticos, los que serán profundizados en Análisis Estructural I, así como las estructuras en fase plástica. El alumno, al finalizar la materia, deberá ser capaz de calcular las tensiones y deformaciones de elementos estructurales y sistemas hiperestáticos sencillos, así como dimensionarlos. Deberá comprender los aspectos básicos de los problemas de estabilidad del equilibrio, el problema de la fatiga y los diferentes estados límites que pueden gobernar el diseño de una pieza o estructura. Asimismo, deberá comprender el concepto de rigidez y su papel en la distribución de esfuerzos en las estructuras. Resulta deseable también que adquiera nociones sobre mecánica de fractura. Las propiedades de los materiales y la evidencia experimental vistas en Tecnología de los Materiales cobrarán un significado más profundo.

Respecto a la metodología, la cátedra diseña estrategias pedagógicas, jerarquizando los contenidos de mayor relevancia a desarrollar en clases teórico prácticas. Se plantean problemas generales motivadores, a partir de los cuales una fase explicativa permite arribar a los conceptos teóricos. Luego se proponen casos de estudio concretos a resolver en clase y otros problemas de ejercitación para trabajo fuera de clase, los cuales conformarán la práctica de la asignatura. Desde el aspecto didáctico, el formato de las clases es expositivo, lo cual se considera apropiado para la cantidad de alumnos que habitualmente componen el curso, el tipo de contenidos y la disponibilidad de tiempo. Se dialoga y se interroga para conseguir y mantener la atención de los alumnos y la participación activa de algunos. También se recurre al uso de la computadora para demostrar el comportamiento de los elementos estructurales ante las solicitaciones. Además, los docentes preparan material de estudio para los alumnos, remitiendo principalmente a la bibliografía disponible. A tales fines se utiliza el campus académico institucional. La actividad curricular se desarrolla con el apoyo de los elementos convencionales: tiza, pizarrón, libros, pantalla y proyector. Se emplea además software específico de estructuras, en versión estudiantil. Se utilizan tablas, especificaciones y reglamentos actualizados, así como sus formatos electrónicos.

Las actividades de los alumnos consisten básicamente en asistir a las clases, trabajar sobre el material indicado por el docente, buscar otras fuentes de información, resolver los casos de estudio, intercambiar experiencias sobre los trabajos realizados, extraer conclusiones. Las consultas surgen en general de la resolución de los problemas. Estas se evacúan en clase y también mediante el foro de correo electrónico.

La evaluación de los alumnos se realiza mediante exámenes trabajos prácticos y actividades de seguimiento, cuya aprobación les permiten regularizar la asignatura y el examen final teórico – práctico cuya aprobación conlleva la promoción de la asignatura.

La planificación de esta asignatura, particularmente los aspectos y metodología descriptos en los párrafos anteriores, se consideran adecuados para el logro del aprendizaje y la viabilidad de nuevos conocimientos relacionados e integrados. La propuesta es proactiva y da importancia al aprendizaje significativo, contextualizado y centrado en el alumno.

En lo que respecta a Cálculo Avanzado, Cálculo Avanzado es de cursado anual, correspondiente al 3er año de la Carrera Ingeniería Civil. Para poder cursar esta asignatura el alumno debe haber cursado Análisis Matemático II (2do año) y debe tener aprobada las asignaturas Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica (1er año), pudiendo rendir esta asignatura si tiene aprobada Análisis Matemático II.

Es correlativa anterior de la asignatura Análisis Estructural II (5to año), Proyecto Final (6to año-1er cuatrimestre).

Es una asignatura correspondiente al área matemática, las mismas no son específicas en el Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería Civil, pero si, de fundamental importancia, proporcionando herramientas indispensables que permitan satisfacer las necesidades y exigencias de las materias específicas del plan de estudio, considerando que una buena formación matemática ayuda a la creatividad, desarrollo profesional, actividad científica, perfeccionamiento y tareas investigativas, no quedando limitadas por el desconocimiento de modelos que ofrecen los distintos campos de la Ingeniería Civil; otorga las estructuras básicas para que puedan elaborar distintos modelos que simulen una satisfactoria concordancia con los datos experimentales para luego ser estudiados por medio de razonamientos, métodos matemáticos y regla operacionales, captando los problemas específicos de las distintas disciplinas e interpretarlos adecuadamente.

Las características interdisciplinarias en que se desarrollan hoy en día los distintos grupos de investigación, posibilitan que un profesional que haya adquirido estas estructuras de pensamiento se adapte a distintas situaciones, y tenga una buena comunicación con profesionales de otras áreas.

Es por ello que tiene que tenerse en cuenta en la planificación, una acertada selección de los contenidos y un adecuado ordenamiento de los mismos de manera que exista una real incorporación a la estructura cognoscitiva del estudiante, resultando para ello necesario el trabajo interdisciplinario con las asignaturas de la misma área (articulación vertical) y de las otras (articulación vertical y horizontal), logrando una buena formación matemática, no un enciclopedismo científico, considerando que el desarrollo de los métodos numéricos y el avance continuo de la computación, hace necesario que el estudiante tecnológico cuente con una asignatura de introducción a las técnicas numéricas más usuales y al uso de programas aplicativos de computación para la solución de problemas de ingeniería.

Considerando la Ordenanza 1030/04 los objetivos de la asignatura son valorar la vinculación entre el Álgebra Lineal y el Análisis Matemático; conocer los conceptos básicos de la Teoría de las Ecuaciones Diferenciales Lineales en Derivadas Parciales; aplicar esos conceptos en la modelización de fenómenos físicos de interés en Ingeniería Civil; conocer los rudimentos de los métodos numéricos en la resolución de problemas matemáticos y desarrollar algoritmos y programas computacionales que le permitan aplicar dichos métodos a la resolución de problemas.

La metodología de enseñanza propuesta tiende a formar individuos con capacidad para lograr un aprendizaje independiente. Por este motivo el proceso de enseñanza aprendizaje planteado está centrado en el alumno y en la metodología de la resolución de problemas. Partiendo de los problemas básicos de ingeniería que posibilitará un acercamiento a la tarea del futuro profesional. Estos problemas deben ser seleccionados por el docente, de tal manera que en ellos pueda verse especialmente el tema que se quiere introducir.

En todo momento se incentiva la participación del alumno en la clase, el docente trata que el alumno comprenda antes de fijar el conocimiento, elaborando permanentemente justificaciones, lógicas.

La metodología que propone la cátedra es el desarrollo del tema teórico, ubicándolo en el contexto de la materia, si el tema es nuevo o haciendo una breve reseña del tema desarrollado y de los conocimientos previos si fue ya desarrollado en la clase anterior. Las tareas a realizar por el estudiante en esta instancia es, en la actividad presencial: seguimiento y toma de apuntes. Se procura la participación del alumno, para que él generalice un concepto, desarrolle una propiedad, a través de preguntas o planteos de distintas situaciones; en la actividad no presencial: estudio de la asignatura. Para favorecer el aprendizaje, se familiariza al alumno con

el uso de libros de texto incluidos en la bibliografía a fin de desarrollar su capacidad de investigar, comprender, y construir su propio conocimiento.

Durante la clase de problemas, se resuelven problemas tipos y casos prácticos. Se realiza un planteo de problemas tipos afines al tema desarrollado. Estos problemas son seleccionados de la bibliografía recomendada, elegidos de acuerdo a distintos grados de dificultad. En lo que respecta a la tarea del alumno en esta instancia es la resolución de problemas y planteo de dudas. Los problemas serán resueltos principalmente de manera grupal en clase, bajo la supervisión del docente y su tarea no presencial es la resolución de ejercicios propuestos por el docente.

En lo que respecta al uso de un software matemático, se realiza la programación o aplicación mediante los comandos propios, de los métodos numéricos con el software. Se pretende que los alumnos trabajen en clase con sus computadoras personales. El objeto es incentivar el aprendizaje con la herramienta computacional, optimizando el proceso enseñanza- aprendizaje. En esta instancia de la clase el alumno realiza la programación y uso del software matemático para la resolución de los ejercicios y su tarea en la instancia no presencial es completar el trabajo presencial y estudiar variantes si es necesario para que en la próxima clase pueda socializarlo con sus compañeros.

En lo que respecta a la evaluación se realiza una evaluación parcial y se plantean dos trabajos prácticos grupales, que el alumno debe aprobar para lograr la promoción de la asignatura.

En el campus virtual de la facultad, la cátedra tiene un sitio, en el mismo están disponibles desde el primer día de clase: planificación de la cátedra, en la que se destaca temas a desarrollar, objetivos propuestos, cronograma de clases, cronograma de evaluaciones y bibliografía recomendada por tema; algunos apuntes de cátedra que el docente considera conveniente de desarrollar; las presentaciones de las clases en diapositivas, por si el alumno no puede asistir a la misma, si fuera necesario ejercitación extra y trabajos prácticos.

La cátedra tiene una carga horaria de dos horas, lo que es insuficiente, por ello necesita de las actividades no presenciales por parte del alumno de una manera comprometida. A los que así lo hacen, esto le permite abordar el conocimiento con diferentes perspectivas, desarrollando distintos puntos de vista y adquiriendo miradas globales de los temas y modos diferentes de razonarlos y flexibilizar el pensamiento. El docente en la clase debe guiarlos en la estrategia general de la resolución del problema propuesto.

3. Diseño de una metodología de trabajo integrado de dos cátedras de Ingeniería Civil

3.1 Justificación de la propuesta

Los docentes de las asignaturas, coincidimos en la preocupación al ver, en algunos alumnos, el desinterés en incorporar nuevos conocimientos y, en otros, la limitación para lograr la necesaria apropiación e interrelación. No obstante el esfuerzo reflejado en las planificaciones descriptas, la implementación de ambas asignaturas no logra el rendimiento deseado. Los porcentajes de alumnos que regularizan y promueven por examen final, son bajos. El análisis de los datos es coherente con las dificultades observadas y documentadas en las pruebas escritas. Las dificultades se centran en la aplicación de conceptos a problemas similares y en las limitaciones para aplicar los procedimientos de cálculo y para expresarse con lenguaje técnico apropiado. La mayoría de los alumnos se caracteriza por destinar escaso tiempo al estudio durante el cursado y poseer deficientes técnicas de trabajo intelectual. No invierten horas semanales en

actividades propuestas como lecturas previas, revisión bibliográfica, en especial de la teoría, ni realizan práctica adicional recomendada o tomada de los libros disponibles.

Se considera que el bajo rendimiento de la mayoría de los alumnos no puede ser resuelto sin la colaboración de los docentes. Entonces, es imprescindible complementar la implementación actual, con nuevas estrategias innovadoras y evaluando en forma crítica y reflexiva para la realimentación del proceso de mejora didáctica.

Una mirada autocrítica conduce a pensar que uno de los obstáculos es la implementación de las metodologías propuestas. Las clases explicativas, en especial de la práctica, dejan postergado el protagonismo del alumno en la construcción de sus saberes y solo se consigue la activa participación de algunos.

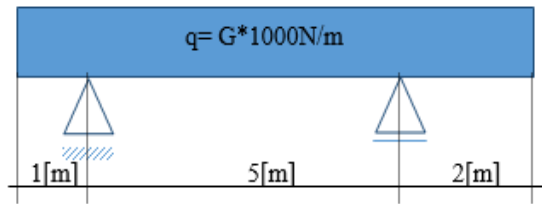
El planteo de las estrategias, que modifican la modalidad actual de las clases, está basado en aprendizaje por competencias en función de los objetivos del curso. Se espera que el alumno actúe y protagonice su labor intelectual para internalizar conceptos y procedimientos básicos para el cálculo de elementos estructurales.

3.2 Antecedente de actividad de integración

Esta experiencia se llevó a cabo con los alumnos de Cálculo Avanzado de 3er año de la carrera Ingeniería Civil, de la Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional. Por primera vez se realizó en el año 2015, para un total de 20 alumnos. El tema a impartir corresponde a la Unidad Temática 2, Métodos por diferencias finitas. Aplicaciones a Ingeniería, con el objetivo particular de que el alumno comprenda que para modelizar la realidad de los problemas de ingeniería, la obtención de resultados adecuados y aceptables, depende del acierto con que sepa elegir las variables que definen el problema, y el consiguiente descarte de aquellas que no tienen mayormente incidencia, además que adopte un enfoque, que haga un uso significativo de la tecnología computacional, desarrollando algoritmos y programas computacionales que le permitan aplicar dichos métodos, a la resolución de problemas de ingeniería, para ayudarlo en el proceso de conceptualización.

Se considera que es posible desarrollar un mejor aprendizaje creando la oportunidad de adquirir procedimientos y habilidades a través del uso de información necesaria para resolver un problema y aprender las estrategias generales de la resolución de problemas propios del área profesional. En virtud de esto, se planificó integrar los conocimientos de Resistencia de Materiales aplicándolos en un caso práctico. Se propuso la siguiente tarea para entregar como trabajo práctico propuesto por la cátedra.

Ejercicio F.1.Dada la viga



- Proponer material y forma de la sección. Dimensionar. Realizar el Diagrama de cuerpo libre y de solicitaciones.
- Establecer un valor límite para las deformaciones. Proponer una forma aproximada de la curva de deflexión de la viga.
- Calcular aplicando Método de Diferencias Finitas, la deflexión, el momento y corte de toda la viga en subintervalos de longitud 0.5 [m].
- Graficar c/u de los resultados encontrados en el ítem anterior.
- Verificar las condiciones de rigidez.

Figura 1: Ejercitación propuesta en el Trabajo Práctico de la cátedra Cálculo Avanzado– Año 2015

La resolución del problema permitió evaluar a los alumnos tanto en los conocimientos necesarios para el estudio y cálculo de deformaciones en la viga, como la aplicación del método matemático de Diferencias Finitas. La mayoría de los alumnos no tuvo dificultades en resolver la parte estática del problema, que involucra conocimientos previos (Estabilidad, 2do año, 1er cuatrimestre). En lo que respecta al método matemático, los alumnos utilizaron para su resolución un software matemático y otros utilizaron planilla electrónica, en varios casos las dudas surgieron no en el método numérico que se utiliza para la resolución, sino en el uso del software o la planilla.

En cuanto al interés en resolver un problema que integra conocimientos de distintas asignaturas se considera positivo, aunque se pudo observar que algunos alumnos no realizaron un análisis detallado del problema propuesto y otros no tienen en claro la importancia de ir aplicando e integrando paulatinamente conceptos y procedimientos.

3.3 Planificación de la actividad integrada

Se propone un trabajo practico integrador que relacione los conocimientos previos adquiridos en Física, Estabilidad, Ingeniería Civil I, Ingeniería Civil II y los nuevos conceptos y procedimientos desarrollados en Resistencia de Materiales, y en Cálculo Avanzado.

La actividad se diseña en forma conjunta y coordinada entre las cátedras de Resistencia de Materiales y de Cálculo Avanzado, correspondiente a 3er año de Ingeniería Civil. El objetivo es que los alumnos logren afirmar los conceptos y métodos, realizando aplicaciones a casos concretos de cálculo. Esto permitirá la adquisición de competencias, planteadas en este nivel, cuestión que continuará progresivamente con otras asignaturas de nivel superior, del área de ingeniería estructural.

Se pretende que, a través de la resolución progresiva y adecuada de problemas de aplicación, en particular del trabajo práctico, el alumno desarrolle competencias para:

- Consultar y manejar la bibliografía, en especial normas y tablas, obteniendo la información precisa.
- Analizar las cargas en la estructura propuesta y las deformaciones que éstas producen;
- Identificar y seleccionar, para dicha estructura, los principios y conceptos teóricos y tener en cuenta las características del material propuesto o utilizado.

- Representar la estructura mediante un esquema de cálculo lógico y simple, con sus referencias.
- Deducir las ecuaciones y deducciones matemáticas como herramientas de cálculo necesarias para resolver el problema.
- Estudiar y calcular las solicitaciones aplicando el método de diferencias finitas para la resolución de las ecuaciones diferenciales que permiten el cálculo de la deflexión del momento y el corte.
- Dimensionar con magnitudes numéricas las secciones.
- Comparar los valores de las tensiones calculadas con las tensiones límites obtenidas en ensayos.
- Comprender y concluir respecto a la capacidad de la estructura para soportar cargas sin experimentar esfuerzos excesivos ni sufrir deformaciones inaceptables.
- Analizar críticamente las distintas instancias de resolución de tal manera que pueda transferirse a otros casos de estructuras.

En el aspecto organizativo, se dispone que los alumnos trabajen en equipo, considerando que es la modalidad que actualmente requiere la profesión de ingeniería. Además, supone que las decisiones y el procedimiento son fruto de la discusión y el análisis de los integrantes. Como corolario de la actividad se plantea una puesta en común de los trabajos prácticos realizados, lo cual permitirá al docente evaluar tanto los conocimientos y procedimientos necesarios para resolver el problema planteado, como la dedicación y el compromiso de los alumnos que forman el grupo de trabajo.

Las técnicas y recursos audiovisuales forman parte de la cultura de los alumnos actuales. En consecuencia, se plantea que apliquen sus destrezas a un tema y lo compartan entre pares. Asimismo, en esta propuesta, los docentes utilizamos dichos recursos para introducir y plantear las actividades.

Otro aspecto primordial es la base necesaria de conocimientos conceptuales y procedimentales aprendidos en asignaturas de cursado previo. La realización de las actividades propuestas integra en forma concreta dichos saberes y permite a los alumnos tomar conciencia sobre la importancia de reafirmarlos y aplicarlos.

Los criterios de evaluación serán establecidos por escrito, explicitados a los alumnos y permitirán valorar los conocimientos y habilidades conceptuales y procedimentales y reforzar los aspectos actitudinales para el saber hacer y el saber actuar.

Para lograr una eficaz implementación de la propuesta innovadora se organizarán las clases con antelación. Se compartirá entre las cátedras la elaboración del material de estudio y la selección de bibliografía. Las consignas de trabajo y los instrumentos de evaluación son redactados cuidadosamente.

3.4 Propuesta de implementación

Se describe a continuación la secuencia de instancias para la resolución del trabajo práctico.

En la clase de inicio de la actividad, los docentes plantean en forma global el trabajo práctico. Los alumnos se comprometen a realizar las siguientes tareas previas, utilizando técnicas audiovisuales y documentación escrita, en clase y extraclase:

- Concurrir con el legajo técnico de una vivienda, elaborado como trabajo integrador en las materias integradoras de primero y segundo año (Ingeniería Civil I – Ingeniería Civil II).
- Compartir con los docentes la elección de una viga para realizar el trabajo práctico.
- Realizar un plano de detalle de la estructura para el cálculo de la viga. Analizar en forma aproximada las acciones sobre la estructura y los materiales propuestos en el pliego de especificaciones técnicas.
- Realizar un repaso teórico de los conceptos que considere para aplicar al cálculo (dimensionamiento y verificación) de una viga.

La clase siguiente se inicia con la exposición por parte de los grupos de sus propuestas, comparten opiniones con otros grupos y se discute al respecto.

Los docentes plantean la siguiente consigna del trabajo práctico:

Diseñar la viga que se muestra en el plano adjunto. Proponer el material y utilizar los datos de tablas que correspondan. Considerar que las tensiones se encuentran debajo del límite de proporcionalidad del material.

1. Proponer el material y la forma de la sección recta de la viga. Predimensionar.
2. Realizar el análisis de cargas. Justificar.
3. Dibujar el diagrama de cuerpo libre de la viga con el esquema de cargas.
4. Estudiar el tipo de reacciones de vínculo y de solicitaciones.
5. Establecer la forma aproximada de la curva de deflexión y un valor límite según el material y destino de la estructura.
6. Aplicar el método de diferencias finitas para el cálculo, en toda la viga, de las solicitaciones de momento flector y corte, las deflexiones y las pendientes, estableciendo intervalos adecuados de tal manera que se cometa un error menor que 0.5%.
7. Verificar las condiciones de resistencia y rigidez.
8. Tomar las decisiones que correspondan de acuerdo a la verificación realizada.
9. Preparar una breve exposición del trabajo práctico.

Figura 2: Enunciado del Trabajo Práctico de la cátedra Cálculo Avanzado– Año 2016

Para una buena comprensión, se utiliza una presentación visual adecuada y se explican los distintos puntos a resolver. Se disponen instancias de consulta y seguimiento presenciales y virtuales, utilizando el campus institucional. Se establece el plazo para la elaboración, las pautas de entrega y de exposición.

Para la evaluación de la actividad, los alumnos exponen sus trabajos en la fecha acordada, demostrando los resultados del trabajo en grupo, el procedimiento llevado adelante y defendiendo las decisiones adoptadas. Los recursos audiovisuales son definidos por cada grupo. En esta instancia de exposición se trata de generar debate e intercambio de ideas para enriquecer los trabajos realizados. Se considerará una evaluación integral de lo expuesto que incluye el lenguaje utilizado, la claridad conceptual y la correcta aplicación de los procedimientos.

Para finalizar la clase los docentes compartirán su análisis crítico y los aportes tendientes tanto a superar dificultades como a promover la formación adecuada de los futuros ingenieros.

Luego de la evaluación rigurosa del contenido y procedimientos aplicados por cada grupo, los docentes procederán a devolver los trabajos con una síntesis de observaciones y correcciones. Asimismo se compartirá con los alumnos el resultado expresado en una nota globalizadora que incluya todos los aspectos evaluados.

4. Valoración de la intervención didáctica

Para evaluar la implementación de las actividades innovadoras los docentes considerarán los registros de las clases, la apreciación respecto al conocimiento logrado por los alumnos y el análisis de los resultados de la evaluación conjunta. En función de los años de experiencia docente es pertinente e importante comparar con la implementación de años anteriores y analizar la eficacia de la nueva propuesta. Se documentará la información en planillas que permitan el procesamiento de la información sobre el rendimiento de los alumnos.

Para auto valorar el desempeño docente se tomarán las opiniones y conceptos vertidos por los alumnos y se considerarán preguntas cuestionando la propia práctica de modo de pensar posibles intervenciones para mejorar la propuesta y planificar su continuidad y perfeccionamiento para los años siguientes.

5. Conclusiones

Al tratarse de una propuesta de intervención didáctica que se implementará próximamente las conclusiones no se refieren a resultados obtenidos.

Desde el punto de vista de la actividad docente se considera fructífero el trabajo docente coordinado, de modo que la integración de cátedras derive en conocimientos integrados y sólidos en los alumnos.

La planificación es adecuada para superar las dificultades actuales, derivadas de la metodología con que se desarrollan actualmente las asignaturas. Se espera que las competencias planteadas a este nivel de la carrera, permitan la aplicación de lo aprendido a problemas más complejos que se plantean en el ciclo superior.

No obstante, considerando la problemática educativa actual y la idiosincrasia de la mayoría de los alumnos, es probable y posible que otros obstáculos puedan intervenir para el logro de los objetivos planteados.

Asimismo, el uso de recursos actualizados para la enseñanza, constituye un desafío permanente que los docentes debemos afrontar y para ello capacitarnos y experimentar, manteniendo la motivación y la responsabilidad.

6. Referencias

- [1] LE BOTERF, G. (2000). *Ingeniería de las competencias*. Barcelona, Gestión 2000/EPISE.
- [2] CORNELLA, A. (2010) *Infoxicación - Buscando un orden en la información*. Zero Factory S.L. Barcelona. www.infonomia.com.
- [3] Universidad Tecnológica Nacional. (2004) *Diseño Curricular de la carrera Ingeniería Civil*. Ordenanza N°1030. San Miguel de Tucumán.



EL DESAFÍO DE EVALUAR LAS “COMPETENCIAS DE INGRESO” A LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS Y DISEÑAR ACCIONES DE FORTALECIMIENTO: UNA EXPERIENCIA EN LA FCEN-UNCUYO

Verónica Nodaro, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Cuyo, veronodaro@hotmail.com

Cecilia Fernández Gauna, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Cuyo, cfgauna@gmail.com

Iris Dias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Cuyo, irisdias_228@yahoo.com.ar

Carina Rubau, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Cuyo, IES “Del Atuel” N°9-011, crubau@yahoo.com.ar

María Mercedes Tovar Toulouse, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Cuyo, mmtovar@fcen.uncu.edu.ar

Armando Fernández Guillermet, Instituto Balseiro – Universidad Nacional de Cuyo, a.f.guillermet@gmail.com

Resumen— En 2008 el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) aprobó un documento sobre competencias para el acceso y la continuidad de los estudios de Ingeniería. Esta propuesta fue analizada en 2009 en un encuentro convocado por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), con la participación de representantes del CONFEDI y de las asociaciones AUDEAS, CONADEV, CUCEN, ECUAFyB, FODEQUI y Red UNCI. En dicha ocasión se lograron - y se plasmaron en un documento de la SPU - consensos acerca de las competencias requeridas para el ingreso a estudios universitarios. Además de constituir un resultado relevante del diálogo interuniversitario, dicho documento ofrece un punto de partida pertinente para el diagnóstico e implementación de acciones de apoyo académico a los ingresantes a carreras de ingeniería y ciencias. Con tales premisas se adoptaron las “competencias de ingreso” consensuadas en 2009 como base para el diseño de un Test Diagnóstico, el cual se implementó en el contexto del ingreso 2016 al Ciclo General de Conocimientos Básicos que dicta la FCEN-UNCUYO. Este trabajo describe las características generales del Test y los primeros resultados obtenidos acerca del grado de desarrollo, por parte de los ingresantes, de algunas “competencias de ingreso” clave. También se discute la forma en que estos resultados podrían servir de base para el diseño e implementación de acciones institucionales de apoyo académico.

Palabras clave— *test diagnóstico, competencias de acceso a la educación superior, ciencias exactas y naturales, cursos de nivelación universitaria, diseño e implementación de acciones de apoyo académico, ciencias básicas.*

1. Introducción

El incremento sostenido de la matrícula en el nivel de educación superior registrado en las últimas décadas ha suscitado un conjunto de nuevos desafíos, que se manifiestan en las bajas tasas de graduación, la alta relación entre duración real y duración teórica de las carreras y los elevados índices de abandono de los estudios en el primer año universitario. Esta problemática adquiere particular relevancia en el caso de las carreras científico-tecnológicas, dado el carácter estratégico de las mismas para el desarrollo socio-productivo de Argentina. Para abordar estos desafíos suele suponerse con frecuencia, que estas dificultades están asociadas al tránsito entre la escuela secundaria y la universidad. Consecuentemente, en diversos ámbitos académicos y gubernamentales se ha planteado el interés en establecer diálogos y acuerdos entre dichos niveles educativos acerca de las competencias que se requerirían de un egresado de escuela secundaria para mejorar su desempeño en las carreras de ciencias y tecnologías [1].

En particular, en 2008 el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) aprobó las denominadas “Competencias para el acceso y la continuidad de los estudios superiores en Ingeniería” [2]. Las competencias mencionadas son clasificadas por el CONFEDI en tres grandes grupos: Básicas (CBs), Transversales (CTs) y Específicas (CEs). Las CBs aluden a capacidades complejas y generales necesarias para cualquier tipo de actividad intelectual, en particular: (a) Comprensión lectora; (b) Producción de textos; (c) Resolución de problemas. Las CTs aluden a capacidades claves para estudios superiores, en particular: (d) Autonomía en el aprendizaje; (e) Destrezas cognitivas generales; y, (f) Relaciones interpersonales. Las CEs aluden a un conjunto de capacidades relacionadas entre sí que permiten desempeños satisfactorios en el estudio de las carreras de Ingeniería, en particular, las capacidades para: (g) Analizar una función o fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de su representación gráfica y/o a partir de sus ecuaciones matemáticas; (h) Reconocer y utilizar conceptos en Matemática, Física, Química y Biología; (i) Reconocer y analizar las propiedades físicas y/o químicas de la materia en ejemplos cotidianos. (j) Transferir el conocimiento científico de Física, Química, Matemática y Biología a situaciones problemáticas cotidianas; y, (k) Reconocer procesos biológicos básicos en diferentes niveles de organización; (l) Entender la biodiversidad como resultado de una historia evolutiva y la importancia de su preservación; (m) Transferir el conocimiento científico de la Física, Química y Biología a las interacciones de los seres vivos con el ambiente; (n) Utilizar la computadora aplicando lógica procedimental en el manejo del sistema operativo y sus diversas aplicaciones como procesador de textos, internet y correo electrónico. Finalmente, el documento del CONFEDI establece los “indicadores de logro” y el nivel esperado de desarrollo para cada grupo de competencias. En particular, se plantea la expectativa de que las CBs y las CTs alcancen un nivel intermedio, y que las CEs alcancen un nivel alto [2].

La propuesta del CONFEDI fue analizada en agosto de 2009 en el marco de un encuentro interuniversitario sobre acceso a “carreras prioritarias” convocado por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), del cual participaron representantes del CONFEDI y de la Asociación Universitaria de Educación Agropecuaria Superior (AUDEAS), el Consejo Nacional de Decanos de Veterinaria (CONADEV), Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN), el Ente Coordinador de Unidades Académicas de Farmacia y Bioquímica (ECUAFyB), el Foro de Decanos de las Facultades de Química (FODEQUI) y la Red de Universidades con Carreras en Informática (Red UNCI). En el encuentro de 2009 se lograron - y se plasmaron en un documento de la SPU [3]- consensos acerca de las competencias requeridas para el ingreso a estudios universitarios.

El documento de la SPU [3], que es un resultado relevante del diálogo interuniversitario, puede ser considerado también como un punto de partida pertinente para el diagnóstico e implementación de acciones de apoyo académico a los ingresantes a carreras de ciencias. Con esta premisa se adoptaron las competencias de acceso consensuadas en 2009 como base para el diseño de un Test Diagnóstico, el cual se implementó en el contexto del ingreso 2016 al Ciclo General de Conocimientos Básicos que dicta la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Cuyo (FCEN-UNCUYO). El objetivo del Test Diagnóstico es determinar el grado de desarrollo de las competencias de acceso a los estudios superiores propuestas por el CONFEDI, mostrado por los aspirantes a las carreras de la FCEN-UNCUYO.

El diseño del Test Diagnóstico, que constituye en sí mismo un resultado original, junto con los resultados preliminares del análisis de una parte de las respuestas obtenidas (ver Sección 2) motivaron una comunicación reciente [4]. El presente trabajo se propone, por una parte, analizar el resto de los resultados disponibles, y, por la otra, contribuir a establecer el modo en que los resultados de este Test Diagnóstico, podrían servir de insumo para la mejora de las acciones de apoyo académico durante el ciclo propedéutico de nivelación universitaria que se está implementando en la FCEN-UNCUYO.

2. Metodología

Tomando como referencia los indicadores de logro propuestos por el CONFEDI se diseñaron una serie de problemas en los que se evalúa la mayor cantidad de las competencias con la finalidad de determinar el grado de desarrollo de las mismas por parte de los ingresantes. A tal fin, se diseñaron y evaluaron en total 7 (siete) problemas, cada uno de los cuales se centró en una competencia particular, pero involucró, en mayor o menor medida, algunas de las otras competencias propuestas [2]. La implementación del Test Diagnóstico tuvo lugar durante la primera semana del curso de ingreso a la FCEN-UNCUYO. En total se recolectaron 102 (ciento dos) evaluaciones de estudiantes aspirantes a ingresar a las carreras ofrecidas por la FCEN-UNCUYO, a saber: Profesorado de Grado Universitario o Licenciatura en Ciencias Básicas, con orientación en Biología, Física, Matemática o Química o Licenciatura en Geología. Al momento de la aplicación del Test Diagnóstico, los ingresantes contaban solamente con la instrucción recibida en su trayectoria escolar previa, es decir, la escuela secundaria y/o carreras inconclusas.

Para analizar los resultados se construyó una matriz conformada, por un lado, por las competencias e indicadores de logro y, por otra parte, los ítems planteados a los estudiantes en cada problema propuesto. Teniendo en cuenta cada ítem planteado en el Test Diagnóstico, se identificaron todos los indicadores de logro evaluados en la consigna, se establecieron los criterios de corrección y se asignó un valor (puntaje) entre 0 y 1 para cada indicador evaluado. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos identificando cuál fue el desarrollo de la competencia particular.

En una primera instancia y con el objetivo de obtener información necesaria para la implementación del ciclo propedéutico de nivelación, se eligieron tres problemas para su corrección. El criterio para elegirlos fue que cada uno de ellos abordaba un tipo de competencia particular con mayor profundidad. Los resultados de dicho análisis motivaron una comunicación reciente [4]. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la corrección del resto de los ejercicios involucrados en el Test Diagnóstico, a saber, los problemas 2, 3, 5 y 7.

3. Resultados

A continuación se ofrecen detalles sobre los problemas presentados en este trabajo, las CBs, CTs y CE evaluadas en cada uno y las actividades con las que se establecieron los indicadores de logro correspondientes.

Problema 2. Para este problema se eligió un texto sobre un tema que genera controversia en la sociedad (los beneficios y las desventajas de producir y consumir alimentos transgénicos), con el objetivo de que el alumno lea un texto, lo comprenda y elabore una producción sobre el mismo en la que se lo invita a adoptar una postura frente al tema planteado.

- a) Escriba la definición de “alimento transgénico”.
- b) Una de las preguntas que se plantean en el texto es “¿Son seguros los alimentos transgénicos?” ¿Qué respuesta daría usted a esta pregunta? Escriba un texto argumentando su posición frente a esta controversia.
- c) Si deseara argumentar con mayor profundidad, ¿en qué fuentes buscaría información?. Explique en qué fundamenta su elección.
- d) Si decidiera hacer una encuesta al público general sobre este tema, ¿cuáles serían las primeras tres preguntas que haría?

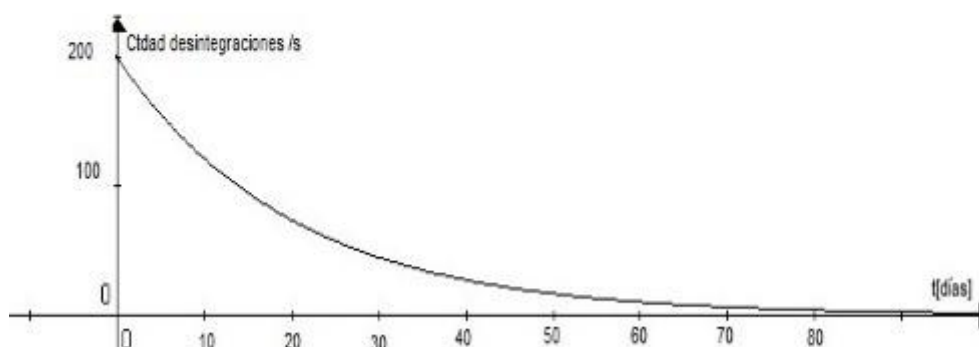
De esta manera se evaluaron las siguientes competencias:

- CBs
 - * Comprensión lectora – Lectura analítica
 - * Producción de textos – Planificación del texto a producir y Escritura del texto,
- CTs
 - * Destrezas cognitivas generales – Capacidad para comprender relaciones lógicas entre conceptos y Capacidad para percibir las relaciones entre las tecnologías y los recursos existentes.
 - * Relaciones Interpersonales – Comunicación efectiva de sus ideas y puntos de vista y Asunción de una visión conservacionista de los recursos naturales y del medio ambiente.
- CE
 - * Entendimiento de la biodiversidad y de la importancia de su preservación.

Problema 3: Se presentó un texto introductorio sobre material radiactivo que se complementó con información representada en un gráfico de decaimiento exponencial. Las actividades planteadas se muestran a continuación:

- a) Lea el texto que se le da a continuación y subraye tres palabras clave.
- b) Analice la gráfica e indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F)

La siguiente gráfica representa la cantidad de desintegraciones por segundo de una muestra de material radiactivo, $^{32}_{15}\text{P}$, que puede modelarse utilizando una función exponencial.



1. En los primeros días se registra la mayor cantidad de desintegraciones por segundo.	
2. El número de desintegraciones por segundo vale exactamente la mitad del valor inicial recién a los treinta días de iniciado el experimento.	
3. El número de desintegraciones por segundo disminuye a menos de la mitad del valor inicial a los treinta días de iniciado el experimento.	
4. A partir de los sesenta días no se registran desintegraciones, por lo que puede decirse que el proceso terminó.	
5. El número de desintegraciones por segundo a los treinta y a los cincuenta días es muy parecido.	
6. Entre los treinta y los cincuenta días el número de desintegraciones por segundo cae aproximadamente a la mitad.	
7. Aún a los ochenta días se detectan desintegraciones, por lo que puede decirse que el proceso no terminó.	

En este problema se evaluaron las siguientes competencias:

- CB
 - * Comprensión lectora – Lectura analítica (del texto y del gráfico),
- CT
 - * Destrezas cognitivas generales – Capacidad para pensar de manera inductiva y
- CE
 - * Análisis de una función y/o un fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de su representación gráfica.

Problema 5. Se planteó al estudiante un problema de Física: cinemática – MRUV – Tiro vertical. Se presentó un texto explicativo de una situación y la ecuación matemática que describe el movimiento del objeto lanzado. Las actividades planteadas se muestran a continuación:

a) A continuación se dan relatos que describen el movimiento de la pelota, marque con una cruz (X) el correcto y justifique por qué considera que los otros son incorrectos.

Relato	Correcto (X)	Justifique los incorrectos
La pelota es lanzada hacia arriba desde una altura superior al borde, sube disminuyendo su velocidad, se detiene y luego inicia su caída aumentando su velocidad hasta impactar con el fondo del pozo.		
La pelota es lanzada hacia arriba desde el borde del pozo, sube disminuyendo su velocidad, se detiene y luego inicia su caída aumentando su velocidad hasta impactar con el fondo del pozo.		
La pelota se deja caer desde el borde del pozo y se mueve en caída libre, aumentando su velocidad hasta impactar con el fondo del pozo.		
La pelota es lanzada hacia abajo desde el borde del pozo y se mueve aumentando su velocidad hasta impactar con el fondo del pozo.		
La pelota es lanzada hacia arriba desde el borde del pozo, y sigue toda su trayectoria a velocidad constante hasta impactar con el fondo del pozo.		
La pelota es lanzada hacia arriba desde el borde del pozo, sube aumentando su velocidad, se detiene y luego inicia su caída disminuyendo su velocidad hasta impactar con el fondo del pozo.		

b) Haga un dibujo esquemático de la trayectoria de la pelota. Incluya por lo menos 5 puntos de la misma. Grafique en cada punto vectores representativos de la velocidad y la aceleración instantáneas.

c) Mediante la resolución de algunos cálculos sencillos responda las siguientes preguntas:

- Como puede notarse, $y=0$ cuando $t=0$ y también cuando $t=10$ s. ¿Es razonable este resultado? Sí No (Marque su respuesta con X)

En caso de respuesta afirmativa explique qué representa físicamente.

.....

¿Cómo puede determinar, con un mínimo de cuentas, la altura máxima de la pelota, en toda su trayectoria, medida desde el borde del pozo? Calcule, explique y presente su resultado.

Cálculos	Explique cómo resolvió el problema	Presente su respuesta



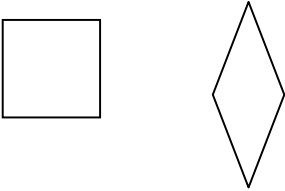
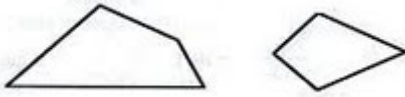
- Finalmente, calcule qué profundidad tiene el pozo.

De esta manera se evaluaron las siguientes competencias:



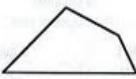

- CBs
 - * Comprensión lectora – Lectura analítica y Representación de la información,
 - * Producción de textos - Planificación del texto a producir y Escritura del texto,
 - * Resolución de problemas – Todas sus fases
- CTs
 - * Destrezas cognitivas generales – Capacidad para pensar de manera hipotético deductiva y Capacidad para pensar de manera divergente
 - * Relaciones interpersonales – Comunicación efectiva de sus ideas y puntos de vista
- CEs
 - * Análisis de una función y/o un fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de sus ecuaciones matemáticas.
 - * Reconocimiento y utilización de conceptos de física.
 - * Transferencia del conocimiento científico de física a situaciones problemáticas variadas.

Problema 7: Se presentó un texto descriptivo sobre la clasificación de los cuadriláteros. Con la información aporta en el texto, los estudiantes debían identificar características comunes entre pares de figuras dadas; completar un cuadro descriptivo sobre los cuadriláteros a partir de la información provista en el texto y de conocimientos previos y, finalmente, determinar la validez de un razonamiento. Las actividades incluidas en este problema se muestran a continuación:

a) Indique lo que tienen en común los siguientes pares de cuadriláteros.

 <p>.....</p>	 <p>.....</p>
 <p>.....</p>	 <p>.....</p>

b) El texto anterior se ha utilizado para construir el siguiente cuadro, en el cual se resumen las características, la clasificación planteada en el texto, los nombres de algunas figuras importantes en el estudio de la geometría y sus dibujos correspondientes.

CUADRILÁTEROS	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN	DIBUJO de la figura	NOMBRE de la figura	CARACTERÍSTICAS de la figura
	Tiene dos pares de lados paralelos	PARALELOGRAMO			
					
				Rombo	* No tiene ningún ángulo recto. * Tiene los 4 lados de igual longitud.
				Romboid e	* No tiene ningún ángulo recto. * Tiene lados de igual longitud dos a dos.
	<i>Completar</i>	TRAPECIO		Rectángulo	
				Isósceles
			Escaleno	* Ningún lado de igual longitud, ni ángulo recto.
		TRAPEZOID E		Asimétrico	
				Simétrico	

c) Lea la siguiente afirmación:

“El cuadrado tiene todos sus lados de igual longitud y además, el cuadrado es un cuadrilátero. Entonces el cuadrilátero tiene todos sus lados de igual longitud.”

Usted opina que la afirmación es

Verdadera: Falsa: (Marque con X su respuesta)

Explique su razonamiento para responder.

.....

Las competencias evaluadas mediante este problema fueron las siguientes:

○ CBs

* Comprensión lectora – Lectura exploratoria, Lectura analítica, Representación de la información y Lectura analítico-crítica,

* Producción de textos - Planificación del texto a producir y Escritura del texto,

* Resolución de problemas – Comprensión del problema y Planificación de estrategias,

○ CTs

* Destrezas cognitivas generales – Capacidad para comprender relaciones lógicas entre conceptos, Capacidad para efectuar relaciones lógicas entre conceptos, Capacidad para pensar de manera hipotético deductiva y Capacidad para realizar comparaciones y analogías,

* Relaciones interpersonales – Comunicación efectiva de sus ideas y puntos de vista

4. Conclusiones y recomendaciones

Los diversos problemas que constituyen el Test Diagnóstico, confrontan al estudiante con diferentes tipos de actividades, cuya evaluación luego permite establecer el grado de desarrollo de varias capacidades y competencias. El Test Diagnóstico permitió, además, que las mismas capacidades o competencias fueran evaluadas con diferentes modalidades para obtener una visión más acabada y completa del grado de desarrollo de cada una de ellas.

En la Tabla 1 se presentan los porcentajes correspondientes al grado de desarrollo de cada una de las competencias evaluadas en los cuatro problemas presentados en la sección anterior, y el promedio correspondiente a cada uno de los tres tipos de competencias a que hace referencia el documento del CONFEDI. En lo que respecta a las CBs se encuentra que la capacidad más desarrollada es la “Comprensión lectora” mientras que la “Resolución de problemas” es la menos desarrollada. En el caso de las CTs la que mayor grado de desarrollo presenta es la de “Relaciones interpersonales”, dejando en último lugar a las “Destrezas cognitivas generales”. Tres de las ocho CEs establecidas en la propuesta del CONFEDI fueron evaluadas mediante los problemas descritos en la sección 3. Entre ellas, “Análisis de una función o fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de su representación gráfica y/o a partir de sus ecuaciones matemáticas” fue la que presentó el grado más alto de desarrollo, mientras que “Reconocimiento y utilización de conceptos en Matemática, Física, Química y Biología” resultó la menos desarrollada.

Es llamativo el bajo grado de desarrollo que tienen en todos los casos las capacidades evaluadas en el Test Diagnóstico. En promedio, las CBs no superan el 20%, las CTs alcanzan apenas el 30% y las CEs no llegan al 15%. Puede observarse, además, que a medida que aumenta la especificidad de las competencias el grado de desarrollo disminuye.

Tabla 1. Grado de desarrollo de las competencias para el acceso y la continuidad de los estudios superiores a los estudios superiores [2,3] alcanzado por estudiantes aspirantes a carreras científicas de la FCEN - UNCUIYO.

Competencias de acceso[2,3]	Grado de desarrollo mostrado por los estudiantes
COMPETENCIAS BÁSICAS	Promedio: 17%
(a) Comprensión lectora.	27%
(b) Producción de textos.	21%
(c) Resolución de problemas.	4%
COMPETENCIAS TRANSVERSALES	Promedio: 30%
(d) Autonomía en el aprendizaje.	-
(e) Destrezas cognitivas generales.	23%
(f) Relaciones interpersonales.	38%
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	Promedio: 14%
(g) Análisis de una función o fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de su representación gráfica y/o a partir de sus ecuaciones matemáticas.	27%
(h) Reconocimiento y utilización de conceptos en Matemática, Física, Química y Biología.	4%
(i) Reconocimiento/análisis de propiedades físicas y/o químicas de la materia en ejemplos cotidianos.	-
(j) Transferencia del conocimiento científico de Física, Química, Matemática y Biología a situaciones problemáticas cotidianas.	-
(k) Reconocimiento procesos biológicos básicos en diferentes niveles de organización.	-
(l) Entender la biodiversidad como resultado de una historia evolutiva y la importancia de su preservación.	23%
(m) Transferir el conocimiento científico de la Física, Química y Biología a las interacciones de los seres vivos con el ambiente.	-
(n) Utilización de la computadora aplicando lógica procedimental en el manejo del sistema operativo y diversas aplicaciones como: procesador de texto, internet y correo electrónico.	-

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados conducen a cuestionarse cuáles son las habilidades y capacidades con las que los ingresantes a carreras científico-tecnológicas comienzan sus estudios superiores, y cuál es el rol que la universidad, como institución pública y responsable de garantizar el ejercicio efectivo del derecho a la educación, debe adoptar frente a esta realidad.

Desde la sanción de la Ley de Educación Nacional 26.206, en la que se extiende la obligatoriedad de los estudios hasta el último año de la escuela secundaria, resulta difícil imaginar que todos los estudiantes egresados de todas las escuelas, de todas las modalidades, de todos los contextos sociales y regionales egresen de sus estudios medios con el mismo grado de desarrollo de las competencias consideradas clave para el acceso y la continuidad de los estudios superiores. En este escenario, resulta entonces imperioso que las universidades – y hacia su interior cada unidad académica – implementen cursos, o módulos nivelatorios para favorecer el acceso y el exitoso desempeño académico en las carreras que ofrece.

En esta línea, el área de Ingreso, Permanencia y Egreso de la FCEN-UNCUYO ha implementado desde marzo de 2016 un nuevo Ciclo Propedéutico de nivelación universitaria. El diseño y planificación de los 4 módulos que componen este ciclo tuvo en cuenta los resultados de las investigaciones presentadas en este trabajo y en una comunicación previa del mismo grupo [4]. En particular, se ha incorporado un módulo de Comprensión y Producción de Textos Académicos que apunta a fortalecer las de Comprensión Lectora y Producción de Textos, un módulo de Ambientación Universitaria que apunta al desarrollo de diversas CTs, y se ha aumentado la carga horaria y mejorado la metodología de enseñanza de los módulos de Introducción a las Ciencias Formales y a las Ciencias Naturales para profundizar el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas y de todas las CEs.

Este primer Ciclo Propedéutico finaliza en julio de 2016 y se espera poder aplicar nuevamente el Test Diagnóstico sobre la misma muestra y realizar comparaciones cualitativas que contribuyan a la mejora de la enseñanza en la FCEN-UNCUYO.

También se espera que esta experiencia en la FCEN-UNCUYO permita aportar al esclarecimiento de la cuestión clave que plantean los resultados del Test Diagnóstico, a saber, ¿cuáles son las causas por las que los estudiantes que finalizan los estudios secundarios presentan un grado de desarrollo tan bajo de las competencias analizadas?

5. Referencias

- [1] BASSET, A.M.; INSUA; OLAVEGOGASCOECHEA, M.A.; FERNÁNDEZ GUILLERMET, A. (2015). *Estudio comparativo entre las “competencias de ingreso” a Ingeniería y los “aprendizajes prioritarios” y “competencias de egreso” de la Escuela Secundaria*. Ponencia. VI Encuentro Nacional y III Latinoamericano sobre Ingreso Universitario. Santiago del Estero, Argentina, 9 al 11 de septiembre de 2015.
- [2] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA (2014). *Competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios en Argentina*. En: Competencias en Ingeniería. Mar del Plata: Universidad FASTA. Recuperado el 1 de octubre de 2015 de http://www.confedi.org.ar/sites/default/files/documentos_upload/Cuadernillo%20de%20Competencias%20del%20CONFEDI.pdf
- [3] SECRETARÍA DE POLÍTICAS UNIVERSITARIAS (2009) *Documento sobre competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios*.
- [4] FERNÁNDEZ GAUNA, C.; NODARO, V.; DIAS, I.; RUBAU, C. (2016). *Diseño de un test diagnóstico para evaluación de “competencias de acceso” a estudios universitarios*.

V Jornadas Nacionales y I Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico – Tecnológicas. Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional. Bahía Blanca, 18 al 20 de mayo de 2016.

MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA Y EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ALUMNOS DE UNA FACULTAD DE INGENIERÍA

Devincenzi, Gustavo H., Facultad de Ingeniería – UNNE, gdevin@ing.unne.edu.ar;

Rohde, Gricela A., Facultad de Cs. Es. – UNNE, grohde@eco.unne.edu.ar

Bernaola, Gustavo A., UTN – Fac. Reg. Rcia., gustavo@edesycc.com.ar

Bonaffini, María L., Facultad de Cs. Es. – UNNE, mbonaffini@eco.unne.edu.ar

Giraudó, Marta B., Facultad de Ingeniería – UNNE, marta_giraudó@yahoo.com.ar

Dellamea, César H., Facultad de Cs. Es. – UNNE, cesarhdellamea@gmail.com

Resumen— La Educación Superior constituye uno de los principales instrumentos para asegurar una mejora en la calidad de vida y en el desarrollo de las personas, en consecuencia, el fortalecimiento de la educación universitaria resulta un elemento clave para lograr la competitividad de las estructuras sociales, económicas y productivas. Para lograrlo es evidente la necesidad de evaluar o cuantificar los logros académicos de sus alumnos, en un tramo de la carrera o en la totalidad de la misma, para que esta información sea el soporte de toda propuesta estratégica de optimización del nivel del egresado.

El objetivo de este trabajo es obtener, en base a modelos matemáticos teóricos, el rendimiento académico de los alumnos y la eficiencia de las cátedras, aplicado a los dos primeros años de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, período en el que se evidencia el mayor desgranamiento de estudiantes.

Para este trabajo se seleccionó, procesó y analizó la información disponible en dicha Unidad Académica, considerando criterios para definir el desempeño académico de los alumnos mediante un índice de rendimiento de los mismos, así como de eficiencia de las cátedras.

Los valores obtenidos permitirían a la institución medir la eficiencia y vulnerabilidad de los alumnos en los períodos considerados para aplicar medidas correctivas con el objeto de mejorarlas.

Palabras clave— *Modelos matemáticos, Eficiencia, Rendimiento académico.*

1. Introducción

La Teoría del Capital Humano (Becker, 1964 [1]) afirma que un individuo mejor preparado será capaz de recibir mayores ingresos a lo largo de su vida. Esta Teoría ha derivado en la búsqueda de la mejora en la calidad de la enseñanza, la reducción del desgranamiento de los estudiantes y el aumento en el rendimiento académico, por ello, uno de los objetivos prioritarios de toda sociedad, es contribuir a la eficiencia de las instituciones educativas, estableciendo la viabilidad de la existencia de un modelo de desarrollo sostenible, imprescindible para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

La educación superior constituye uno de los principales instrumentos para asegurar esta mejora en la calidad de vida y en el desarrollo de las personas. Ha sido estudiada la estrecha relación que existe entre el nivel educativo, el desarrollo social y el económico de una sociedad, por lo

tanto resulta imprescindible fortalecer las instituciones de nivel superior para potenciar el desarrollo de una ciudadanía competente y comprometida.

A fin de obtener resultados en cuanto a calidad y equidad educativa, es necesario que la Universidad incorpore elementos para mejorar la realidad, defendiendo una universidad inclusiva que contribuya a resolver problemas sociales como la discriminación y la marginación que conducen a la desigualdad de oportunidades[2], entendiendo que la Educación Superior es uno de los principales factores que posibilitan el desarrollo, tanto a nivel personal como así también de las comunidades y de los países. El fortalecimiento de la educación universitaria y de sus instituciones, es un elemento clave para lograr la competitividad de las estructuras sociales, económicas y productivas.

Se hace evidente la necesidad de evaluar o cuantificar los logros académicos de los alumnos, en un tramo de la carrera o en la totalidad de la misma. Esta información le permite a las instituciones conocer la calidad educativa, el desempeño académico de sus alumnos, teniendo en cuenta su rendimiento académico, que será el soporte de toda propuesta estratégica de optimización del nivel del egresado.

La CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria), en el marco de los procesos de acreditación de las carreras de interés público, aplica desde el año 2002 una prueba de evaluación de los aprendizajes de los alumnos, denominada ACCEDE (Análisis de las competencias y contenidos de los que los estudiantes disponen efectivamente). La misma se aplica para una determinada franja de los estudiantes, los que poseen entre el setenta y cinco y ochenta por ciento de las materias de las carreras mencionadas, siendo anónima y opcional su realización. Se analiza, como su nombre lo indica, si los alumnos poseen las competencias y contenidos que se dicen en el Plan de Estudios de la carrera en acreditación [3].

Si bien este examen es relevante para el proceso llevado a cabo por la CONEAU, resulta importante encontrar un método que permita medir el rendimiento académico de los alumnos en distintas instancias de su trayectoria universitaria, siendo fundamental en el ciclo básico, para poder realizar los ajustes y modificaciones necesarios para lograr un mejor rendimiento de los estudiantes.

Ciertamente son conocidas la complejidad y la polémica respecto a cuáles son las variables e indicadores que definen mejor el rendimiento académico y en consecuencia los métodos más acertados para medirlo.

Teniendo en cuenta las distintas etapas definidas por el Plan de Estudio y las normativas vigentes en cada institución, nos proponemos elaborar un modelo que permita medir el rendimiento académico general, considerando el desempeño particular de cada alumno, y en cuya estimación consideraremos la capacidad para regularizar las distintas asignaturas que conforman el perfil del egresado, propio de cada carrera, acotando el estudio al primer año de la carrera y el primer cuatrimestre del segundo año, por ser un plan de estudio común a las distintas carreras de Ingeniería.

El objetivo de este trabajo es obtener, en base a modelos matemáticos teóricos, el rendimiento académico de los alumnos y la eficiencia de las cátedras, aplicado a los dos primeros años que resultan comunes a las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, período en el que se evidencia el mayor desgranamiento de los estudiantes.

El presente trabajo forma parte de las tareas que llevan adelante los integrantes del proyecto de investigación denominado “Aplicación de modelos matemáticos para evaluar la eficiencia y la vulnerabilidad de los alumnos en los primeros años de estudios universitarios.” PI M002/14 acreditado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste.

2. Marco teórico

Al evaluar el rendimiento académico de los alumnos es necesario conocer previamente los criterios asumidos por la institución para determinar dicho desempeño. Es preciso seleccionar, procesar y analizar la variada información disponible en la Unidad Académica en estudio para determinar los indicadores que nos permitirán analizar y evaluar.

Para este trabajo utilizamos distintas herramientas, seleccionadas por su pertinencia para realizar el análisis y evaluación.

Para el estudio de la eficiencia de las cátedras desde el año 2005 hasta el 2014, utilizamos el modelo DEA (Data Envelopment Analysis) y para analizar el rendimiento académico de los alumnos hemos considerado, en este primer momento, el índice denominado Rendimiento Integral de Regularización (RIR).

2.1 Análisis Envolvente de Datos (DEA)

La metodología DEA [4] es una técnica que utiliza herramientas de programación lineal para comparar unidades de producción que utilizan el mismo grupo de recursos y producen el mismo grupo de bienes, generando la frontera eficiente e indicadores relativos de eficiencia dentro de la población de unidades de producción estudiadas.

Esta metodología fue iniciada por Charnes, Cooper y Rhodes, cuando formularon el primer modelo DEA (CCR) utilizando como base los conceptos originalmente planteados por Farrell (1957).

Algunas de las principales ventajas de este modelo son:

- ✓ Es una técnica no paramétrica, por lo tanto no resulta necesario establecer primeramente una relación funcional entre las variables de entrada y de salida.
- ✓ Permite utilizar múltiples variables de entrada y de salida.
- ✓ No es necesario utilizar la misma unidad de medida para los datos.
- ✓ Se construye la frontera de eficiencia con información que resulta de optimizaciones individuales, que permiten la selección de distintas tecnologías para cada unidad evaluada.

La eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones básicas:

- ✓ Orientado a las entradas: cuando dado un nivel de outputs se busca la máxima reducción proporcional en las variables de entrada mientras permanecen en la frontera de posibilidades de producción.
- ✓ Orientado a las salidas: cuando dado el nivel de inputs se busca el máximo incremento proporcional de los outputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción.

Las versiones de este modelo pueden ser de rendimientos a escala constante y a escala variable:

- ✓ Rendimientos Constantes a escala: Cuando al variar la cantidad utilizada de inputs en una determinada proporción el output obtenido varía en la misma proporción. El modelo básico CCR considera este rendimiento.
- ✓ Rendimientos Variables a escala, pueden ser:
 - Crecientes a escala: al variar la cantidad utilizada de inputs en una determinada proporción el output obtenido varía en una proporción mayor.
 - Decreciente a escala: al variar la cantidad utilizada de inputs en una determinada proporción el output obtenido varía en una proporción menor.

2.2 Rendimiento integral de regularización (RIR):

Para lograr el rendimiento integral de regularización [5] se tuvo en cuenta la normativa y reglamentos institucionales, vigentes en el Plan de Estudio de la Facultad de Ingeniería. Para obtenerlo se comenzó con la determinación de un primer rendimiento que vincula la cantidad de veces que regularizó la materia y la cantidad de veces que la cursó para obtener la regularidad, de acuerdo con el Plan de Estudios en los tres cuatrimestres considerados.

$$\text{Índice materia regularizada} = \frac{[\text{Cantidad de veces que regularizó la materia}]}{[\text{Cantidad de veces que cursó la materia para obtener la regularidad}]} \quad (1)$$

Estos cálculos se realizaron para cada alumno y por cada año académico, o sea desde marzo a febrero del año siguiente para primer año y de marzo a julio para segundo año.

La sumatoria de los índices de todas las materias regularizadas, en el período considerado, nos da la eficiencia total de regularización:

$$\text{Eficiencia total de regularización} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{NI_j} \quad (2)$$

Siendo:

j : asignatura

NI_j : cantidad de veces que el alumno se inscribió para cursar la asignatura j

A esta sumatoria la dividimos por la cantidad de materias que teóricamente debería haber cursado el alumno (MTR) para obtener el rendimiento de regularidad:

$$\text{Rendimiento de regularidad (RR)} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{NI_j}}{MTR} \quad (3)$$

Sin embargo no se debe considerar con igual rendimiento a un estudiante que regularizó las trece materias en los términos previstos por el Plan de Estudios que a aquel que demoró más tiempo en hacerlo. Por este motivo se introduce un coeficiente de ajuste (CA):

$$CA = \frac{[\text{Cantidad de meses teóricos para regularizar las materias del período considerado}]}{[\text{Cantidad de meses reales utilizados para regularizar las materias del período considerado}]} \quad (4)$$

Por lo tanto el “Rendimiento Integral de Regularización (RIR)” se obtuvo de la siguiente manera:

$$RIR = RR \cdot CA = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{NI_j}}{MTR} \cdot CA \quad (5)$$

RIR: Rendimiento integral de regularización

RR: Rendimiento de regularidad

CA: Coeficiente de ajuste por retraso en la carrera

Si un alumno aprueba una materia como libre, en ese momento se considera que obtuvo también la regularización.

3. Metodología

Para el presente trabajo se seleccionó, procesó y analizó la información disponible en la Unidad Académica en estudio para los dos primeros años, considerando los alumnos de las cohortes desde el año 2005 hasta el año 2010 para el análisis del rendimiento académico y hasta el año 2014 para la eficiencia de las cátedras.

Es necesario mencionar que de primer año se tomaron los dos cuatrimestres, pero de segundo año sólo el primero, porque a partir de allí ya se diferencian las materias para cada orientación.

Las asignaturas consideradas fueron trece, para primer año, ocho: Álgebra y Geometría, Análisis Matemático I, Sistemas de Representación (Módulo I), Fundamentos de Ingeniería, Análisis Matemático II, Física I, Química, Sistemas de Representación (Módulo II); para segundo año, cinco: Análisis matemático III, Informática, Estabilidad I, Física II y Física III.

Se realizó el análisis de la eficiencia de las asignaturas en el período 2005 -2014 y el estudio del rendimiento académico de los alumnos de las cohortes 2005-2010. Los datos fueron extraídos del Sistema de Gestión SIU-Guaraní de la Universidad Nacional del Nordeste.

3.1 Análisis de la eficiencia de las asignaturas

Para esta investigación, se realizó el corte al finalizar el cursado de cada una de las asignaturas. Se tomó como input (variable de entrada), la cantidad de alumnos inscriptos para cursar y como outputs (variables de salida) la cantidad de estudiantes que regularizaron y la cantidad que promocionaron las materias (no se consideró la promoción por equivalencia). En el análisis de la eficiencia se trabajó con el modelo matemático DEA eligiendo de las orientaciones, el de los outputs y considerando los rendimientos a escala constante (CCR).

Se realizó el análisis de las trece asignaturas en el período comprendido entre 2005 y 2014, sin considerar los alumnos recursantes para el primer año (2005) de este estudio.

Para el procesamiento de estos datos se utilizó el Programa Microsoft Excel, lenguaje VBA, rutina desarrollada por el Director del Proyecto mencionado anteriormente.

3.2 Estudio del rendimiento académico de los alumnos

En este estudio se utilizó el índice de rendimiento integral de regularización (RIR) para las cohortes desde el 2005 hasta el 2010, utilizando los productos Visual Foxpro y Excel para las bases de datos y tablas procesadas.

Para este análisis se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones para aplicar el índice de Rendimiento Integral de Regularización del Alumno (RIR)

- ✓ Se tomaron las 8 asignaturas de primer año más 5 del primer cuatrimestre de 2° año (comunes a todas las ingenierías). Solamente de ellas se consideraron las informaciones necesarias para realizar todos los cálculos (a excepción del total de materias aprobadas, que figura en la columna 'Totapro' de la tabla de Excel que se explica seguidamente).
- ✓ El proceso abarca los alumnos que ingresaron desde el 2005 hasta el 2014 inclusive (los datos disponibles son hasta el turno de abril del 2015).
- ✓ Si el alumno aprobó una materia en condición de libre, se considera, a los fines del proceso, como una cursada y una regularización más.

Con estas consignas de trabajo se confeccionó una tabla en Excel con las siguientes columnas:

Tabla 1. Cabecera de tabla de datos de alumnos, según número de legajo

LEGAJO	RIR	FE_MIN	FE_MAX	CANT_REG	ANIOS	ANIOSPLAN	TOTAPRO
--------	-----	--------	--------	----------	-------	-----------	---------

Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla la información por columna es la siguiente:

- Legajo: para este estudio se consideró el número de legajo de cada alumno de la muestra.
- RIR: índice de Rendimiento Integral de Regularización por alumno.
- Fe_min: es la primera fecha en que se informa una situación de fin de cursado o aprobación libre del alumno.
- Fe_max: es la última fecha en la que se informa una situación de fin de cursado o aprobación libre del alumno en las trece materias en estudio.
- Cant_reg: es la cantidad de veces que el alumno regularizó alguna de las materias que se están considerando (o bien aprobó como libre).
- Anios: Cantidad de años desde que el alumno hizo su primera actividad académica registrada hasta la última que se tiene informada, para las trece materias (se toman años enteros).
- Aniosplan: Cantidad de años que le debería haber demandado regularizar las asignaturas consideradas (1 ó 2 según corresponda, 0 si no se registra ninguna actividad), según el Plan de Estudios.
- Totapro: cantidad total de materias aprobadas que tiene del alumno, hasta el año 2014.

4. Análisis de los resultados

4.1 Análisis de la eficiencia de las asignaturas

Utilizando la rutina del Programa Microsoft Excel, en lenguaje VBA, se realizó el análisis de la eficiencia (Score) de las trece asignaturas en el período comprendido entre 2005 y 2014, obteniéndose los siguientes resultados:

- ✓ Para las materias de primer año (dos cuatrimestres):

Tabla 2. Eficiencia de las materias de 1º año 1º cuatrimestre

DMU	SCORE			
	Álg. y Geom.	Anál.Mat.I	Fund.de Ing.	Sist.Rep.Mód.I
2005	53,80%	33,22%	62,34%	60,10%
2006	53,46%	29,31%	67,96%	60,69%
2007	46,55%	28,47%	42,61%	57,45%
2008	59,56%	45,17%	51,38%	72,14%
2009	46,13%	42,30%	49,42%	61,03%
2010	41,69%	34,55%	53,41%	68,46%
2011	44,82%	46,02%	48,24%	31,61%
2012	50,90%	47,37%	78,50%	46,44%
2013	49,35%	44,79%	72,04%	43,85%
2014	41,01%	45,32%	76,37%	40,81%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del SIU Guaraní

Tabla 3. Eficiencia de las materias de 1° año 2° cuatrimestre

DMU	SCORE			
	Física	Química	Anal.Mat.II	Sist.Rep.Mód.II
2005	68,00%	81,96%	53,46%	76,52%
2006	78,25%	90,31%	59,00%	72,92%
2007	84,82%	86,95%	70,30%	74,19%
2008	53,51%	92,14%	57,35%	88,80%
2009	74,85%	93,41%	57,37%	85,54%
2010	62,74%	87,57%	69,56%	88,13%
2011	57,07%	87,89%	73,44%	83,68%
2012	59,42%	79,24%	59,51%	97,10%
2013	69,23%	89,64%	38,91%	100,00%
2014	69,31%	88,60%	56,70%	93,95%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del SIU Guaraní

- ✓ Para las materias de segundo año (un cuatrimestre):

Tabla 4. Eficiencia de las materias de 2° año 1° cuatrimestre

DMU	SCORE				
	Informática	Anál.Mat.III	Física II	Estabilidad I	Física III
2006	93,73%	100,00%	92,02%	89,96%	45,86%
2007	72,96%	82,62%	92,72%	61,13%	35,66%
2008	61,55%	56,01%	93,84%	52,16%	31,02%
2009	71,02%	59,16%	91,35%	43,67%	51,89%
2010	70,81%	47,96%	92,82%	46,10%	37,11%
2011	62,28%	42,33%	89,12%	39,81%	52,12%
2012	68,46%	55,70%	89,39%	38,65%	33,20%
2013	51,32%	41,48%	88,20%	38,32%	31,94%
2014	63,63%	27,91%	82,88%	33,91%	41,80%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del SIU Guaraní

Observando estos resultados se puede establecer que el máximo de eficiencia obtenido es 100% y el mínimo 27,91%. Ciertas asignaturas tienen un comportamiento particular, por ejemplo:

- ✓ Análisis Matemático III: obtiene el valor máximo de eficiencia (100%) y también el mínimo (27,91%)
- ✓ Análisis Matemático I: presenta el valor mínimo dentro de los máximos de eficiencia obtenidos por las asignaturas (47,37%), como así también un valor muy próximo al mínimo de todas las materias (28,47%).
- ✓ Física III: refleja el 52,12% de valor máximo de eficiencia y como mínimo 31,02%, siendo estos valores muy bajos respecto a los obtenidos por Física I (Máx: 84,82% y Mín: 53,51%) y Física II (Máx: 92,82% y Mín: 82,88%).

4.2 Estudio del rendimiento académico de los alumnos:

Para este estudio, se ha realizado la comparación del valor del índice de Rendimiento Integral de Regularización obtenido por cada alumno, para las trece primeras asignaturas, con la cantidad de materias aprobadas hasta el turno de abril del año 2015.

Teniendo en cuenta que la cantidad de materias de los Planes de Estudios de:

- ✓ Ingeniería Civil son 43
- ✓ Ingeniería Electromecánica son 39
- ✓ Ingeniería Mecánica son 44

Se han considerado los alumnos que obtuvieron 39 asignaturas o más, siempre hasta abril del año 2015 y se observó que, a partir de determinado valor del RIR, si los alumnos obtenían un número menor, no lograban obtener, ni mucho menos superar, ese número de materias. Este valor fue variando en las distintas cohortes como se detalla a continuación:

Tabla 5. RIR crítico de las seis cohortes

COHORTE	RIR crítico
2005	0.42
2006	0.45
2007	0.59
2008	0.53
2009	0.64
2010	0.92

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del SIU Guaraní

Se observa que:

- 1) En función al promedio estimado de graduación (superior a los 7 años), se verifica que solo alumnos con mejor rendimiento logran la graduación en menos años (cohorte 2010 y luego la 2009, en ese orden).
- 2) En las cohortes 2005 y 2006 se inscribieron y tuvieron alguna actividad académica (rendir examen final / cursar una asignatura) 576 alumnos. En el último año académico considerado (abril/2014 – abril/2015) 103 de esos alumnos realizaron actividades académicas (cursado de asignaturas), el resto se graduó o abandonó. Esos 103 alumnos tienen un RIR promedio de 0.45, apreciándose que quienes tienen un RIR menor a 0.30 no llegan al 50% de las asignaturas correspondientes al título, habiendo superado el tiempo medio de graduación.

5. Conclusiones

Respecto al “Análisis de la eficiencia de las asignaturas” podemos decir que el modelo utilizado (DEA) nos permitió detectar situaciones particulares en algunas asignaturas en las cohortes analizadas que, al analizar las encuestas académicas realizadas a los alumnos de las mismas, mostraron significativas coincidencias.

En cuanto al “Estudio del rendimiento académico de los alumnos”, pudimos detectar valores de RIR que denominamos “críticos”. Los alumnos que están por debajo de esos valores no llegan a completar sus carreras.

A los efectos de una mejor detección de las vulnerabilidades, se seguirá el trabajo realizando el Análisis de rendimiento académico de los alumnos, considerando las aprobaciones / desaprobaciones de las asignaturas.

6. Referencias

- [1] BECKER, G.S. (1993). *Human Capital. A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. Third Edition*. Chicago, USA, The University of Chicago Press, p.17.
- [2] GAIRIN, J.; RODRIGUEZ GÓMEZ, D.; CASTRO CEACERO, D. (2012). *Éxito académico de colectivos vulnerables en entornos de riesgo en Latinoamérica*. Madrid. España. Edit. Wolters Kluwer España S.A., p.131-139.
- [3] CONEAU (2007). *La evaluación de los aprendizajes de los alumnos como instrumento de análisis del curriculum universitario*. Recuperado el 14/04/2016 de: <http://www.coneau.gov.ar/archivos/1230.pdf>, 23p.
- [4] COLL SERRANO, V.; BLASCO BLASCO, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos. Introducción a los modelos básicos*. Universidad de Valencia. España. 297p.
- [5] LUQUE, E.; SEQUI, J.R. (2002). *Modelo Teórico para la Determinación del Rendimiento Académico General del Alumno, en la Enseñanza Superior*. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología, NOA 2002. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca. Argentina. p13.

FORMACIÓN EN MATEMÁTICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

Morano Daniel Elso, FICA-UNSL¹, demorano@unsl.edu.ar
Alaniz Sara Aída, FICA-UNSL¹, saalaniz@unsl.edu.ar
Renaudo Juan Antonio, FICA-UNSL¹, jarenaudo@unsl.edu.ar
May Gladys Carmen, FICA-UNSL¹, gcmay@unsl.edu.ar
Baracco Marcela Natalia, FICA-UNSL¹, mnbaracco@unsl.edu.ar
Simunovich Roberto, FICA-UNSL¹, simunovichrj@unsl.edu.ar

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis

Resumen

Uno de los objetivos en la facultad, es mejorar los índices de permanencia de los estudiantes, y un factor clave es la aprobación en las asignaturas de Matemática, que son comunes a todas las carreras de Ingeniería. Para mejorar esto se realizó una redefinición del plan de estudios, implementándose en 2013.

Paralelamente, los docentes del Área de Matemática investigan la problemática de la enseñanza y el aprendizaje de las Matemática y se realizan acciones para mejorar la articulación con el nivel medio.

En Análisis Matemático I el impacto fue neutro, oscilando la tasa de regularidad en un 50% en los últimos seis años. Mientras en Álgebra y Geometría Analítica, que generaba el mayor índice de repitencia, se mejoró considerablemente.

Sobre estas bases, en 2016, el Decanato de la Facultad implementó un Plan Integral de la Formación en Matemática, con el apoyo institucional de la Universidad, para lograr los objetivos específicos:

- Mejorar los indicadores de promoción de los estudiantes con una meta del 70%.
- Conocer las competencias genéricas previas de los estudiantes.
- Mejorar las capacidades de contención de estudiantes por parte del cuerpo docente.
- Formar y actualizar permanentemente al cuerpo docente
- Investigar permanentemente la propia acción docente.
- Investigar el accionar docente de los niveles educativos previos.

Para su cumplimiento se está desarrollando el plan de acción para el quinquenio 2016-2020.

Palabras clave— *Matemática, Formación, Articulación, Competencias, Indicadores.*

1. Introducción

La situación y los desafíos de la Formación en Matemática en la Facultad son similares a lo que ocurre en todo el país y prácticamente en todo el mundo.

Frente a esta situación la institución y los docentes del Área de Matemática hemos realizado en los últimos años una serie de acciones, tendientes todas a la mejora de los indicadores de formación en Matemática, entre los que pueden mencionarse:

El desarrollo de proyectos de investigación sobre las “Problemáticas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en carreras de ingeniería. Análisis, propuestas didácticas y aplicaciones” fueron institucionalizados en el sistema de Ciencia y Técnica de la UNSL mediante los Proyectos PROIPRO 50606 (años 2006-2007), PROICO 50808 (años 2008-2011) y PROICO 50812 (años 2012-2015). Esto permitió introducir cambios metodológicos en la enseñanza, la formación práctica, así como también en el orden de las temáticas a abordar. Por otro lado implicó un sostenido plan de formación de los docentes integrantes del proyecto.

Estas investigaciones provocaron que en el año 2012 se propusiera un cambio de plan de estudios para todas las carreras de Ingeniería de la Facultad, atento a que el ciclo de Matemática es común, que reorganizó los temas en cuatro asignaturas ubicadas en los primeros cuatro cuatrimestres de la carrera, así como su carga horaria.

Este cambio, implementado en 2013, provocó una mejora en los índices de regularidad en primer año, especialmente en la materia de Álgebra y Geometría Analítica, según el siguiente detalle:

Evolución de rendimiento de alumnos en las materias de Matemática (% regularización)

Materia	Año+Cuat. Hasta 2012	Año+Cuat. Desde 2013	2012	2013	2104	2015
Análisis Matemático I	1º A – 1º C	1º A – 1º C	46%	53%	45%	49%
Algebra y Geometría Analítica	1ºA-1º y 2º C	1º A – 2º C	29%	35%	39%	48%

La materia Análisis Matemático I se redicta en el segundo cuatrimestre, con lo que sus índices se incrementan.

En cuanto a las dos materias del segundo año, Análisis Matemático II y Matemáticas Especiales, en los años 2014 y 2015 fueron regularizadas por un porcentaje superior al 70% de los alumnos que la cursaron, partiéndose entonces en estas dos materias, con cumplimiento de la meta cuantitativa planteada por la Facultad.

Sobre estas bases el Decanato de la Facultad decidió implementar un proyecto institucional de Formación en Matemática para el período 2016-2020 que tiene los siguientes objetivos:

- Mejorar los indicadores de promoción de los estudiantes con una meta del 70%.
- Conocer las competencias genéricas previas de los estudiantes.
- Mejorar las capacidades de contención de estudiantes por parte del cuerpo docente.
- Formar y actualizar permanentemente al cuerpo docente.
- Investigar permanentemente la propia acción docente.
- Investigar el accionar docente de los niveles educativos previos.

2. Condiciones de contexto fijadas por la Facultad

Las condiciones de contexto, fijadas por la Facultad, que debemos tener en cuenta para el logro de los objetivos planteados, son las siguientes:

- Cumplir con las exigencias de formación fijadas en los estándares de acreditación nacional y ARCU-SUR para las carreras de ingeniería que se dictan en la Facultad: Alimentos, Electromecánica, Electrónica, Industrial, Mecatrónica y Química.
- Cumplir con los acuerdos vigentes en el marco del Ciclo General de Conocimientos Básicos del Consorcio Cuyo-Sur integrado por las Facultades de Ingeniería de las Universidades de Cuyo, La Pampa, Patagonia San Juan Bosco, San Juan y San Luis.
- Matemática debe seguir siendo un ciclo común de asignaturas para todas las carreras de la Facultad.
- Planificar los temas disciplinares a dictar en cada una de las asignaturas y por ende los programas, y definir las metodologías de enseñanza y aprendizaje más adecuadas para que permitan simultáneamente el logro de competencias genéricas instrumentales, interpersonales y sistémicas, las cuales deberán ser explicitadas, enseñadas y evaluadas.
- Llevar adelante un proyecto de investigación de la propia práctica docente que permita analizar permanentemente el logro de los objetivos propuestos e instrumentar permanentemente los cambios que se consideren necesarios para la mejora continua de los indicadores cualitativos y cuantitativos de logro.
- Relacionar este proyecto con las políticas de ingreso a la Universidad, proponiendo la redefinición de los cursos de apoyo de Matemática para ingresantes, en caso de ser necesario.
- Relacionar este proyecto con las políticas de articulación de la Universidad con la Escuela Secundaria, tendiendo a trabajar con docentes del Secundario, a través de la investigación de la práctica docente y de la definición de perfiles generales y de conocimientos de los potenciales ingresantes, que permitan ajustar los cursos de ingreso.
- Interactuar con grupos de investigación de la Universidad que lleven adelante proyectos que puedan complementarse y/o brindar información valiosa para el diseño e implementación del presente proyecto.
- Analizar experiencias exitosas de formación en Matemática que se hayan implementado en Facultades de Ingeniería de la Argentina, en un marco de condiciones de ingreso y permanencia similar al de nuestra Facultad.

3. Compromisos asumidos por Facultad

Para el logro de los objetivos en el marco de las condiciones de contexto la Facultad, a través de sus autoridades, se compromete a apoyar en las siguientes dimensiones:

- I. Institucional
 1. Solicitud de apoyo al Rector de la UNSL.
 2. Presentación de un proyecto de investigación acción al sistema de CyT de la UNSL.
 3. Presentación y aprobación de la propuesta al Consejo Directivo de FICA.
- II. Plan de Estudios y Formación
 1. Definir las competencias genéricas a lograr por los graduados de ingeniería, en el marco de las definidas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), a efectos que se tengan en cuenta en la definición de las que puedan ser incorporadas a las asignaturas de Matemática.

2. Apoyar la realización de talleres y el aporte de expertos para el diseño de los programas de materias, la definición de metodologías de enseñanza y aprendizaje y evaluación de competencias y conocimientos disciplinares y genéricos.
 3. Cambio de planes de estudio, para dejar plasmada la nueva definición de objetivos, logros y contenidos mínimos.
- III. Cuerpo Académico
 1. Apoyar la Formación Ad-Hoc necesaria para la implementación del proyecto.
 2. Apoyar la Formación personalizada formal en postgrado de los docentes.
 3. Apoyar, a través de la institucionalización necesaria, la potencial necesidad de incorporación de investigadores de Ciencias de la Educación (expertos en competencias) y docentes de nivel secundario.
 4. Analizar los cargos disponibles y establecer un plan de cobertura de cargos vacantes que asegure una adecuada relación docente-alumno.
 - IV. Alumnos y Graduados
 1. A partir de la definición de variables cuantitativas y cualitativas de competencias de ingreso y herramientas comparativas entre niveles deseados y reales que el equipo realice, implementar o ajustar acciones de ingreso que contribuyan al logro de los niveles deseados.
 2. A partir de la definición de variables cuantitativas y cualitativas de competencias de logro, apoyar las acciones de seguimiento académico de alumnos que el equipo defina, a través de instancias institucionales destinadas a tal fin.
 3. Apoyar la interacción con dependencias internas a la UNSL y externas que puedan apoyar los logros. (Ejemplo: Proyectos de Investigación, Áreas Pedagógicas, Programa de Becas).
 - V. Infraestructura, Equipamiento y Bibliografía
 1. Instalar la infraestructura óptima del aula adecuada a las metodologías de trabajo que sea definida por los integrantes del proyecto.
 2. Instrumentar un plan de compra que surja de la definición de equipamiento necesario (vs. Disponible) y Bibliografía requerida (De texto y para investigación docente)
 3. Disponer el apoyo necesario para la implementación de sitios virtuales que complementen y apoyen los procesos formativos definidos.

4. Estado de situación de los compromisos asumidos. Junio de 2016.

- **I.- Institucional**

Fue presentado el proyecto al rector de la UNSL, quien comprometió su apoyo al mismo.

Fue presentado el Proyecto de Investigación Acción al Sistema de Ciencia y Técnica de la UNSL, “La enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas en la FICA: Análisis, estrategias y diseños didácticos. Aplicaciones”, siendo aprobado para su ejecución durante los próximos cuatro años, contando a partir de 2016.

- **II.- Plan de Estudios y Formación**

Basados en las competencias de egreso definidas por CONFEDI se definieron en detalle las Competencias Genéricas que debería poseer un graduado de las carreras de Ingeniería de la Facultad, identificando para cada una de ellas, tres niveles de dominio, con sus respectivos indicadores y cinco descriptores de logro.

Las competencias definidas fueron las siguientes:

- **Competencias instrumentales:** Son aquellas que tienen una función de medio. Suponen una combinación de habilidades manuales y capacidades cognitivas que posibilitan la competencia profesional. Incluyen destrezas para manipular ideas y el entorno en el que se desenvuelven las personas, habilidades artesanales, destreza física, comprensión cognitiva, habilidad lingüística y logros académicos. Estas competencias son Pensamiento Analítico, Pensamiento Sistémico, Pensamiento Crítico, Pensamiento Creativo, Pensamiento Reflexivo, Pensamiento Lógico, Pensamiento Analógico, Pensamiento Práctico, Pensamiento Deliberativo, Pensamiento Colegiado, Gestión del Tiempo, Resolución de Problemas, Toma de Decisiones, Orientación al Aprendizaje, Planificación, Uso de las TICs, Gestión de Bases de Datos, Comunicación Verbal, Comunicación Escrita y Comunicación en Lengua Extranjera.
- **Competencias interpersonales:** suponen habilidades personales y de relación. Se refieren a la capacidad, habilidad o destreza en expresar los propios sentimientos y emociones del modo más adecuado y aceptando los sentimientos de los demás, posibilitando la colaboración en objetivos comunes. Se relacionan con la habilidad para actuar con generosidad y comprensión hacia los demás, para lo cual es requisito previo conocerse a uno mismo. Estas destrezas implican capacidades de objetivación, identificación e información de sentimientos y emociones propias y ajenas, que favorecen procesos de cooperación e interacción social. Estas competencias son: Automotivación, Diversidad e Interculturalidad, Adaptación al Entorno, Sentido Ético, Comunicación Interpersonal, Trabajo en Equipo y Tratamiento de Conflictos y Negociación.
- **Competencias sistémicas:** suponen destrezas y habilidades relacionadas con la totalidad de un sistema. Requieren una combinación de imaginación, sensibilidad y habilidad que permite ver cómo se relacionan y conjugan las partes de un todo. Estas competencias incluyen habilidad para planificar cambios que introduzcan mejoras en los sistemas entendidos globalmente y para diseñar nuevos sistemas. Requieren haber adquirido previamente las competencias instrumentales e interpersonales. Estas competencias son: Creatividad, Espíritu Emprendedor, Innovación, Gestión por Objetivos, Gestión de Proyectos, Orientación a la Calidad, Orientación al Logro y Liderazgo.

Esta definición está planteada para el graduado de ingeniería. Corresponde por ende trabajar con todas las asignaturas y espacios curriculares de las carreras, para ser incorporadas transversalmente a lo largo de la misma.

Por ello, es imprescindible que los docentes de las carreras los conozcan en su totalidad, de modo que puedan planificar, enseñar y evaluar las competencias de modo transversal con los conocimientos disciplinares.

En este contexto y teniendo en cuenta el presente proyecto de Matemática, dentro de las redefiniciones en cuanto a las metodologías de enseñanza y aprendizaje, se nos ha solicitado que en cada asignatura o espacio curricular, incluidos los cursos de nivelación para el ingreso, tengan en cuenta este corpus de competencias y se defina cuáles de ellas pueden incorporarse en las materias de Matemática, estableciendo nivel de logro de cada indicador y descriptor.

- **III. Cuerpo Académico**

Se identificaron y definieron las necesidades y relaciones óptimas de cargos teniendo en cuenta la relación docente alumno y en función de ello se fijaron las necesidades de jerarquización e incorporación de nuevos cargos docentes.

Se continúa con las políticas institucionales de apoyar la realización y finalización de postgrados a los docentes del área de Matemática, incluyendo la realización de tesis en el marco del proyecto de investigación mencionado.

- **IV. Alumnos y Graduados**

Se comenzó la interacción con el Sistema Integrado de Orientación al Estudiante (SIOE) y la Asesoría Pedagógica del Centro Universitario Villa Mercedes de la UNSL.

Se han mantenido contactos personales y se realizaron visitas para analizar las metodologías de enseñanza y aprendizaje y modalidades de dictado de las materias del Área de Matemática en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, quienes desarrollan una metodología de trabajo desde el año 2002 que le ha permitido lograr índices de promoción de los alumnos en las materias de matemática, superiores al 70%.

5. Continuidad del plan de acción para el año 2016.

Las condiciones de contexto fijadas por la Facultad, gran parte de ellas en cumplimiento de estándares nacionales de formación, nos lleva a que, las materias del Área de Matemática sigan dictándose en los dos primeros años en forma simultánea con las otras materias del Ciclo de Ciencias Básicas.

Esto conlleva al desafío, siempre presente, de relacionar y contextualizar la Matemática en las carreras de Ingeniería, teniendo en cuenta que la misma no es un fin, sino una herramienta fundamental de los ingenieros para poder cuantificar y calcular los modelos que surgen de sus diseños.

Esa tarea, que se ha trabajado en los últimos años, en especial con la incorporación de docentes ingenieros, será un eje fundamental en el diseño del dictado de las materias, no sólo desde el punto de vista disciplinar, sino fundamentalmente incorporando de forma transversal y en forma simultánea con otras materias horizontales (como Computación y Física) el logro de competencias genéricas en los estudiantes que cursen las materias.

Por lo tanto, sobre la base de los objetivos institucionales fijados, los compromisos asumidos por la Facultad y el grado de avance del proyecto, la continuidad del mismo, en cuanto a las definiciones estrictamente académicas y fundamentalmente la definición del trabajo en aula, nos recae sobre los integrantes del proyecto de investigación y a la vez docentes de las materias de Matemática, de llevar adelante las siguientes acciones:

- Análisis de pruebas diagnósticas tomadas a los ingresantes.
- Seminario interno de profundización en didáctica de la matemática y planificación de la secuencia didáctica.
- Estudio sobre las dificultades de aprendizaje de los alumnos en determinados conceptos seleccionados y en conceptos de la asignatura.
- Elaboración de cuestionarios con el fin de estudiar la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas. Análisis de los resultados del cuestionario.
- Entrevistas a alumnos seleccionados.

- Análisis de investigaciones sobre la aplicación de las TICs en Educación y planificación de secuencias utilizando las TICs.
- Seminario interno de profundización en metodologías de investigación y puesta en escena de la secuencia planificada.
- Análisis curricular de las asignaturas de Matemáticas que dicta la FICA, redefiniendo temas, orden de correlación, definición de metodologías de enseñanza y aprendizaje y evaluación de competencias y conocimientos disciplinares y genéricos en cada uno de ellos.

Este plan de acción debe estar finalizado en el mes de marzo del año 2017, con una definición exhaustiva de las metodologías de enseñanza y aprendizaje, niveles de logro de competencias, evaluación y seguimiento de alumnos, y de estas definiciones plantear necesidades de infraestructura (en especial organización del espacio áulico), equipamiento y bibliografía.

Del plan de acción se desprenderán las continuidades de la implementación en los años subsiguientes.

6. Definiciones del proceso de enseñanza y aprendizaje

En el plan curricular se prevé formular y explicitar las competencias genéricas o transversales y las competencias específicas. Para ello durante el año 2016, y en el marco del Proyecto de Investigación los docentes deberemos definir los cuatro elementos fundamentales del proceso de enseñanza y aprendizaje para lograr las *competencias* son:

1. Estrategia y metodologías de enseñanza y aprendizaje.
2. Modalidades.
3. Seguimiento.
4. Evaluación.

Estrategia y metodologías

Entendemos por estrategia el diseño de un proceso compuesto por una serie de procedimientos y normas que aseguran una decisión óptima en cada situación, en función de los objetivos perseguidos, incorporando los métodos y técnicas adecuados y ajustándolos a los tiempos previstos.

Por lo tanto, el programa de la asignatura deberá definir una estrategia de enseñanza y aprendizaje que asegure por parte de los estudiantes el logro de las competencias genéricas y específicas definidas para la asignatura.

Asimismo, para cada uno de los temas de la asignatura se deben explicitar los métodos y técnicas de enseñanza y aprendizaje seleccionados (exposición, estudio de documentos, estudio de casos, resolución de problemas, dinámicas de grupos, debates, presentaciones formales, etc.).

También se debe considerar para cada tema de cada asignatura, la asignación de tiempos previstos para las actividades del estudiante, tanto dentro como fuera del aula.

De estos análisis, debe surgir además la necesidad de recursos espaciales, materiales, audiovisuales, informáticos, u otros del entorno, que sean necesarios para asegurar el mejor desarrollo del proceso definido.

Modalidades

A los efectos de interrelacionar la enseñanza de la Matemática con la utilización de las TICs y considerando distintas instancias de apoyo, se analizarán la conveniencia de la utilización de

las tres modalidades: presencial, semipresencial y on line y su confluencia para el logro de los objetivos.

En lo que se refiere a las asignaturas de la carrera, la modalidad establecida por plan de estudios es la presencial, lo que requiere que el estudiante asista regularmente a clase. Allí está el espacio fundamental de aprendizaje, el cual puede complementarse con otros espacios y tiempos no presenciales, como, por ejemplo: estudio personal o grupal fuera del aula, biblioteca, etc.

Asimismo, como soporte de apoyo se cuenta con el soporte de plataformas para facilitar trabajos de los estudiantes desde sus casas o espacios fuera del aula y el seguimiento y apoyo docente vía virtual.

Seguimiento del aprendizaje.

El seguimiento del aprendizaje del alumno es un elemento clave en el nuevo sistema y por ello la necesidad institucional y particular de los docentes de que la investigación de la propia práctica docente, sea reconocida como actividad docente en el marco del sistema de CyT de la universidad.

A los efectos de realizar este seguimiento debemos establecer indicadores cuantitativos y cualitativos que sean posible de ser medidos, evaluados y sistematizados por los docentes en cada actividad desarrollada por los estudiantes.

Estas actividades pueden ser de carácter individual o grupal, tales como revisión de trabajos y proyectos, exposiciones, resolución de los ejercicios. Resumiendo, todo procedimiento que permita mensurar el progreso del estudiante o que le ayude a realizar su propia autoevaluación o reflexión sobre cómo va desarrollando su estudio y trabajo académico.

Otra definición es si los sistemas de seguimiento serán presenciales o virtuales, a través de sistemas tutoriales, portafolio u otros medios. Esto tiene como objetivo además del lógico control del proceso seguido por el estudiante, el de asesorar y aconsejar de forma personalizada, ofreciendo orientaciones y corrigiendo errores o ayudando a salvar los obstáculos.

Este seguimiento y el asesoramiento personal, deben tender a reducirse en la medida que los estudiantes avanzan en los cursos, pues caso contrario se estaría contradiciendo una de las competencias más necesarias de la vida profesional de un ingeniero, que es el aprendizaje autónomo.

Finalmente, el resultado de esta investigación de la propia práctica docente y los niveles de logro de los estudiantes, debe generar un proceso de realimentación continuo para la mejora y adecuación de las estrategias, metodologías y modalidades en función de las habilidades, actitudes y aptitudes previas de los estudiantes.

Evaluación.

Se deberá diseñar una guía de aprendizaje que indique claramente al estudiante los métodos de evaluación y autoevaluación de la asignatura. En el programa de la asignatura se debe indicar aquellos aspectos del sistema de evaluación que determinará el grado de logro de las competencias de aprendizaje por los estudiantes, competencias que deben definirse para cada asignatura en el marco de la definición general indicada por la Facultad.

Para ello se deberá precisar:

- En primer lugar, qué se va a evaluar: tanto las Competencias Específicas y Genéricas trabajadas. Posteriormente, en la Guía de Aprendizaje se detallarán los indicadores para la evaluación de cada una de las competencias, los cuales deberán aportar evidencias

relevantes y significativas del grado de desarrollo de cada una de las competencias genéricas y específicas.

- En segundo lugar, cómo se van a evaluar dichas competencias: es decir, las Técnicas e instrumentos que se van a emplear a lo largo del proceso (evaluación continua) y al final del mismo (evaluación final). Las técnicas deberán ser variadas para adecuarse a la naturaleza de las competencias trabajadas (por ejemplo: el examen, el análisis de las tareas realizadas, una presentación oral, una prueba de ejecución, la observación de la conducta, etc.).
- En tercer lugar, se deben comunicar a los estudiantes los criterios para la evaluación de su aprendizaje y su ponderación en la Calificación final. El sistema de calificación deberá reflejar una distribución equilibrada entre las distintas competencias trabajadas y las distintas técnicas empleadas al emitir la calificación final.

Con la evaluación tradicional, en general, no se evalúan competencias, y, por ende, existe un déficit importante en la aplicación del sistema. El aprendizaje basado en competencias requiere un sistema de evaluación variado, pues cada competencia tiene componentes muy distintos que necesitan procedimientos diversos para ser evaluados correctamente.

La evaluación es precisamente uno de los aspectos a ser trabajados fuertemente con el cuerpo docente durante el plan de acción 2016, atento a que en general existen deficiencias y desconocimiento de diversas técnicas de evaluación y no resulta sencillo plantear adecuadamente la evaluación para determinadas competencias.

La evaluación de competencias requiere distintos procedimientos y técnicas de evaluación según el propósito que se desea evaluar. Una cuestión es la evaluación de conocimientos donde se pueden utilizar diversas técnicas (prueba de respuesta larga, prueba de respuesta corta, pruebas objetivas); evaluación de actitudes y valores (técnicas de observación, pruebas de autoevaluación, escalas de actitudes, etc.); evaluación de comportamientos competenciales (cómo aplicar los conocimientos a situaciones concretas, escribir determinados tipos de escritos, desarrollar diferentes tipos de pensamiento (análisis, síntesis, comparativo, crítico, creativo, comparativo, deliberativo, etc.). Para ello, están disponibles procedimientos como portafolios, informes, pruebas de ejecución, trabajos, etc.

La evaluación de las competencias, incluidas las competencias genéricas, es un tema absolutamente clave para determinar la validez del proceso de enseñanza y aprendizaje, pues el resultado del mismo está en función de cómo se ha medido y qué se ha medido. La evaluación de las competencias requiere una capacitación técnica del cuerpo docente y una sensibilización de su verdadero valor para que pueda prestar el tiempo y la dedicación necesaria para hacerlo del mejor modo posible.

7. Acciones complementarias en el año 2016.

Como se ha explicitado, el año 2016, y en el marco del Proyecto de Investigación, los docentes del Área de Matemática deberemos definir y diseñar las características del proceso de enseñanza y aprendizaje, de acuerdo a lo detallado, lo cual paralelamente lleva a interactuar con:

- Docentes e Investigadores del Área de Ciencias de Educación, en particular teniendo en cuenta la potencialidad que realicen una investigación de nuestra práctica docente, con la finalidad de tener una mirada externa e interdisciplinar.
- Docentes e Investigadores colegas de otras Facultades de Ingeniería de la República Argentina, como el caso especificado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad

Nacional de La Plata, a los cuales se pueden sumar, en función de convenios previos docentes de las Universidades Nacionales de San Juan y Nordeste.

- Interacción permanente con las instancias de gestión responsables de la implementación del proyecto, esto es, Departamento de Ciencias Básicas y Secretaría Académica de la FICA.
- Compartir información de rendimientos y situaciones académicas, socioeconómicas, etc. De los estudiantes con la Secretaría de Planeamiento de la FICA y con el Servicio Interdisciplinario de Orientación al Estudiante (SIOE).
- Compartir información y aportar al rediseño de los cursos de ingreso y nivelación, así como la realización de los test diagnósticos para los ingresantes a las carreras de ingeniería.
- Los docentes del área forman parte, en general, de los proyectos de articulación con la escuela secundaria, situación que se vería reforzada y con las actividades enmarcadas en el presente proyecto.

Queda claro, que este cúmulo de actividades, sólo se podían llevar adelante si se lograba incorporar el presente proyecto formando parte de las tareas de investigación que deben desarrollar los docentes de la UNSL (exclusivos y semiexclusivos), de allí que la aprobación del Proyecto de Investigación Acción “*La enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas en la FICA: Análisis, estrategias y diseños didácticos. Aplicaciones*” por parte del Sistema de Ciencia y Técnica de la UNSL fue la llave que permitió avanzar en el desarrollo del mismo, y fundamentalmente asegurar la disponibilidad de horas docentes, atento a que el mismo cuenta con una carga horaria total de 210 horas semanales por parte de sus integrantes.

Esta integración entre las actividades de docencia e investigación (que incluye la formación de postgrado), es un aspecto clave y fundamental para el adecuado desarrollo del mismo.

8. Implementación del Plan a partir del año 2017.

El Plan de Acción para su implementación debe estar definido en el mes de marzo del año 2017, atento a que es la fecha que el Sistema de Ciencia y Técnica de la UNSL exige la presentación de los Partes de Avance Anuales de los Proyectos de Investigación.

Este mismo informe servirá además para ser presentado a las autoridades de la Facultad, con vistas a su tratamiento y aprobación por parte del Consejo Directivo para su implementación académica. (Cumpliendo con el punto I.3 de los compromisos).

La redefinición de la enseñanza y aprendizaje de la Matemática, en teoría debería traer aparejado la necesidad de modificar el Plan de Estudios de todas las carreras de la Facultad (Matemática es un ciclo común), por lo cual de este informe se desprenderá la redefinición de objetivos, competencias de logro y contenidos mínimos de cada una de las materias del ciclo.

Inclusión en el dictado de las materias del actual plan de estudios de algunos temas, convenientemente elegidos según las metodologías de enseñanza y aprendizaje previstas, a efectos de validarlas y ajustarlas.

Readecuación, por parte de la FICA, de las necesidades de infraestructura, equipamiento, bibliografía y soporte virtual. (Punto V de los compromisos).

Darle continuidad al plan de jerarquización docente y comenzar con la incorporación de docentes que aseguren la relación docente-alumno adecuada a las metodologías de enseñanza y aprendizaje dispuestas. (Punto III.4 de los compromisos).

Puesta en marcha del nuevo Plan de Estudios y, por ende, del Proyecto de Formación en Matemática, a partir del Ciclo Lectivo 2018.

9. Conclusiones y recomendaciones

Como se observa el Plan de Formación en Matemática descripto, está en una primera fase de implementación, pero para llegar a la misma, se partió de una base sólida:

- Cuerpo docente con un alto nivel de formación, especialmente en Didáctica de la Matemática.
- Realización de investigaciones previas que permiten avanzar en el diseño y la aplicación de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje.
- Compromiso institucional, con clara identificación de los objetivos de formación y de logro, que permiten enmarcar el proyecto de formación de la Matemática.
- Compromiso institucional de apoyar la implementación, cubriendo las necesidades de docentes (cantidad y formación), infraestructura (espacio áulico y laboratorios, bibliografía y soporte virtual), gestión (tratamiento en las instancias correspondientes para la aprobación del proyecto, puesta a disposición de información e interacción con otras dependencias de la UNSL) y articulación (en especial con pares docentes, especialistas en educación y con el sistema educativo secundario de la provincia de San Luis).
- A partir de la integración de las actividades de docencia e investigación, reconocidas éstas por el Sistema de Ciencia y Técnica de la UNSL, al aprobar un proyecto de tres años de duración, no se recarga a los docentes con nuevas actividades, sino que forman parte clave de su planificación anual, y por la cual deben cumplir con los requisitos de evaluación previstos.

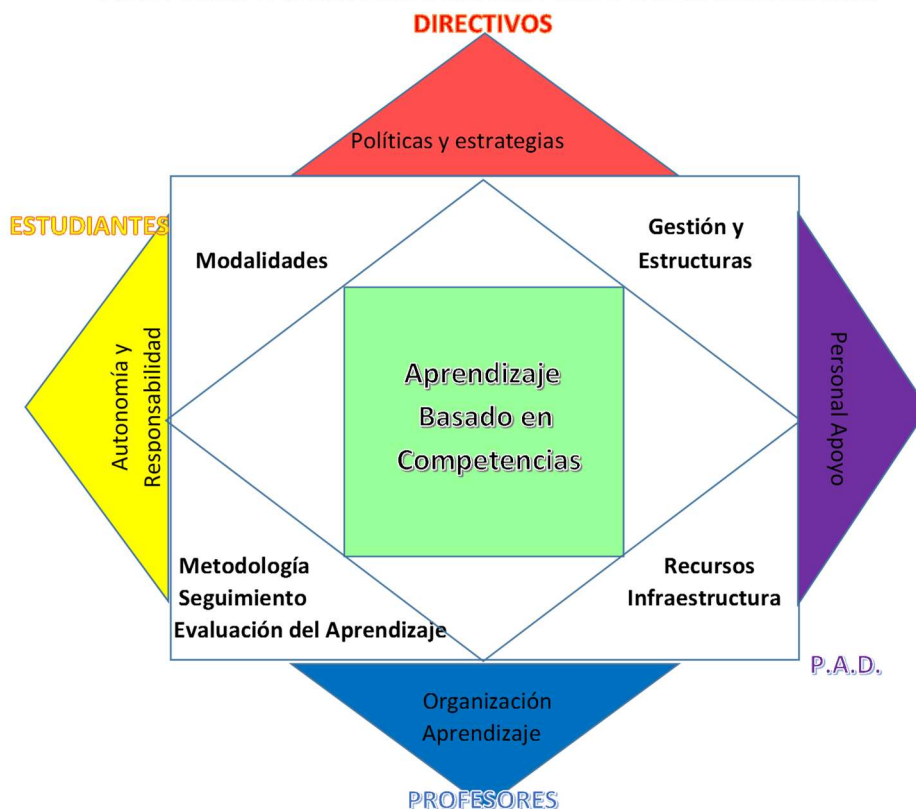
Entendemos que, de no cumplirse las condiciones establecidas, hubiera sido muy difícil, encarar un proyecto como el mencionado, atento a que no se hubieran dado las condiciones objetivas para su implementación, al menos hasta donde se ha llegado por el momento.

Su logro final, a su vez, dependerá de cumplir con los aspectos preestablecidos.

Por ello como conclusión final, por el momento, y aporte a colegas de las facultades de ingeniería, consideramos que es posible avanzar en el logro de los objetivos de formación de las futuras cohortes de ingenieros propuestos por CONFEDI, si se logra el compromiso e involucramiento de cada una de las instancias institucionales y académicas, en un espíritu colaborativo, y de mutuo apoyo y beneficio para cada uno de los involucrados.

Resumiendo y extraído del Manual de Aprendizaje Basado en Competencias publicado por la Universidad de Deusto en el marco de la implementación del Proceso de Bologna, esta interpretación se resumiría de la siguiente manera:

FACTORES Y AGENTES DEL PROCESO DE APRENDIZAJE



Donde las cuestiones claves para cada uno de los agentes serían:

Directivos

- ¿Cuál es la política de la universidad sobre la innovación y la formación?
- ¿Existe en la universidad un plan estratégico que recoge la innovación como un eje clave universitario?
- ¿Se formula y se dota de medios y recursos para la formación y actualización del profesorado?
- ¿Lideran las facultades el cambio pedagógico o, contrariamente, van a remolque de otras iniciativas externas?

Personal de Apoyo a la Docencia

- ¿Conoce el personal administrativo y de servicios el plan de innovación en las facultades, departamentos y carreras?
- ¿Están preparados para ayudar a agilizar en todo lo que les corresponda este proceso?
- ¿Se han capacitado adecuadamente para participar en el mismo?
- Todos los procesos de calidad de los servicios ¿están siendo una condición clave para mejorar el servicio a los usuarios internos y externos?
- ¿Están los recursos e infraestructuras siempre disponibles y aptas para su uso?

Profesorado

- ¿Está capacitado el profesorado en las metodologías de enseñanza y aprendizaje?
- ¿Conoce, domina y utiliza diversas técnicas para el seguimiento y evaluación del aprendizaje del estudiante?
- ¿Conoce y sabe aplicar la evaluación de competencias desarrolladas por el estudiante?

- ¿Es capaz de organizar un sistema pedagógico que posibilite el desarrollo autónomo y significativo del aprendizaje?

Estudiantes

- ¿Está el estudiante preparado para iniciar un aprendizaje autónomo?
- ¿Tiene el estudiante las capacidades básicas para llevar a cabo este tipo de aprendizaje?
- ¿Cuenta con competencias básicas para desarrollar su aprendizaje universitario?
- ¿Es posible ayudar a capacitar al estudiante en el déficit previo con el que pueda llegar a la universidad?
- ¿Ofrece la universidad respuestas satisfactorias a las necesidades del estudiante respecto a las modalidades que puedan convenirle más dependiendo de su situación personal y laboral?

10. Referencias

Aurelio Villa y Manuel Poblete. Aprendizaje Basado en Competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Vicerrectorado de Innovación y Calidad de la Universidad de Deusto.

CONFEDI. Acuerdo sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino.

Proyecto de Investigación “La enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas en la FICA: Análisis, estrategias y diseños didácticos. Aplicaciones.”

Anuario Estadístico 2015. Secretaría de Planeamiento de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS COMPARATIVO: CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN DE INGRESANTES COHORTES 2007-2015 Y EVOLUCIÓN DE LA MATRÍCULA DE INGRESO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Lazarte Graciela del Carmen, Facultad de Ingeniería- UNJu, gdelclazarte@gmail.com

Priemer Nélide Beatriz, Facultad de Ingeniería- UNJu, nelidapriemer@gmail.com

Mamani Roberto, Facultad de Ingeniería- UNJu, rcmplata@hotmail.com

Paredes Julio, Facultad de Ingeniería- UNJu, jcp54@arnet.com

Resumen— Es importante conocer las características socioculturales que particularizan a la población de jóvenes ingresantes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy (aproximadamente 1200 alumnos) ya que disponer de un diagnóstico confiable que informe acerca de las particularidades culturales, contexto social y familiar de los alumnos ingresantes, entre otras, contribuye al establecimiento de pautas de intervención académica y mecanismos para optimizar el desarrollo de las competencias básicas que deben lograr los estudiantes a lo largo de las carreras.

Ante esta necesidad se ha realizado un análisis comparativo entre las cohortes 2007 a 2009 y 2015 con el propósito de detectar cambios a través del tiempo de variables tales como edad, sexo, año de egreso, procedencia, título secundario, situación laboral de los padres, y otras. También se ha estudiado el comportamiento de la matrícula en las carreras de ingeniería de nuestra Facultad, como una forma de observar los cambios vocacionales que se producen en el joven egresado del nivel medio. Los resultados presentados corresponden al análisis estadístico de los datos obtenidos a partir de encuestas realizadas a una importante porción de la población de ingresantes.

El informe que se presenta se inicia con una breve descripción de las características del Sistema de Ingreso a la institución para definir el contexto en el que se desarrollan las actividades académicas de los alumnos ingresantes objeto de estudio. Esto se completa con el análisis de variables involucradas en dicho sistema como cantidad de alumnos, preinscriptos, ingresantes, aprobados, nivel de asistencia, niveles de aprobación, etc. de los últimos 10 años.

Este trabajo se encuentra en el marco del proyecto de investigación aprobado perteneciente a la Universidad Nacional de Jujuy denominado “Sistema de ingreso a la Facultad de Ingeniería: Evolución de las características poblacionales y monitoreo de su impacto”.

Palabras clave— *características, ingresantes, matrícula.*

1. Introducción

La organización de políticas y acciones institucionales exigen que las instancias académicas cuenten con información básica que les permita conocer las características de los alumnos que acceden a sus aulas. Contar con un diagnóstico confiable que informe acerca de las características vocacionales, particularidades culturales, contexto social y familiar de los alumnos ingresantes, contribuye al establecimiento de pautas de intervención académica para

optimizar el desarrollo de las competencias básicas que deben lograr los estudiantes a lo largo de las carreras.

Es necesario que quienes se encargan de conducir el aprendizaje y la formación profesional de los estudiantes, cuenten con la mayor información posible que les permita consolidar una visión más aproximada de su perfil, desde el supuesto que a partir de estos conocimientos, los profesores y las autoridades de la Institución tendrán la posibilidad de aplicar medidas que contribuyan a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de reciente ingreso, y a facilitar su trayecto desde el inicio hasta el final de sus carreras.

Presentamos la información respecto de los alumnos ingresantes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy de las cohortes 2007 a 2009 y 2015; ya que se hace necesario analizar la realidad de las distintas cohortes y la comparación de las variables estudiadas a los efectos de conocer su evolución.

Conocer los aspectos concernientes a la realidad socioeconómica y cultural como contexto de procedencia del ingresante a la Facultad de Ingeniería (futuro sujeto de aprendizaje) es fundamental para la planificación de los estudios, sobre todo cuando éste es entendido como propuesta de cambio. La finalidad de este trabajo de investigación es conocer la realidad sobre la que se va a actuar, sus problemas y también recursos. La intención es dar cuenta del estado de situación en relación a la información disponible sobre las condiciones culturales, socio-económicas y otras del estudiante que ingresa a los estudios universitarios. El nivel socio-económico y cultural determina vivencias, actitudes y expectativas de futuro diferentes entre la población más joven aunque el denominador común hoy en día, para todas las clases sociales, parece ser vivir el presente porque el futuro no promete, además, como docentes e investigadores percibimos la necesidad de conocer la situación y el perfil de los alumnos.

2. Descripción del Sistema de Ingreso

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy posee un Sistema de Ingreso vigente desde el año 2005 donde el alumno que se preinscribe debe asistir al cursado (hay exigencias de asistencia) y aprobar el Curso de Nivelación (CN) de 40 días de duración, para poder cursar las materias del primer año de la carrera elegida. En el Curso de Nivelación, común a todas las carreras de la Facultad de Ingeniería, se incluye Matemática del Nivel Medio. [1] Estas denominaciones de los espacios curriculares del sistema han sido establecidos por resolución del consejo académico de la Facultad.

Si no logra aprobar el mencionado curso en las dos instancias establecidas para ello, debe cursar el Trayecto de Formación Complementaria (TFC) (duración 1 cuatrimestre) el cual se re-dicta en el segundo cuatrimestre. Aprobado este Trayecto, el alumno está habilitado para cursar las materias de su carrera.

En el año 2008 por disposición del Consejo Académico se modificó la figura del alumno ingresante, que hasta entonces era aquel que cumplía con la inscripción a la institución; desde 2008 se considera ingresante al alumno que además, asiste al Curso de Nivelación cumpliendo como mínimo de 75% de asistencia, exigencia que deben cumplir para poder rendir la evaluación correspondiente. Es importante conocer en qué consiste este sistema de ingreso para poder interpretar la información brindada.

En este trabajo mostramos el desarrollo de algunas de las variables del Sistema de Ingreso y puntualizaremos las características encontradas en este análisis, que presentaremos por separado: Curso de Nivelación y Trayecto de Formación Complementaria (Primer y Segundo Cuatrimestre)

3. Curso de Nivelación

En la siguiente tabla se muestra el número de preinscriptos, número de ingresantes (son los que cumplieron con asistencia al Curso de Nivelación) y número de aprobados por año:

Tabla 1 : Curso de Nivelación: alumnos preinscriptos, asistentes y aprobados

Año	Preinscriptos	Asistieron	Aprobados
2005	1122		364
2006	1096		447
2007	925		331
2008	708	571	473
2009	1204	756	422
2010	1004	742	410
2011	1447	821	472
2012	1395	764	445
2013	1583	810	456
2014	1594	895	491
2015	1561	833	552

Fuente: datos del Sistema de Ingreso de la Facultad de Ingeniería

Como se observa, la matrícula en la Facultad desde 2005 hasta 2008 fue en disminución, produciéndose un significativo cambio en el año 2009 donde se registra un incremento de casi 500 alumnos en la matrícula con respecto al año anterior. Mostramos la tendencia existente en el gráfico de regresión con estos datos (Gráfico 1). La recta de tendencia tiene claramente pendiente positiva.

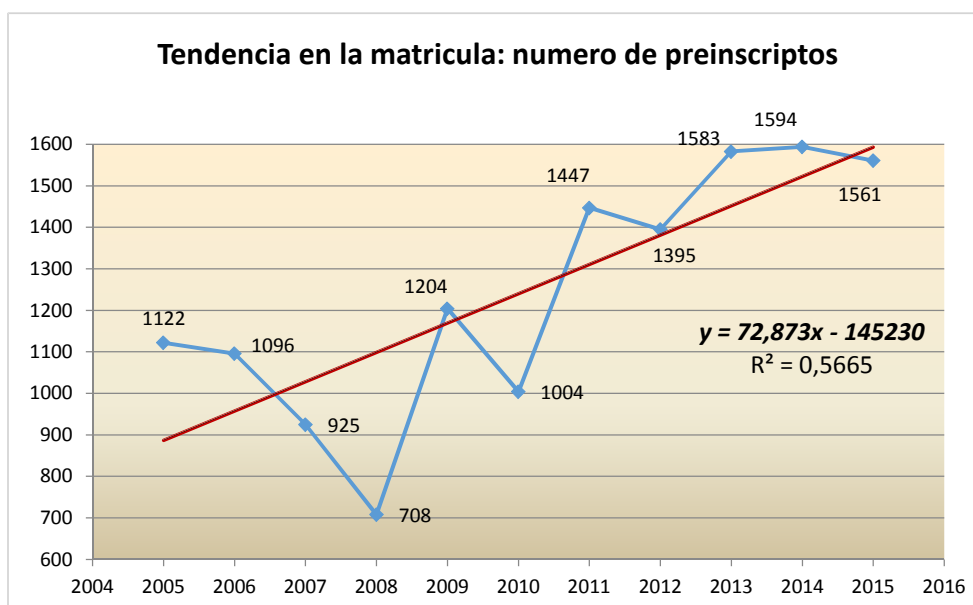


Gráfico 1: Numero de preinscriptos años 2005-2015.

Fuente: Sistema de Ingreso de la Facultad de Ingeniería

Si comparamos las variables matrícula y aprobados, vemos un comportamiento más errático en el número de preinscriptos con respecto al número de aprobados, ver Gráfico 2.

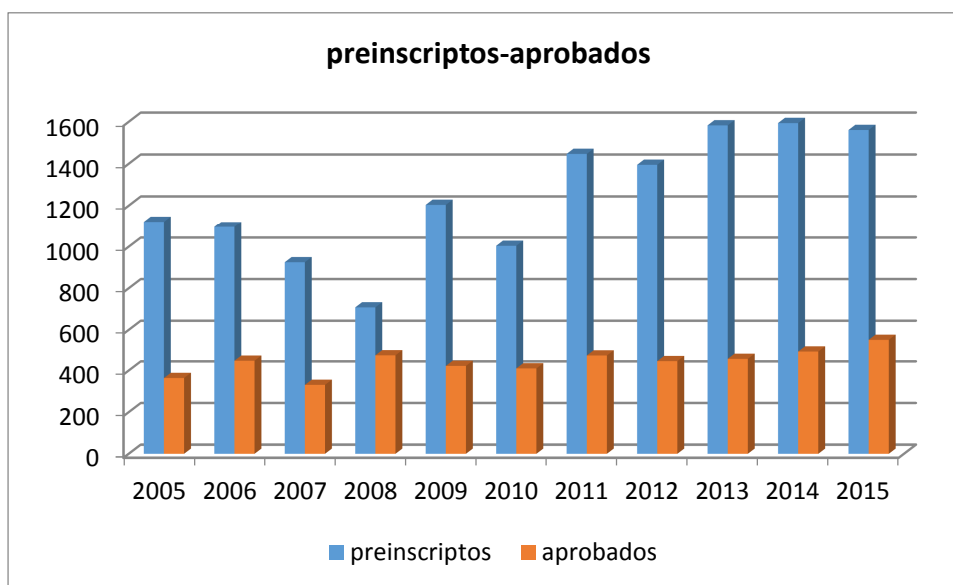


Grafico 2: Numero de preinscriptos y aprobados años 2005-2015.

Fuente: Sistema de Ingreso de la Facultad de Ingeniería

Tratar de explicar este comportamiento provoca muchos interrogantes, lo cierto es que invita a hacer elucubraciones de variada naturaleza, de tipo social, económico, sensación de estabilidad, incertidumbre vocacional, proximidad del entorno familiar que aparentemente influyen en la decisión del joven a preinscribirse en nuestra Facultad, aunque finalmente no concreta su asistencia al curso para empezar los estudios. Esto pone en evidencia un grado de inseguridad en el joven sobre su decisión de estudiar determinada carrera, lo que lo lleva a inscribirse “por las dudas”.

La asistencia al curso es obligatoria desde 2008, los mayores niveles de asistencia de preinscriptos se registraron en 2008 (80,65%) y 2010 (73,9%), en los restantes años el rango de asistencia estuvo entre 52% y 63%. Ver gráfico 3.

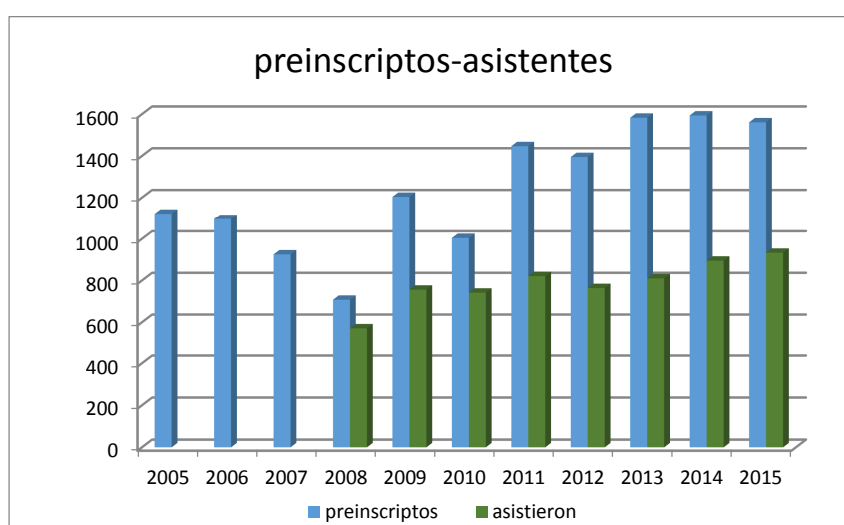


Grafico 3: Numero de preinscriptos y asistentes años 2005-2015.

Fuente: Sistema de Ingreso de la Facultad de Ingeniería

A su vez, el número de aprobados entre los alumnos que cumplieron la asistencia se muestra en Gráfico 4. En los últimos siete años el rango de aprobados estuvo entre 55% y el 59%.

Efectivamente, en ese periodo el porcentaje de aprobados entre los asistentes al Curso de Nivelación no ha cambiado significativamente.

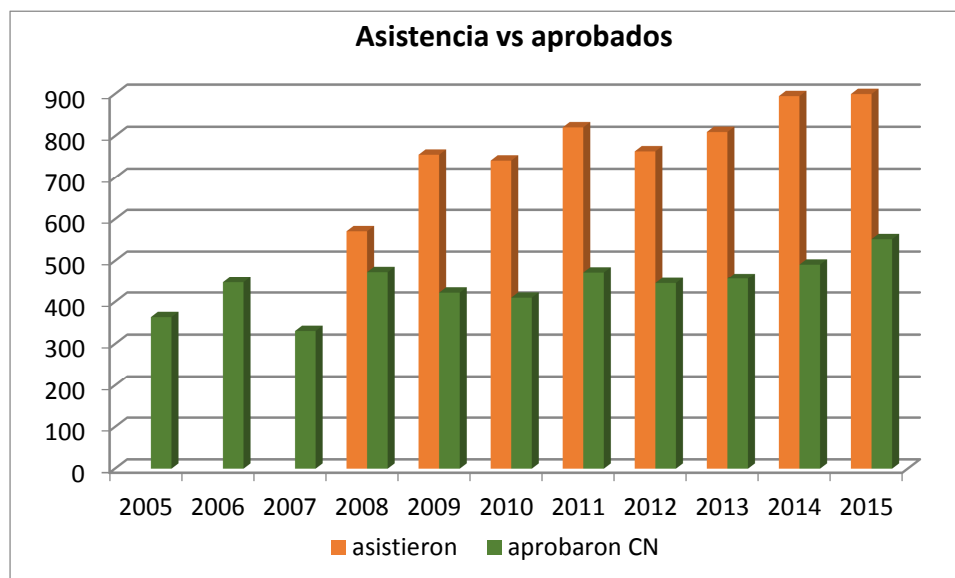


Grafico 4: Número de asistentes vs aprobados años 2005-2015.

Fuente: sistema de ingreso de la Facultad de Ingeniería

Esto se puede interpretar como buena estabilidad en las exigencias de la evaluación como así también en el rendimiento académico de los alumnos

Cabe aclarar que preinscriptos son aquellas personas que han completado el formulario de inscripción a la institución universitaria. Ingresantes son aquellos aspirantes que cumplen además, con todas las exigencias, administrativas y académicas que exige la institución para ser alumno de la Facultad, en este caso, cumplir con la asistencia al CN.

4. Trayecto de Formación Complementaria

La evaluación de este Curso de Nivelación representa en el Sistema de Ingreso una primera selección en el grupo de ingresantes. Haber aprobado el CN ya representa una selección de alumnos con ciertas capacidades y aptitudes positivas: mejor preparación del secundario, mayor rapidez de adaptación al cambio, mejores aptitudes para organizar el estudio, etc.

Sin embargo, los estudiantes que no superan las evaluaciones de este curso también reúnen condiciones para seguir los estudios universitarios, y en el cursado del TFC en primer cuatrimestre se les brinda el espacio y tiempo necesarios para superar las dificultades propias del cambio que representa el ingreso a la Universidad.

En cambio la gran mayoría de los que cursan TFC en segundo cuatrimestre se encuentran cursando el último año del nivel medio, esto hace que las características de la población del primer y segundo cuatrimestre del TFC sean diferentes, por eso analizaremos los resultados por separado.

La tendencia en los inscriptos TFC del primer cuatrimestre es levemente creciente. Sin mayores variantes en los últimos 6 años, análisis realizado sobre datos brindados por la coordinación del Sistema de Ingreso.

La matrícula en el segundo cuatrimestre tiene un sostenido aumento, lo que muestra que esta opción de ingreso se está insertando favorablemente en la comunidad estudiantil del secundario. Evidentemente las visitas informativas que se realizan a las escuelas secundarias y los avisos de prensa en diferentes medios de comunicación están teniendo su efecto.

Tabla 2: Inscriptos y aprobados del TFC

Año	TFC primer cuatrimestre		TFC Segundo cuatrimestre	
	Inscriptos	aprobados	Inscriptos	aprobados
2005	276	85	115	42
2006	157	80	130	52
2007	129	34	130	43
2008	45	13	117	38
2009	199	63	155	47
2010	190	51	169	64
2011	195	54	217	74
2012	194	61	254	71
2013	201	81	290	101
2014	212	61	322	96
2015	207	62	388	108

Fuente: sistema de ingreso de la Facultad de Ingeniería

El porcentaje de aprobados en el primer cuatrimestre tiene un promedio de 32,19 % con desviación standart de 7,6 mientras que en el segundo cuatrimestre ese promedio es del 33,01% con desviación standart de 3,7%

5. Características de la población de ingresantes

Algunos estudios indican que a medida que la matrícula crece, se amplía la base social de reclutamiento de estudiantes universitarios, dando lugar a poblaciones de estudiantes ingresantes que ya no son homogéneas. En épocas anteriores, la mayoría de los estudiantes estaban dedicados por completo a los estudios y para ellos la universidad constituía el centro no sólo de sus actividades académicas, sino también de sus actividades sociales y relaciones personales, etc.

Actualmente esto no ocurre, la población de estudiantes es más diversa, siendo completamente heterogénea. De allí la necesidad de este trabajo, para conocer las particularidades de nuestra población de ingresantes. G. Ambroggio[2] considera apropiado agrupar la información en 4 núcleos, que se refieren a:

1.- las características demográficas básicas (edad en el momento de ingresar, genero, lugar de procedencia entre otras) que pueden mostrar en que medida las poblaciones que ingresan constituyen categorías sociales homogéneas ;

2.- los antecedentes educativos, en particular la modalidad seguida en los estudios secundarios y el cursado de otros estudios superiores;

3.- los datos que pueden tomarse como indicadores de la posible dedicación al estudio, como la situación laboral propia y la de los padres

4.- la trayectoria educativa familiar representada por la escolaridad formal del padre y de la madre.

Se seleccionaron indicadores tales como la edad en el momento de ingresar, el trabajo, género, situación laboral de los padres, la trayectoria educativa familiar como educación de los padres, núcleo social de convivencia, etc., entre los cuales se ha realizado una selección para ser presentados en este trabajo. El estudio se realizó a partir de encuestas sistematizadas y repetidas en las cohortes analizadas.

Cantidad de encuestas tomadas:

Año 2007: 542

Año 2008 : 555

Año 2009 : 655

Año 2015 : 386

Todas estas encuestas fueron relevadas entre la población de alumnos ingresantes (con asistencia en CN) de cada cohorte.[3]

En nuestra facultad predominan los alumnos varones (más del 64%)

En cuanto a la edad, casi la mitad de los alumnos en 2015 tiene 20 años o más lo que se observa en el grafico 5. Este grafico muestra cómo la edad de los ingresantes en nuestra facultad ha aumentado con respecto a las anteriores cohortes. Esto puede tener diversas causas: un mayor nivel de repitencia en el nivel medio lo que hace que finalicen el nivel secundario con más de 18 años, o bien que no inicie en forma inmediata al egreso del nivel medio los estudios superiores, o bien que tenga antecedentes de haber iniciado otra carrera anteriormente, etc.

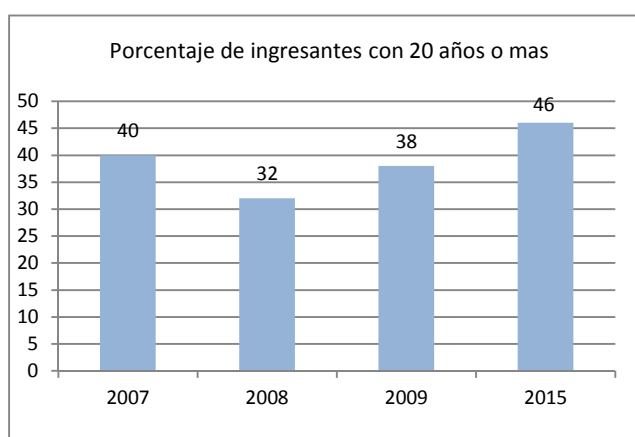


Grafico 5: porcentaje de ingresantes con 20 años o mas años.

Fuente: elaboración propia

Sabemos que las ingenierías son las carreras de menor participación femenina, y nuestra Facultad esa tendencia es cierta, predominan los alumnos varones (más del 64%) y esta distribución se mantiene en las cohortes.

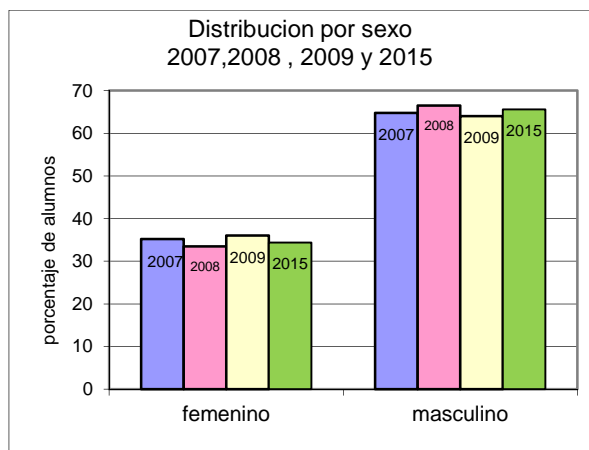


Grafico 6: distribución según género

Fuente: elaboración propia

Otra variable analizada fue la historia académica previa de los ingresantes, en particular el año de egreso del nivel medio, así hemos observado que el porcentaje de alumnos egresados en el año inmediato anterior en 2015 fue inferior al 45%, sensiblemente inferior a las cohortes anteriores.

Tabla 3: Egresados de NM año inmediato anterior

	2007	2008	2009	2015
Porcentaje de alumnos con año de egreso del Nivel Medio inmediato anterior al ingreso	57,1%	59,5%	57,6%	<u>43.5%</u>

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la procedencia de los alumnos ingresantes, en los años 2007, 2008, 2009 y 2015 la distribución de la procedencia de los alumnos no ha variado significativamente, en 2015 el 55% de los alumnos proviene de la ciudad de San Salvador de Jujuy y el resto del interior de la provincia.

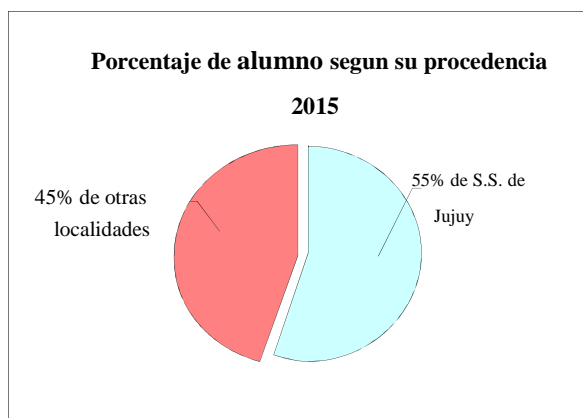


Grafico 7: Procedencia de los alumnos, cohorte 2015

Fuente: elaboración propia

En estudios realizados por A:M: Garcia de Fanelli, afirma que “En promedio, el 60% de los gastos en los estudios es solventado por la familia. El 26% de los estudiantes obtiene el financiamiento necesario a través del trabajo personal, ubicándose por encima de este valor los estudiantes de ciencias sociales y humanas. Otro 12% soporta el gasto a través de una combinación de trabajo personal y aporte familiar” [4]

Nuestros estudiantes acentúan las tendencias referidas anteriormente para el total del país. En el año 2015 ha aumentado el porcentaje de estudiantes que declararon trabajar, muchos en el mercado informal. El aumento es importante, en el orden del 8% con respecto al año 2009

Tabla 4: Situación laboral

Trabaja?	2007	2008	2009	2015
Si	19,9%	16%	17.4%	25,4%
no	80,1%	84%	82.6%	74,6%

Fuente: elaboración propia

Según los registros del año 2015, el 84% de los estudiantes proviene de escuelas públicas del nivel medio. Para conocer el juicio de valor de los estudiantes sobre su vivencia en la escuela secundaria, se realizó la siguiente pregunta: *¿Cómo piensas que fue tu paso por la escuela secundaria?*

Existe coincidencia en las opiniones vertidas sobre este tema en las 4 cohortes. Acá solo mostramos el grafico referente al año 2015.

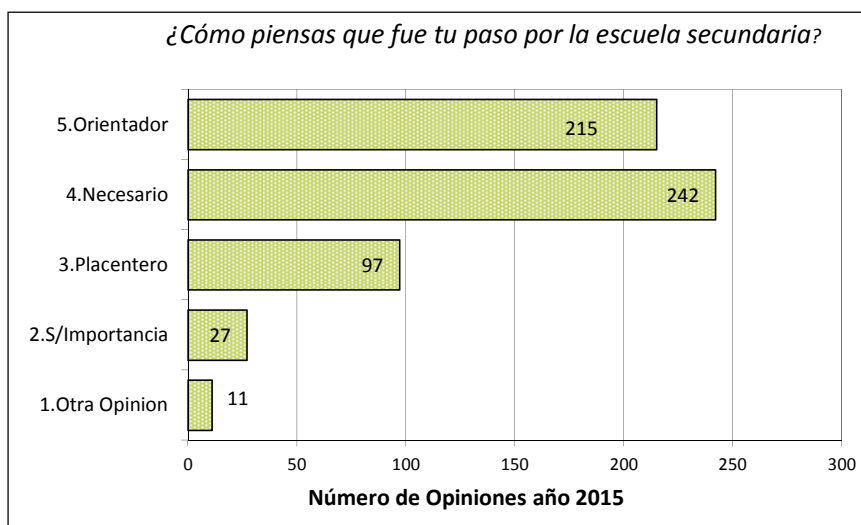


Grafico 8: Opinión de los alumnos sobre el Nivel Medio cohorte 2015

Fuente: elaboración propia

Como antecedente educativo se ha tenido en cuenta la naturaleza del título secundario, estableciéndose las categorías de Bachiller, Técnico, Perito Mercantil y Polimodal. y dentro de cada categoría se analizaron las especialidades.

En nuestra provincia han existido en forma simultánea las escuelas con plan de bachiller y plan de polimodal. Actualmente estas últimas se están adaptando al plan de estudios de bachiller. Cabe destacar que las 3 escuelas que mayor aporte realizan a la matrícula de nuestra Facultad son técnicas

Tabla 5: Titulo de Nivel Medio

Título secundario	2007	2008	2009	2015
Bachiller	45%	45%	46%	38%
Técnico	30%	30%	32%	34%
Perito Mercantil	14%	15%	14%	14%
Polimodal	11%	10%	8%	14%

Fuente: elaboración propia

También se analizó el cursado de otras carreras de educación superior, lo cual puede ser considerado un indicador de la fortaleza o debilidad en la decisión de la elección de la carrera, ya que es frecuente el cambio de carrera en los primeros años de estudio. Aproximadamente el 20% de los ingresantes ha iniciado una carrera anteriormente.

La situación laboral tanto de los padres como de las madres mejoró en 2015 como se observa en las tablas siguientes

Tabla 6: Situación laboral del padre

Padre	2007	2008	2009	2015
Trabaja	65.3%	69%	65.2%	71%
Desocupado	9%	7%	8.4%	5,7%
Jubilado	9%	9%	10.5%	10,6%
Plan social	0.9%	1%	2%	0,5%
No contesta	15.7%	14%	13.9%	12,2%

Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Situación laboral de la madre

<i>Madre</i>	2007	2008	2009	2015
Trabaja	43%	45%	42.4%	52,3%
Ama de casa	43.7%	44%	44.1%	38,3%
jubilada	3.3%	3%	4.3%	2,8%
Plan social	4.4%	4%	6%	2,8%
No contesta	5.5%	4%	3.2%	3,6%

Fuente: elaboración propia

Entre las variables analizadas en cohorte 2015 se incluyó la posesión de dispositivos móviles, las opciones de respuesta fueron: computadora portátil, tablet, smartphone y ninguno de ellos. Se llega a la conclusión que en esa cohorte, el 55,7% de los encuestados (386 alumnos) posee computadora portátil. Esta información contribuye a mejorar la organización de la enseñanza aprendizaje al contar con este porcentaje de alumnos que disponen de su computadora, sobre todo en los primeros años, donde el número de estudiantes excede la infraestructura que la Facultad puede brindar. En las respuestas los alumnos podían seleccionar más de una opción.

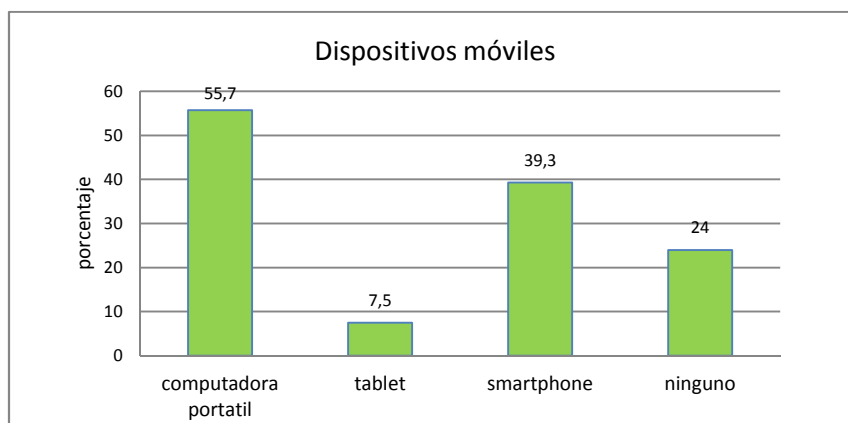


Grafico 9: porcentaje de alumnos que poseen dispositivos moviles

Fuente: elaboración propia

Otra variable incorporada en el análisis fue los medios de transporte más empleados por los alumnos para asistir a clases. Los medios incluidos en las opciones fueron transporte público, auto, moto o bicicleta o ninguno, es decir, caminata. Se llega a la conclusión que una amplia mayoría de los alumnos se desplaza en colectivo y /o taxi compartido, esta última es una modalidad propia del transporte público de nuestra ciudad. En nuestra ciudad, es muy poco utilizada la movilidad en bicicleta, muy popular en otras sociedades estudiantiles.

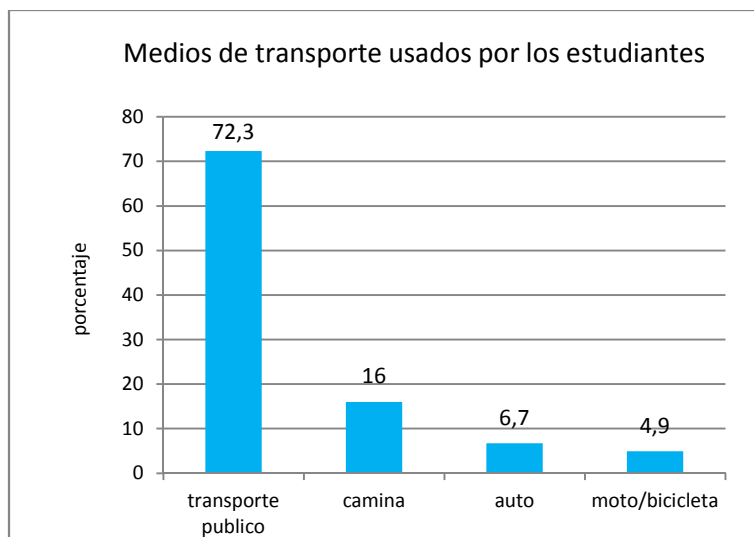


Grafico 10: Distribución de alumnos según medio de transporte

Fuente: elaboración propia

6. Análisis de la matrícula en las carreras de ingeniería

El conocimiento del desarrollo de la variable matrícula en las carreras se convierte en una herramienta imprescindible para la toma de decisiones y definiciones políticas que diariamente atraviesan las prácticas universitarias. La publicación de los datos estadísticos es un ejercicio de esclarecimiento y transparencia de sus actividades y una rendición de cuentas a la comunidad universitaria, así como a la sociedad toda. Por supuesto que las cifras son sólo indicadores de situaciones muy complejas, pero a través de ellas se tiene una base inicial para analizar la marcha de las instituciones y realizar comparaciones retrospectivas, proyecciones y lecturas útiles para la reflexión y búsqueda del mejoramiento.

En el siguiente grafico hemos incluido la evolución en la matrícula de las ingenierías, en porcentaje del total de encuestados, donde se observa que no hay mayores variaciones en Ing. Química e Informática, y un franco aumento en Industrial y Minas

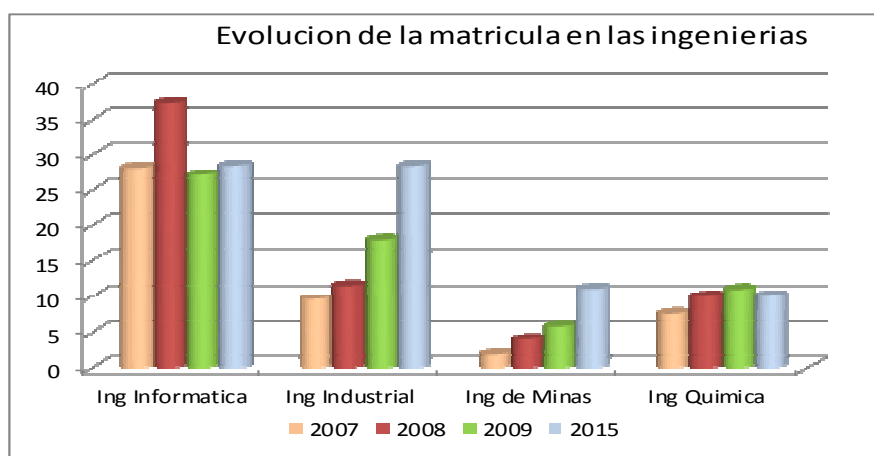


Grafico 11: Porcentaje por carrera de alumnos de ingeniería

Fuente: elaboración propia

En particular, mostramos como se ha dado la distribución de la matrícula en nuestra facultad en el año 2015. Se observa que el 78 % de los alumnos conforman las carreras de ingeniería.

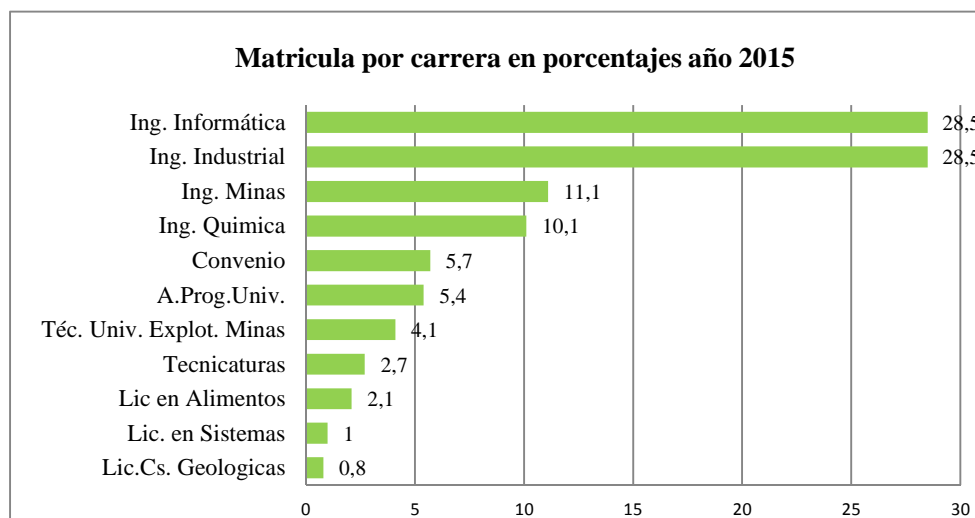


Grafico 12: Porcentaje por carrera de alumnos de ingeniería

Fuente: elaboración propia

7. Reflexiones

En este informe presentamos una parte parcial de todo el análisis realizado, se han observado características que permanecen en las cohortes y otras con diferente evolución.

A partir de este análisis podemos decir que el alumno ingresante proviene en su totalidad de nuestra provincia, mayoría varones, y solo un 54% es recientemente egresado del Nivel Medio, esto conlleva al aumento en la edad de los alumnos ingresantes.

Ha aumentado la población de alumnos provenientes de escuelas técnicas como también aumentó significativamente el porcentaje de los alumnos que trabajan con respecto al año 2009.

La matrícula en general fue en aumento, pero el número de aprobados en el CN es estable en los años analizados.

Se destaca la variación en la matrícula de las diferentes carreras, y el progreso de las carreras de Ingeniería Industrial y Minas. Podemos responsabilizar el incremento en la matrícula de ingeniería en Minas por la creciente demanda laboral por parte de empresas mineras establecidas en el NOA en los últimos años. Por otro lado, el aumento en Ingeniería Industrial se puede explicar que la demanda de las empresas mencionadas incluyen a esta especialidad. En cuanto al estancamiento de la Ingeniería Química puede ser consecuencia de la preferencia de los alumnos por la carrera Industrial, incorporada a nuestra oferta académica en el año 2001. Pero esto puede ser la temática de una investigación más específica en el tema de las causas de la elección de una carrera.

Los conocimientos adquiridos a través de esta investigación contribuirán a la organización de políticas y acciones institucionales que exigen que las instancias académicas cuenten con información básica que les permita conocer las características de los alumnos que acceden a sus aulas.

En particular, la información generada por este trabajo ha sido utilizada por las autoridades de la Facultad para cumplimentar información requerida por la CONEAU en el proceso de acreditación de carreras, como también ha sido utilizada en reuniones de CONFEDI y CODINOA

8. Referencias

- [1] LAZARTE G. (2006) Trayecto de Formación complementaria: Una propuesta diferente en el sistema de ingreso en la Facultad de Ingeniería. SELVA S.RIVERA Y JORGE E. NUÑEZ MCLEOD (Edit) *Experiencias docentes en ingeniería*, Universidad Nacional de Cuyo, p 705-710
- [2] AMBROGGIO G.A. ET AL (2006) Características de la población que ingresa a las carreras de ingeniería, SELVA S.RIVERA Y JORGE E. NUÑEZ MCLEOD (Edit) *Experiencias docentes en ingeniería*, Universidad Nacional de Cuyo, p 629-634
- [3] LAZARTE G., PRIEMER N.(2011) Alumno ingresante a la Facultad de ingeniería 2007-2008-2009: sus características TAPIA JUAREZ N. SAVIO M.,CANO J.E.(Edit) *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA* Universidad Nacional de Catamarca p 87-93
- [4] GARCIA DE FARINELLI A.M (2001) Los estudiantes universitarios en Argentina, JOZAMI A. Y SANCHEZ MARTINEZ (comp) *Estudiantes y profesionales en Argentina*, Universidad Nacional Tres de Febrero, p 72



III CADI
IX CAEDI
2016



FORMACIÓN UNIVERSITARIA, UNA REVISTA INTERNACIONAL PARA EL FOMENTO DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA Y LAS CIENCIAS APLICADAS

José O. Valderrama, Univ. de La Serena, Depto. de Ing. Mecánica, P.O. Box 554, La Serena-Chile; Centro de Inform. Tecnológica, Mons. Subercaseaux 667, La Serena-Chile (jvalderr@userena.cl)

Resumen— Se presentan algunas reflexiones y recomendaciones sobre el impacto y aceptación en la comunidad académica que ha tenido la revista Formación Universitaria, durante sus ocho años de publicación. La revista está incluida en el influyente índice Scopus y fue incorporada desde su primer número en la biblioteca electrónica Scielo. Para mayor cobertura, la revista está incluida también en el Scielo Citation Index de la Web of Science. Se analiza por qué es importante divulgar los métodos de enseñanza de las ciencias y se discute sobre la forma más eficiente de hacerlo hoy en día. Se presentan y analizan aspectos generales de trabajos que no necesariamente están basados en investigación científica y que corresponden a lo que el autor denomina “reflexión documentada”. Este tipo de artículos es aceptable en la revista Formación Universitaria pero deben incluir documentación adecuada para dar soporte “científico” al artículo. Se discute sobre la literatura válida para este tipo de artículos y se muestra también como se debe organizar, estructurar y presentar un trabajo que desea ser considerado para publicación en Formación Universitaria u otras revistas similares en alcances y contenidos. Se concluye sobre la necesidad de que los autores se ajusten a normas mínimas aceptadas por la comunidad académica internacional si desean que sus artículos, una vez publicados, tengan el impacto deseado en la comunidad académica iberoamericana.

Palabras clave— *formación universitaria, publicaciones, manuscritos, divulgación, organización de un artículo, ingeniería y ciencias.*

1. Introducción

El año 2008, el Centro de Información Tecnológica de La Serena-Chile (CIT), empezó la publicación de *Formación Universitaria*, una revista internacional, actualmente electrónica y arbitrada que publica artículos originales en todas las áreas relacionadas con el trabajo académico en Universidades, y en particular aquellos relacionados con la enseñanza y formación de profesionales universitarios, con énfasis en las ingenierías y las ciencias, pero no restringido a ellas. Desde sus inicios, la revista estableció que es condición obligatoria que los artículos sean producto de trabajos de investigación o de reflexión documentada y que tengan un impacto relevante en el desarrollo y mejoramiento de la formación universitaria en Ibero América. En dos trabajos anteriores el autor ha descrito con detalle algunos conceptos relacionados con la estructura de manuscritos para su envío a publicación en revistas de corriente principal [1-2] y ha discutido asuntos relacionados específicamente con la revista *Formación Universitaria*. Parte de esos artículos se resumen en este trabajo y se aportan nuevos antecedentes y experiencias de estos primeros ocho años de publicación.

La revista *Formación Universitaria* acepta artículos relacionados con: enseñanza de las ciencias básicas y de las tecnologías, enseñanza basada en competencias, educación continua y de posgrado, modificación de programas, desarrollo de nuevos laboratorios, nuevas técnicas de enseñanza, perfeccionamiento y mejoramiento de la docencia, impacto de las nuevas tecnologías, enseñanza virtual, globalización y enseñanza, evaluación y jerarquización, acreditación, gestión y evaluación de la docencia, y práctica profesional, entre otros. Como se indicó más arriba, es requisito obligatorio que los trabajos tengan un impacto relevante en el desarrollo y mejoramiento de la formación universitaria en Ibero América.

En los temas indicados la revista no solo acepta trabajos basados en investigación científica sino también ideas y reflexiones sobre dichos tópicos, experiencias personales en la enseñanza o actividades de gestión académica. Esto es lo que se denomina “reflexión documentada”, término que por ignorancia o conveniencia no es siempre bien interpretado. Sin embargo, todos los artículos deben ser necesariamente presentados como trabajo documentado y estructurado como se hace en una revista de corriente principal. Para aclarar aún más las ideas, la Tabla 1 lista una serie de artículos publicados en *Formación Universitaria* en los últimos años y que dan una idea más completa del tipo de artículos aceptables. Otros títulos pueden ser vistos en la Web de la revista (<http://www.citchile.cl/a1-formacion.htm>) o directamente en Scielo (<http://goo.gl/oUxCju>).

Tabla 1: Selección de títulos de artículos publicados en *Formación Universitaria*

Aplicación del Simulador ChemCAD en la Enseñanza en Carreras de Ingeniería
Innovación Pedagógica y Elaboración de una Guía de Aprendizaje en Tecnología Farmacéutica Industrial
Expresión de Conceptos Químicos Mediante Lenguaje Significativo
Análisis de Hábitos de Estudio en Alumnos de Primer Año de Ingeniería Civil Agrícola
Los Programas Universitarios de Personas Mayores y el Envejecimiento Activo.
Valoración los Atributos de Grupos de Interés Universitarios desde un Enfoque de Liderazgo Participativo
Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena
Equipo Didáctico para Aprendizaje Colaborativo en Automatización e Informática Industrial.
Simulación de Procesos de Negocios como Soporte Didáctico en el Aprendizaje de la Gestión de Procesos
Evaluación del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje sobre Fuentes Renovables de Energía
Enseñanza-Aprendizaje en Robótica. Construcción de Simuladores como Actividades de Comprensión.
Análisis de la Percepción del Medio Ambiente de los Estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica
Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS) en una Asignatura de Química para Ingeniería
Evaluación de las Tecnologías de Información en la Docencia de Proyectos de Ingeniería
Aprender Enseñando: Elaboración de Materiales Didácticos que facilitan el Aprendizaje Autónomo
Programa Emprendedor Obligatorio. Alternativa de Educación Integral
Pensamiento Pedagógico en la Enseñanza de las Ciencias
Educación e Intención Emprendedora en Estudiantes Universitarios: Un Caso de Estudio
Una Propuesta para Fortalecer el Énfasis Profesional del Currículo de Ingeniería Química
Percepción de Estudiantes de Psicología sobre el Uso de Facebook para Desarrollar Pensamiento Crítico
Guía Metodológica para el Diseño de un Plan Estratégico Informático en Instituciones de Educación Superior
Gestión de la Calidad y del Medio Ambiente en Instituciones de Educación Superior
Colaboración Académica Internacional en Tecnologías de la Información y Docencia Virtual
El Laboratorio Virtual como Estrategia para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje del Concepto de Mol
Influencia de los Textos de Química en la Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de Valencia
Modelos Educativos con Base en el Rendimiento Académico de los Alumnos de Licenciatura en Ingeniería
Alineamiento Estratégico Sectorial: Caso aplicado a una Universidad Chilena
Desempeño de la Función Académica: Análisis de un Sistema en el Contexto Universitario Chileno

Durante estos primeros ocho años de la revista se han publicado más de trecientos artículos de más de 600 autores, provenientes de casi todos los países iberoamericanos, pero principalmente de España (24.9%), Chile (19.5%), México (21.5%), y Colombia y Argentina (12.8% cada uno). La figura 1 muestra la distribución de autores por países de los artículos publicados en Formación Universitaria durante el periodo 2008-2015.

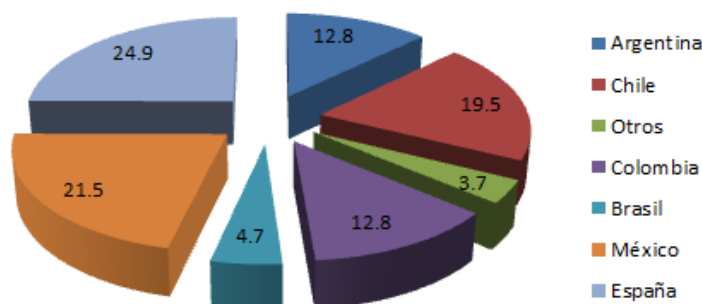


Figura 1: Distribución de autores por países de artículos en Formación Universitaria (2008-2015).

2. Por qué publicar

Como se sabe, la publicación en revistas arbitradas, indizadas y de alto impacto en la comunidad científica y tecnológica, llamadas también "*de corriente principal*", tienen un alcance mucho mayor que cualquier otro medio de difusión de un trabajo de investigación [3-5]. Esta es una de las principales razones para considerar a la publicación en revistas arbitradas, como un recurso estratégico de la investigación y de la difusión del trabajo académico en una universidad [6-7].

Si un investigador publica, entonces se da a conocer, sus trabajos son citados y dan origen a nuevos estudios, puede optar a dineros para proyectos, puede elevar el nivel de sus investigaciones, y obviamente prestigiar a la institución a la que pertenece. Además, en el caso de investigadores universitarios la investigación y su difusión a la comunidad internacional representan importantes apoyos para la formación de los futuros profesionales. La revista Formación Universitaria representa un medio de amplia difusión para compartir ideas y reflexiones en torno a la actividad académica de enseñanza-aprendizaje, gestión universitaria y todo aspecto relacionado con la formación de futuros profesionales.

Conozco muchos académicos dedicados a la importante tarea de formar profesionales que creen que basta solo con transmitir conocimiento en la forma que lo hicieron con ellos o ellas o bien usando lo que, desde su punto de vista, consideran adecuado como método de enseñanza. Hay muchos otros, sin embargo que están en continuo aprendizaje y experimentando formas nueva de avanzar, de acuerdo al ritmo del resto de la sociedad, de las tecnologías de la información y de otros avances que tienen injerencia en el mundo universitario. Pero cuando se trata de transmitir esas experiencias al resto de la comunidad académica a través de documentos escritos como son las publicaciones en revistas, se observan problemas graves que es preciso comentar, analizar y dar recomendaciones para su solución.

3. Reflexión documentada

Este término se refiere a un escrito en el que se analiza, reflexiona, discute y propone ideas referentes a algún tema sobre el cual no se ha hecho un trabajo científico metódico y donde muchas veces no existe información "dura" como son los números en un experimento en química, física, matemáticas o ingeniería. Esta falta de información cuantitativa es al parecer

la razón de porqué autores de este tipo de trabajos creen que artículos de reflexión o ideas nuevas que ellos o ellas plantean en sus artículos no necesitan ser respaldadas por trabajos de otros y escriben como si nadie más hubiera presentado algo sobre el tema que tratan. Este es sin duda el principal problema de fondo en los manuscritos recibidos, y que muchas veces es, con justa razón, causal de rechazo de los trabajos enviados para publicación.

La documentación que respalda el trabajo que se presenta en un artículo va en la primera sección del cuerpo de un artículo, la Introducción, aunque hay revistas que la incluyen en otras secciones. Independiente de su ubicación y del nombre que se le dé a la sección el objetivo de esta parte del escrito es proporcionar al lector(a) antecedentes suficientes que le permitan ubicar el tema y el artículo en el contexto de la literatura pasada y presente. El autor debe escoger cuidadosamente la literatura a citar en esta sección y aclarar porqué, existiendo toda esa información, el artículo que se presenta es necesario. En esta sección se debe: i) especificar la naturaleza y alcance del problema tratado; ii) presentar una revisión de la literatura sobre el tema del artículo; iii) analizar brevemente esos trabajos; iv) detallar la propuesta del artículo; y v) concluir respecto al estudio, análisis o reflexión.

En la revisión de la literatura pasada y presente se debe dar especial importancia a la literatura de los últimos años, sin olvidar clásicos del pasado que el autor considere apropiado incluir. Lo que no puede pasar, pero que ocurre con cierta frecuencia, es citar solamente literatura de hace 30 o 40 años, como si nadie hubiera trabajado en el tema en las últimas décadas. Es también poco adecuado y poco conducente incluir autocitas en exceso o solamente trabajos disponibles en la llamada literatura gris, como si eso fuera todo el conocimiento disponible en el tema tratado en el artículo. El conocimiento establecido y actual es usualmente el presentado en las revistas de corriente principal o en libros seleccionados y reconocidos por todos como fuentes válidas de conocimiento.

En trabajos poco o mal documentados uno podría tener legítimas dudas respecto a por ejemplo la originalidad de las ideas y propuestas: *“¿cómo saben los autores que lo que presentan no ha sido ya publicado si no revisaron la literatura?”*. La inclusión de citas pertinentes, adecuadas y oportunas en un escrito permite al autor ubicar el trabajo que presenta en un contexto universal y actual del conocimiento en el tema específico del artículo, y permite al lector documentarse sobre avances previos en ese campo y que sustentan el trabajo actual.

No revisar la literatura actual y no incorporarla adecuadamente en un artículo es pasar por alto información útil y esencial para construir una idea, una teoría, un método o una aplicación en particular. Hoy en día, con una tremenda biblioteca prácticamente "gratis" como es Internet, es simplemente inaceptable que un autor no verifique si sus ideas, plasmadas en el trabajo que presenta, no fueron ya ideadas por otros y publicadas en otra parte. La cantidad de citas y referencias que debe contener un artículo no está establecida y es casi imposible hacerlo. Las citas necesarias serán aquellas que permitan al lector documentarse en forma general sobre lo hecho en el pasado en el tema del artículo y que le permita verificar las teorías e hipótesis que sustentan el trabajo que lee. Un artículo tipo revisión (review) requiere obviamente de más citas y referencias que un artículo de investigación sobre un tema o experiencia concreta.

Con respecto al tipo de literatura citable, tampoco hay normas establecidas, pero claramente son los artículos publicados en revistas de corriente principal donde están presentados los avances en diversas áreas de la ciencia, la ingeniería y las humanidades, y estos artículos son los que deben prevalecer en una publicación. Esto no significa que no se pueda citar otras fuentes como manuales, enciclopedias, libros, tesis, documentos de empresas, catálogos y cualquier otro documento. Lo que es inaceptable, como ocurre a veces es que un artículo base todo su nuevo aporte en un par de tesis que nadie validó o en unas páginas abiertas en Internet

a veces de dudosa procedencia. Otras veces los autores basan sus artículos en sus propios trabajos anteriores que nunca publicaron, y se auto citan con informes internos de muy difícil acceso para un lector del mundo. Común es también la citación solamente a trabajos en idioma castellano, ignorando que, nos guste o no esta realidad, la mayor parte de la buena información está en otros idiomas, principalmente en inglés. En el área de las ingenierías y las ciencias, más del 90% de la literatura de corriente principal están en idioma inglés.

4. Los Errores más Comunes

Aunque los errores que cometen los autores en los trabajos que envían para publicación a una revista son muy diversos, dependiendo principalmente de la experiencia de los autores, hay algunos comentarios y reflexiones generales que creo pueden ser útiles para los autores novatos y por qué no también para los más experimentados. En un artículo del año 2005 [1] el autor hace una descripción detallada sobre algunos aspectos relevantes relacionados con el título de un artículo, con el resumen, con la introducción, el cuerpo del artículo, las conclusiones y las referencias. Aparte de la documentación deficiente en la introducción, tema que ha sido analizado más arriba, las faltas más comunes en los manuscritos son la mala estructuración del resumen, la pobre discusión de los resultados y la mala redacción de las conclusiones.

Un resumen debe contener lo que se presenta en el artículo, en un lenguaje simple y directo. El Resumen debe, en este mismo orden: (i) establecer el objetivo y alcance del estudio presentado en el artículo; (ii) describir la metodología; (iii) resumir los resultados más importantes; y (iv) establecer las principales conclusiones. En la sección de Introducción se debe proporcionar al lector(a) antecedentes suficientes que le permitan ubicar el tema y el artículo en el contexto de la literatura pasada y presente y explicar por qué, existiendo toda esa información, el artículo que se presenta es necesario. Sin embargo, hay al parecer una idea generalizada en algunos autores que creen que sus trabajos no necesitan ser documentados, o a lo más documentados con autocitas, con informes de limitado alcance, y con algunos enlaces a Internet, como si eso fuera todo el conocimiento disponible en el tema que exponen en el artículo.

La sección de Discusión constituye una parte esencial en la que se debe analizar los resultados, discutir sus implicancias y resaltar el alcance de ellos. Muchos artículos, que pueden ser atractivos por su temática, por su revisión de la literatura, por su metodología científica, y por sus interesantes y válidos resultados, son rechazados o tienen poco impacto por una mala discusión.

La sección de Conclusiones constituye la parte final y obligatoria para cerrar un artículo. En esta sección se debe concluir en forma directa y simple sobre lo encontrado en la investigación descrita; no se debe discutir nada (eso va en la sección de Discusión), no se debe recapitular el trabajo en forma condensada (eso va en la sección Resumen), ni se debe presentar resultados (eso va en la sección Resultados). Una forma clásica y adecuada, y que muchos autores(as) prefieren, es escribir una frase de presentación y luego mostrar las conclusiones numeradas. En estos asuntos, recomendamos siempre a los autores seguir las Normas establecidas por el editor de la revista de interés o por la organización del congreso a donde desean enviar un trabajo para presentación.

En más de una ocasión hemos recibido comentarios como este: "si los autores no son capaces de seguir las normas establecidas para la confección de un artículo, ¿por qué debo pensar que siguieron normas en sus experimentos y que sus resultados son correctos?". Los autores novatos que probablemente no lo saben y los experimentados que a veces lo olvidan, deben preocuparse que sus escritos sigan dichas normas, que para eso fueron escritas. Además,

siempre sugerimos que si un investigador experimentado no participa en la organización y redacción de un trabajo, es mejor que no deje que su nombre aparezca como co-autor. Sin duda que su honestidad y su prestigio valen más que un artículo adicional en su currículum.

5. Conclusiones y recomendaciones

De los argumentos presentados, de su discusión y de los antecedentes de la literatura expuestos a través del artículo, se pueden obtener las siguientes conclusiones principales: 1.- artículos de ideas y reflexiones deben incluir documentación adecuada y similar a la exigida en otras revistas de corriente principal; 2.- las citas de la literatura en una publicación, documentan los argumentos, ideas, conceptos, teorías y datos usados y expuestos en el escrito, y por lo tanto deben incluir trabajos recientemente publicados; 3.- la documentación, en especial con artículos de revistas de corriente principal, es la que le da el soporte “científico” al artículo; 4.- los trabajos presentados en congresos no constituyen publicación, y para que un trabajo presentado en un congreso sea publicable, se deben hacer cambios de forma y fondo, en especial en lo que respecta a la documentación que da soporte al trabajo; y 5.- el respeto que un autor o autora tenga por las Normas de una revista refleja su capacidad para ajustarse a ciertos requisitos y protocolos que son igualmente pedidos en los experimentos, en la formulación de modelos, en el desarrollo de software, en el análisis de encuestas, o simplemente en las reflexiones que se exponen en el artículo.

6. Referencias

- [1] VALDERRAMA, J.O. (2005). Principales Aspectos sobre la Preparación de un Artículo para ser Publicado en una Revista Internacional de Corriente Principal. *Inf. Tecnol.*, v.16, n.2, p. 03-14.
- [2] VALDERRAMA, J.O. (2010). Preparación de un Artículo para ser Publicado en la Revista Internacional Formación Universitaria. *Form. Univ.*, v.3, n.1, p. 31-38.
- [3] PLOMP, R. (1994). The Highly Cited Papers of Professors as an Indicator of a Research Group's Scientific Performance. *Scientometrics*, v. 29, n. 3, p.377-393.
- [4] AMIN, M.; MABE, M. (2000). Impact Factors: Use and Abuse, Elsevier Science <http://www1.elsevier.com/homepage/about/ita/editors/perspectives1.pdf>
- [5] PACKER, A.L. (2003). *The SciELO Model for electronic publishing and measuring of usage and impact of Latin American and Caribbean scientific journals*. 2nd ICSU-UNESCO Int. Conference on Electronic Publishing in Science. Paris: UNESCO House.
- [6] VALDERRAMA, J.O. (2001). La Publicación en Revistas Especializadas, un Recurso Estratégico en la Investigación Científica y Tecnológica. Cap.4, Cellino, A., Los Laberintos del Futuro. Ciencia y Tecnología en América Latina, Univ. Nac. del Litoral, Santa Fe-Argentina.
- [7] VALDERRAMA, J.O. (2011). *Publicar en Revistas Científicas de Corriente Principal: Antecedentes, Definiciones y Recomendaciones*. La Serena-Chile: Editorial Universidad de La Serena.



ACCESO Y PERMANENCIA UNIVERSITARIA. PERCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE SUS DIFICULTADES ACADÉMICAS Y LAS ESTRATEGIAS INSTITUCIONALES.

Victoria Rio, Laboratorio MIG, UTN-FRA, riovictoria@gmail.com

Lucila Somma, Laboratorio MIG, UTN-FRA, lulisomma@yahoo.com.ar

Resumen

El presente trabajo busca aportar al problema del acceso y la permanencia en la universidad a partir del estudio de una cohorte de alumnos de las carreras de Ingeniería de la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional. Para su análisis, se cuenta con 58 entrevistas biográficas que se realizan en el año 2014 a un grupo de estudiantes en particular que, a cinco años de su ingreso, presenta importantes dificultades en el avance de la carrera. A partir de la recolección de estos relatos, se busca identificar sus percepciones, por un lado, sobre las dificultades encontradas en el ingreso y en el avance en la carrera, y, por otro, en torno a aquellas estrategias institucionales que buscan acompañar sus trayectorias en el marco de las problemáticas mencionadas.

Esta ponencia forma parte de una línea de investigación llevada a cabo desde el Laboratorio de Monitoreo de Inserción de Graduados de la Facultad. En trabajos anteriores se ha avanzado en el análisis de variables cuantitativas que han ayudado a tener un conocimiento general de la población y a plantear algunas primeras hipótesis de trabajo. De este modo, esta ponencia se enfoca en los aspectos cualitativos a partir del estudio de trayectorias estudiantiles.

***Palabras clave:** universidad - acceso y permanencia - estudiantes - ingeniería*

1. Introducción.

En las últimas décadas, el sistema universitario argentino estuvo caracterizado no sólo por el aumento exponencial de la matrícula universitaria, sino también por una transformación integral del nivel superior que apunta a modificar las fuentes de financiamiento, implantar sistemas de evaluación y acreditación, y establecer una vinculación más estrecha con el sector productivo [15]. A través de una política pública activa se busca ampliar el acceso a la educación superior desde la concepción de la inclusión educativa. Al mismo tiempo que se expande la matrícula, fenómeno que se observa desde mediados de 1980, se incrementa y diversifica la oferta a partir de la creación de nuevas universidades públicas y privadas [14] y nuevas carreras en instituciones ya existentes. Esto expresa un movimiento conjunto de expansión y segmentación universitaria -que tiene lugar en el contexto de un creciente proceso de polarización social- en el que se constituyen opciones diferenciadas respecto a la oferta académica, y al prestigio o calidad de la institución formadora [10].

Este crecimiento, sin embargo, no es acompañado por sus correspondientes tasas de permanencia y egreso [6]. Si bien aún es prematuro analizar el impacto del ingreso de nuevos jóvenes a los estudios superiores en el egreso, los niveles de abandono nos hablan de una

inserción excluyente o socialmente condicionada [7]. Según Panaia [17] en el caso de estudiantes de ingeniería en el país -con diferencias por región y por carrera- las deserciones van del treinta al cincuenta por ciento y se concentran principalmente en los primeros años. La llegada a la situación de abandono, por otro lado, es de carácter progresiva y está antecedida por recurrentes situaciones de interrupción o alejamiento de la institución educativa.

En relación a los tiempos de cursada, diversos trabajos arrojan la existencia de una diferencia entre lo que se conoce como la “duración teórica” de las carreras universitarias (establecida a partir de lo que estipulan los planes de estudio) y la “duración media” real, esto es, la cantidad de años que, en promedio, los estudiantes demoran en finalizar sus estudios [12]. En este contexto, se instala desde hace algunos años la preocupación tanto académica como gubernamental e institucional en torno a las problemáticas de acceso, permanencia y egreso en el sistema universitario argentino.

El Laboratorio Monitoreo de Inserción de Graduados (MIG) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Facultad Regional Avellaneda (FRA), cuya tarea central es estudiar la inserción de graduados en el mercado de trabajo, suma desde hace unos años a sus líneas de investigación la indagación en el universo de estudiantes. En 2008 se realiza un censo estudiantil y en 2012 se comienzan a elaborar diversos instrumentos con el objetivo de arribar a un dispositivo de recolección longitudinal que permita conocer las trayectorias de formación y trabajo de los estudiantes desde el momento de ingreso a la carrera, de modo de abordar su estudio como un proceso en movimiento.

En esta ponencia, nos proponemos realizar un abordaje a la situación de permanencia, a partir de los resultados obtenidos del procesamiento de encuestas longitudinales y el análisis de las entrevistas biográficas aplicadas a un grupo de alumnos ingresantes en el año 2009.

2. Seguimiento de la cohorte de ingresantes 2009 y selección de la población de estudio.

Como mencionamos, la ponencia avanzará en el análisis cualitativo de las entrevistas biográficas realizadas a 58 estudiantes ingresantes en 2009, que en 2014 presentan importantes dificultades en el avance de la carrera. La definición de esta población tiene su antecedente en 2012 cuando se decide clasificar a la cohorte de ingresantes 2007 de acuerdo al criterio de “actividad académica”, es decir, si registran o no inscripciones a materias y/o a exámenes finales durante los dos años previos. A partir del análisis de la situación académica de cada alumno con actividad, tras cinco años de su ingreso -tiempo total de duración de las carreras según lo que estipula el plan de estudios- se obtiene como resultado la construcción de la variable “situación de cursada” que permite ubicar y distinguir a los estudiantes de esa cohorte en diferentes tramos de la carrera en relación al tiempo teórico estipulado por el plan de estudio:

- a) Aquellos que avanzan según los tiempos del plan de estudios.
- b) Aquellos que avanzan con dificultades menores.
- c) Aquellos que avanzan con mayores dificultades.
- d) Aquellos que a 5 años, no aprobaron el grupo de materias básicas correspondiente a los primeros años.

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

Así, en 2014 se procede a trabajar con la población de estudiantes ingresantes 2009 (N=607) ya que se cumplen cinco años de su ingreso a la carrera. En primer lugar, se realiza un procesamiento de los datos obtenidos del sistema informático, con el fin de distinguir a los alumnos que registran alguna actividad académica en los últimos dos años. En segundo lugar, se agrupa a estos estudiantes activos según sus situaciones de cursada. Ello permite advertir que el grupo que presenta mayores dificultades (desde ahora denominado grupo D) representa el 48% de la población con actividad académica, mientras que las otras situaciones (grupo A, B y C) suman el 52% restante, sin presentarse diferencias significativas entre las seis carreras que se dictan en la Facultad.

A partir de este hallazgo, a mediados de 2014 se decide contactar y entrevistar a los estudiantes que se encuentran bajo esta situación. Cabe aclarar que de la población total de ingresantes 2009 con actividad académica reciente, se registraron 150 estudiantes que presentaban mayores dificultades en el avance de la carrera. Entre ellos, se logra entrevistar a 58 (un 40%).

La entrevista biográfica incluye en una primera instancia, la aplicación de una encuesta longitudinal que recoge datos sociodemográficos y de la trayectoria laboral y de formación de cada estudiante desde su ingreso a la carrera hasta 2014. Luego, se realiza una entrevista en profundidad con el objetivo de obtener un conocimiento más integral de su situación, así como para ahondar en las evaluaciones, motivaciones y valoraciones de las experiencias por las que transitaban.

En este trabajo se busca reseñar los resultados del análisis cualitativo de esas entrevistas, poniendo particular énfasis en la percepción de los estudiantes de sus propias dificultades académicas. También buscaremos vincular con ello sus vivencias a partir de la utilización de los dispositivos institucionales diseñados por la Facultad para el acompañamiento de las trayectorias y el avance en la carrera.

3. Permanencia universitaria, los trayectos académicos en mira.

En nuestro país, la preocupación teórica destinada a conocer la problemática sobre el acceso, permanencia y egreso en la universidad es relativamente reciente. Una línea de investigación común vincula los factores de acceso, permanencia y egreso universitario a las características socioeconómicas de los estudiantes (el tipo de inserción laboral del hogar de origen, el nivel educativo de los padres, etc.). De acuerdo con García de Fanelli [9], así como existe una correlación estrecha entre el quintil del hogar de origen y el acceso a la educación superior existe también una correlación similar respecto del egreso efectivo. Los que provienen de un hogar de ingresos altos no sólo tienen más probabilidades de acceder a estudios superiores, en relación a toda la población que accede, sino que también de egresar. A su vez, y como una de las posibles explicaciones, la autora muestra una relación entre la tasa de actividad y la asistencia o deserción a la educación superior, mostrando que la necesidad de trabajar (e indicando esto último como posible variable de la situación socioeconómica) podría afectar las probabilidades de los estudiantes de permanecer en la universidad [9].

Sin embargo, las desigualdades sociales no son las únicas causas de retraso o abandono universitario, o al menos, no como causas inmediatas sino mediadas por situaciones como el trabajo a tiempo completo, la preparación académica insuficiente producto de una educación secundaria deficiente, ser la primera generación que accede al nivel superior. También, los factores vocacionales y la condición de juventud son dimensiones que merecen ser tratadas.

En este sentido, otra línea de investigación central para comprender el tránsito por la universidad es la articulación entre el nivel superior y la escuela secundaria. En las últimas décadas, muchos trabajos han abordado el fenómeno de la expansión del nivel secundario hacia su universalización y con ello, la cuestión sobre sus condiciones de permanencia y egreso [11]. Es un dato conocido que con la expansión matricular y los cambios recientes en el sistema educativo, se han dado procesos de segmentación del nivel secundario que generan diferentes oportunidades de acceso al mercado de trabajo y a la continuidad de estudios superiores [4]. Así, se abre el interrogante sobre la efectiva formación del nivel secundario para los estudios superiores.

Por otra parte, la cuestión de la articulación entre niveles involucra los mecanismos y procesos de acceso en el ingreso a la universidad. Estos incluyen la existencia de cupos, exámenes de ingreso, cursos niveladores, o bien el ingreso irrestricto. Ello va de la mano de los debates sobre la función de estos mecanismos: si buscan la selección o bien la efectiva formación en competencias necesarias para la vida universitaria. A la vez, si el ingreso irrestricto constituye en sí mismo un mecanismo más democrático dado que no garantiza necesariamente que quienes acceden tengan las competencias necesarias para la permanencia en la universidad [12]. En efecto, es conocido que la gran mayoría de casos de abandono universitario se da en el primer año de cursada [9].

3.1. Las universidades como casos de estudio.

Esta preocupación ha generado en los últimos años trabajos académicos producidos desde las propias universidades sobre las causas de abandono o atraso en los estudios, las problemáticas de permanencia y los factores de incidencia. Existen una diversidad de investigaciones académicas e institucionales sobre la problemática en diferentes universidades del país, entre ellas los estudios realizados desde la Universidad Nacional de General Sarmiento sobre las dificultades de los estudiantes en el ingreso a la educación superior [8], la Universidad Nacional de La Plata sobre el rendimiento académico de los estudiantes [18] y la Universidad Nacional de Córdoba centrado en la importancia del primer año de la carrera en relación con la permanencia y el egreso [1]; [2]. Desde diferentes perspectivas teóricas y a partir de distintas técnicas de investigación, pero también arraigados en tipos de universidades bien diferentes, es interesante cómo varios de estos trabajos arriban a algunas conclusiones comunes.

En primer lugar, existe un acuerdo generalizado de que la condición socioeconómica de origen impone condiciones relevantes para el avance de los estudiantes en la carrera [8]; [18]; [1]. Esta se ve expresada -y por ende mediada- por diferentes situaciones. Una de ellas está caracterizada por el nivel educativo de los padres, esto es, la existencia de una correlación entre niveles educativos inferiores al superior de unos y las problemáticas de abandono o atraso en los estudios de los otros [18]; [1]. A su vez, el entorno familiar como apoyo para el desarrollo de una carrera universitaria es algo que también puede estar vinculado [8], así como la necesidad de trabajar de los estudiantes y la dificultad de compatibilizarlo con los tiempos universitarios, sobre todo cuando los trabajos son de jornada completa [8]; [18].

Por otra parte, en estas investigaciones aparece de manera recurrente la dificultad que implica para los ingresantes llegar a constituirse como estudiantes universitarios, manejar los tiempos y ritmos, elaborar estrategias de estudio, organizarse [8] sobre todo en el primer año de la carrera [2]. En relación con ello, los trabajos también muestran un salto académico considerable entre la secundaria y la universidad, percibido tanto por los estudiantes como por los docentes universitarios [8]; [2].

Por último, algunos de estos estudios hacen referencia a elementos del perfil institucional con las que estas condiciones interactúan. Aquí, es interesante observar que las universidades están atravesadas por lógicas muy diferentes de acuerdo a su origen histórico, la oferta académica, su cultura institucional, lo que condiciona los mecanismos de intervención que se dan y otorgan sentido a los modos en que esos factores comunes se materializan en las experiencias de cursada de sus estudiantes.

4. Crecimiento matricular y de egresados de la UTN y la UTN-FRA.

En el caso de la UTN-FRA, el estudio de la permanencia de los estudiantes debe enmarcarse necesariamente en las características de la institución y sus transformaciones recientes. El origen de la UTN se remonta a la creación de la Universidad Obrera Nacional (UON) en 1948, producto de la articulación de tres fenómenos complementarios: el apoyo a la industrialización por sustitución de importaciones, el aumento de la calidad de vida de la fuerza de trabajo empleada en dicho desarrollo productivo y consumidora de sus productos, y lo que Krotsch [13] señala como “segunda generación de reformas” latinoamericanas donde se desarrolla un proceso de acrecentamiento de la demanda de estudios universitarios que abre un periodo de expansión y marca el pasaje de la universidad de élite a la universidad de masas. En marzo del año 1955 se inaugura la Facultad Avellaneda, una de las regionales más antiguas, en un contexto de crecimiento urbano e industrial de la Ciudad de Buenos Aires que se expande a las zonas contiguas conformando el área del conurbano en el que se instalan grandes establecimientos fabriles y localidades con importantes asentamientos poblacionales [20]. En 1959, durante la presidencia de Arturo Frondizi, se procede a cambiar la denominación de UON por Universidad Tecnológica Nacional.

En esta línea, la elección de la UTN como casa de estudio para muchos jóvenes está relacionada con las expectativas de lograr combinar estudio y trabajo a partir de la construcción de un perfil de ingeniero particularmente orientado a la práctica, pero también de una reivindicación de sus orígenes como Universidad Obrera Nacional. Si bien la Universidad ha sufrido fuertes transformaciones desde sus inicios hasta la actualidad, de hecho el cambio de nombre denota las tensiones ideológicas presentes luego del derrocamiento del gobierno peronista, el proyecto universitario logra resignificar sus principios fundacionales en pos de continuar con una formación académica focalizada en el área de la tecnología para aquellos sectores que hasta entonces no veían posibilitadas sus aspiraciones educativas [19]. Así, se asume la hipótesis de que podemos encontrar en una institución educativa como la Universidad Tecnológica Nacional vínculos entre los actores universitarios (docentes, alumnos, graduados, autoridades) y mecanismos institucionales que facilitan o mejoran las posibilidades de permanencia y egreso de los estudiantes cumpliendo con las metas establecidas en el contrato de creación de la Universidad Obrera.

En relación a los datos sobre crecimiento matricular, la expansión de la UTN es previa a la que se observa de manera general en la universidad argentina durante los ochenta. En efecto, se nota un crecimiento marcado durante los primeros años de la década del setenta, cuando la matrícula llega a triplicarse al pasar de más de 11 mil estudiantes en 1970 a más de 34 mil en 1974 [5]. Entre los factores que explican este crecimiento, encontramos que entre el año 1970 y 1973 se da una ola progresiva y sostenida apertura de nuevas unidades académicas que pasan de once en 1969 a veintitrés en 1973 [5]. En la UTN-FRA ocurre algo similar en ese periodo y la cantidad de estudiantes se duplica de 1400 aproximadamente a más de 3 mil. Durante los años de la última dictadura militar la matrícula de la UTN observa una merma

que vuelve a repuntar en los ochenta tras el regreso de la democracia y crece sostenidamente durante fines de los ochenta y la década del noventa cuando vuelve a triplicarse alcanza su punto más alto en 1993 con 71.831 alumnos [5]. Sin embargo, en la UTN-FRA el crecimiento observado durante los ochenta vuelve a caer en la década del noventa, sobre todo durante los últimos años. De la misma manera, la cantidad de egresados de la UTN-FRA acompaña el primer periodo de expansión matricular durante fines de los setenta y los primeros años de la década de 1980, aunque también refleja una caída muy importante en los noventa. Así, mientras que en los años anteriores los graduados superan la centena, durante los noventa este número cae hasta llegar a los 52 y 30 graduados en 1996 y 1997.

Con respecto a los datos recientes de crecimiento, la cantidad de nuevos ingresantes se incrementa desde 2004 de manera leve pero sostenida a lo largo de la última década, registrándose en el año 2012, 3161 estudiantes, número que supera la masa de alumnos con la que se contaba durante 1996-1998 [22]. En relación a los egresados, puede observarse un crecimiento desde 2005, que alcanza la centena en algunos años durante la última década, producto de los picos de inscriptos producidos en 1995, es decir diez años antes, en las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Electrónica, fuertemente incentivadas durante la década de los noventa [21].

En cuanto a los niveles de abandono, un estudio previo desarrollado por el Laboratorio MIG arroja que en el caso de la cohorte de ingresantes 2009, a cinco años del ingreso, el cuarenta y nueve por ciento de los alumnos no presentaban actividad académica al interior de la institución desde hacía ya dos años [23].

5. Las dificultades académicas desde la voz de los estudiantes.

Las dificultades académicas a las que se enfrentan los estudiantes constituyen uno de los rasgos que presenta mayor tensión en el avance de la carrera de este grupo en particular. Sin embargo, estas dificultades se expresan en formas diversas y vinculadas a su vez a otras problemáticas, como la relación entre estudio y trabajo, el pasaje del secundario a la universidad, la elección de la carrera, el retraso en la entrada al ciclo superior, entre otros.

Un rasgo presente en los testimonios está vinculado con la formación de lo que Panaia denomina “ciudadanía universitaria” [16], esto es, la afiliación de los estudiantes a las formas de funcionamiento, códigos, reglas, tiempos, sociabilidad, que implica el ingreso a la institución universitaria. Se juegan allí, también, cuestiones vinculadas a las características de la secundaria de origen y el pasaje entre una institución y otra, la historia familiar de los estudiantes, el curso que siga su círculo social, etc. Cabe destacar, de todas maneras, que para la mayoría de los estudiantes la UTN es, en relación con otras universidades, un lugar accesible, familiar, donde los docentes y no docentes tienen buen trato hacia los alumnos y por esa razón expresan sentirse cómodos desde el momento del ingreso. Esto está presente en los testimonios de estudiantes que tienen una experiencia previa en otras instituciones como la Universidad de Buenos Aires o la Universidad Nacional de La Plata. Aun así, muchos de ellos expresan dificultades para comprender el funcionamiento universitario, pautar los tiempos que dedicarán a la universidad más allá de los propios de la cursada, elaborar una metodología de estudio, construir una estrategia que les permita transitar los primeros años universitarios de una manera satisfactoria.

“... acá en la facultad tenés que venir y estudiar. Si estudiás y agarrás el ritmo, listo. Si estudio, apruebo, apruebo fácil todas las materias pero si me agarra esa pachorra o ganas de hacer otras cosas. (...) También por mis amigos, mis amigos no estudian ninguno.

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

Todos trabajan y cuando me junto con ellos como que me desvíó de la facultad” (Javier, Ingeniería Electrónica).

“[Mi mayor dificultad fue] acostumbrarme al ritmo. Obviamente entre la facultad y el colegio es mucho más exigente. Creo que eso fue lo que más me costó. Por eso terminé dejando el 1° año.” (Diana, Ingeniería Civil)

Así, uno de los principales obstáculos presente en muchas de las entrevistas es adquirir las competencias necesarias para el desenvolvimiento en la universidad. En muchos casos los estudiantes perciben la necesidad de desarrollar estas capacidades pero encuentran algunas dificultades para hacerlo.

“Dificultades... Lo único que pienso y que sé es que fue el adaptarme y hasta ahora no estoy bien adaptado (...) gracias a que formé amistades pude avanzar, si no calculo que no sé qué hubiese sido de mí. Pero no, no sabía ni cómo era un parcial. Otros chicos conseguían parciales resueltos y yo no sabía de dónde los sacaban.” (Mauricio, Ingeniería Química).

Si bien excede los límites de este artículo, la cuestión sobre la adquisición de estas competencias por parte de los estudiantes universitarios constituye un terreno fértil para pensar la formación universitaria y su articulación con el nivel medio. En muchos de los relatos, esta dificultad aparece vinculada a las condiciones de origen, esto es, la débil formación del secundario o bien ciertas -y naturalizadas- capacidades individuales. Cabe pensar si estas competencias debieran formarse durante la escuela secundaria, si son formadas a lo largo de la vida universitaria, y qué condiciones favorables se pueden dar en las instituciones para su desarrollo. En lo que respecta a este grupo de estudiantes, podría pensarse que son competencias que no pudieron llegar a desarrollarse ya sea por la brecha entre lo que se conoce como las condiciones de origen (formadas en los espacios de socialización previos a la universidad) y las exigencias de la vida universitaria, o bien, aunque vinculado a esto último, cierta relación tensionante con la estructura de funcionamiento universitario.

El seminario de ingreso, cuyo objetivo es sentar las bases para un aprendizaje efectivo en el nivel superior adecuando los conocimientos previos de los estudiantes, aparece para algunos como el primer momento de dificultad marcado por la desaprobación de las materias, mientras que para otros, resulta accesible y cercano a la experiencia del nivel medio; así y todo, los testimonios acuerdan en que no logra prepararlos para los desafíos que deben enfrentar posteriormente, sin por ello evaluar como negativa la experiencia.

“El Seminario para mí es bueno y en comparación con lo que es la educación de la secundaria hay un abismo... Lo que es matemática, el colegio secundario está muy devaluado. Por lo menos en relación a la escuela fue un cambio muy drástico y una vez que entré en la carrera me pasó lo mismo también con Análisis Matemático que sentí que había diferencia pero no fue tan chocante como cuando entré del secundario al Seminario.” (Rubén, Ingeniería Eléctrica)

“Una vez ingresado, cuando empecé a cursar las dos materias [Química y Álgebra], eso sí me mató porque nada que ver lo intensivas que son las materias de la carrera con el ingreso nada que ver. Es mucho más estudio, mucho más intensivo, mucho más difícil.” (Maximiliano, Ingeniería Mecánica)

En relación a los elementos presentes en la estructura de funcionamiento de la Facultad, algunos testimonios plantean que el régimen de cursada anual puede obstaculizar el tránsito por una materia y, sobre todo, la situación de presentarse a examen final. Para Maximiliano, de Ingeniería Mecánica, el régimen de cursada anual también le presenta inconvenientes para la continuidad:

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

“Hacer materias anuales acá en la UTN se hace largo, porque quizás uno tiene un problema en el medio y pierde todo el año, perdés un parcial y perdiste todo el año, estuviste enfermo o tuviste un inconveniente o lo que sea y perdiste todo el año, no te podes volver anotar en la materia.”

Por estos motivos, existen casos de estudiantes que solicitan circunstancialmente el pase a la Regional Buenos Aires, donde la cursada es cuatrimestral, para cursar de esa manera ciertas materias particularmente complejas.

“Yo soy una persona que no estudiaba muy a conciencia, de que me queden los conceptos muy grabados. Los estudio pero como que pasa dos meses y ya como que olvidé todo, entonces muchas veces cuando llego a fin de año y no me acuerdo muchas cosas. En el cuatrimestral es todo más intensivo, más compacto, todo.”
(León, Ingeniería Química)

La cuestión de la falta de tiempo para el estudio también aparece como una problemática frecuente. Muchos de los entrevistados atribuyen su atraso en la carrera a la falta de tiempo originada por la combinación entre trabajo y estudio junto con otras actividades personales.

“Para mí hoy es cuestión de tiempo, necesito tiempo. Me vendría bárbaro que el día tuviera 10 horas más porque no doy a vasto. Estoy todo el día, me quedo estudiando en el trabajo, llego a mi casa, vengo acá, curso, al otro día 5.30 de la mañana de nuevo” (Rubén, Ingeniería Eléctrica).

La idea del “tiempo para el estudio”, si bien tiene una vinculación directa con la combinación de la universidad con otras actividades, sobre todo el trabajo, también está asociada a lo que mencionamos sobre el desarrollo de competencias. En relación a este tema, Ezcurra [7] plantea que el tiempo debe analizarse tanto de manera cuantitativa como cualitativa, esto es, la manera en que los estudiantes utilizan ese tiempo y la percepción que tienen sobre éste. Por ejemplo, para Mariano, estudiante de Ingeniería Eléctrica, la dificultad no radica en el contenido de las materias sino en poder encontrar ese tiempo efectivo para el estudio:

“Cuando estudio solo, de 4 horas estudié 15 minutos por hora entonces siempre aconsejan estar en grupo.” (Pedro, Ingeniería Eléctrica)

Estas cuestiones se ven particularmente materializadas en uno de los temas más recurrentes de las entrevistas como es la dificultad que presentan las materias básicas para los estudiantes. Si bien esto es algo esperable por el propio recorte metodológico de este grupo de alumnos que, a cinco años del ingreso no logran aprobar justamente el ciclo de materias básicas, resulta importante detenerse en la particular dificultad que muestran tres de estas materias (Análisis Matemático I, Física I, y Álgebra y Geometría Analítica) y la implicancia que esto conlleva para la permanencia universitaria.

Los estudiantes encuentran dificultades para sostener la cursada del primer año y deben rápidamente abandonar algunas materias siendo, la mayoría de las veces, algunas de esas tres. La propia representación de la dificultad académica para aprobar estas materias suele aparecer como una experiencia individual en relación a las matemáticas; es decir, dificultades individuales para construir una metodología de estudio, o un problema concreto de falta de tiempo en relación a la dedicación que estas materias requieren. Para la mayoría de estudiantes, la situación presente con las materias del ciclo básico, en especial Análisis Matemático, Física y Álgebra, se debe a cuestiones personales o individuales.

“En Análisis me fue muy mal, porque yo hacía mucho tiempo que no hacía nada de cuentas. Y Álgebra la llevé bien hasta el último ante último examen, que tampoco entendí nada.” (Victoria, Ingeniería Química)

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

En relación a Análisis y Álgebra: “o estudio una o estudio la otra. Me pasa que cuando estudio una se me va la otra al demonio y es como que tengo que ir alternando y se me complica.” (Cristian, Ingeniería Industrial)

“Materias como Análisis Matemático y Álgebra la verdad que le perdés el hilo enseguida porque empezás a cursarla y llega un punto en que te perdés y ya está, no retomas nunca más. Es como que vas a clase, copiás y no entendés nada.” (Facundo, Ingeniería Mecánica)

Es notorio que en el análisis del conjunto de entrevistas, esta situación es recurrente y constituye una dificultad evidente en algún momento de las trayectorias. Se suma además de la necesidad de recursar más de una vez alguna o más de una de estas materias, la dificultad para presentarse al examen final o la desaprobación del mismo en más de una oportunidad, lo que termina significando una traba concreta en el avance de la carrera debido al régimen de correlatividades. Tal es así, que a cinco años del ingreso, muchos de los estudiantes se encuentran recursando alguna de esas materias o adeudando sus finales.

“Me presenté varias veces (a los finales de Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica, y Física I), en algunas 3 veces, en otras 2 pero, bueno, y al final como después dejé se me pasó el tiempo y ahora esas 3 materias son las que estoy recursando.” (Gastón, Ingeniería Electrónica)

Esta situación colabora en la construcción de un imaginario en relación con el ciclo básico como si fuera “filtro” o traba que una vez que se supera, la carrera se destraba, facilita, etc. En muchos casos, esta situación termina por hacer que los estudiantes replanteen su continuidad en la carrera y que revisen su elección “vocacional”. Manifiestan sentirse desanimados y se dan cuenta que al haber pasado cinco años y aún persistir en la cursada de las materias correspondientes a 1° y 2° año, la carrera puede llegar a extenderse a una duración que no era la proyectada inicialmente. Asimismo, al dilatarse la extensión de cursada de esas materias que no ven inmediatamente relacionadas con su especialidad o a lo que imaginaban cuando eligieron la carrera, terminan por perder el sentido inicial. Esta situación es frecuente en los casos en que la elección de la carrera fue débil.

“Me está costando mucho ponerme a estudiar y creo que en ese sentido juega el tema de que no estoy muy seguro si es lo que yo quiero estudiar. Me entran las dudas porque recién estoy en segundo año y ya voy como cuatro años en la Facultad. Estoy viendo la posibilidad de cambiarme a otra carrera, pero por otro lado quiero terminar esta. Muchas veces pensé en dejar, a veces pienso en elegir alguna otra carrera en la que yo me sienta más cómodo. Que me sienta capaz y la pueda realizar en menos tiempo o más rápido.” (Ramón, Ingeniería Industrial)

6. Mecanismos institucionales y trayectorias académicas.

En la UTN-FRA se implementan desde principios de 2000 una serie de estrategias encuadradas en el “Programa Fénix”. El mismo incluye mecanismos de apoyo y acompañamiento a los estudiantes en diferentes tramos de la carrera: el momento de acceso, los primeros años, y quienes están próximos al egreso. En este apartado nos interesa analizar particularmente las estrategias implementadas durante los primeros tramos de la carrera, ya que determinan los mecanismos a los que tienen acceso el grupo de estudiantes entrevistado. En particular, nos focalizamos en los tutores orientadores, las clases de consulta, el “Plan Beta” y la promoción directa.

Los tutores orientadores son ingenieros egresados de la Facultad, cuyo principal objetivo es orientar a los alumnos en el ingreso a la vida universitaria. Reciben una capacitación cuando

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

se incorporan al programa de tutorías, mantienen reuniones periódicas de trabajo y son asistidos por una Licenciada en Psicología [3]. Los tutores, que tienen asignados alumnos ingresantes de la carrera de su misma especialidad, se acercan a las aulas al comenzar el ciclo lectivo para iniciar el contacto. También existe la posibilidad que los alumnos soliciten un tutor de manera voluntaria.

A partir del análisis del relato de los estudiantes observamos que, en primer lugar, algunos estudiantes manifiestan un desconocimiento general sobre la dinámica de funcionamiento del programa de tutorías. Si bien lo conocen y en muchos casos toman contacto con el tutor asignado, no terminan de comprender cuál es su rol. A Guido de Eléctrica, por ejemplo, la idea lo entusiasma, pero cree que no termina de concretarse en la práctica:

“La idea me pareció que está bárbara, seguir al alumno y darle una mano. Me parece que hubo poco seguimiento. No sé cómo tendría que ser, pero si uno está siguiendo un curso y de ese curso a la tutoría fuimos cinco o seis, bueno, a esos que fuimos, [si desaprobábamos] el primer parcial, como nos pidió el teléfono, nosotros teníamos el suyo; de última nos llamaba: “¿qué pasó acá?”. Nosotros tuvimos una entrevista, y otra a fin de año, porque estaba muy ocupado...”

En otros casos, la figura del tutor no resulta una orientación significativa. Algunos lo atribuyen a rasgos particulares del tutor asignado (“capaz que mi tutor no era muy comunicativo”) y para otros el papel del dispositivo no resulta tan claro. Pedro, de Química cree que carece de accesibilidad en el formato en que está planteado: “Asistí pero tenías que salir de la clase para charlar con el tutor y uno quería estar en la clase... No fui más porque no iba nadie, las primeras veces éramos cuatro y ya después no fueron más y yo tampoco”. Otro es el caso de aquellos estudiantes que no conocen el programa de tutorías orientadoras al momento de la entrevista, o bien lo conocen porque se enteran algunos años más tarde, como Mariana de Eléctrica, que al faltar a las clases en que presentaron a los tutores no pudo tomar conocimiento del programa y se enteró más tarde de su existencia. Sin embargo, un grupo menor de los estudiantes entrevistados tiene una valoración positiva del sistema de tutorías orientadoras. En estos casos, el tutor funciona efectivamente como orientador del ingreso a la facultad y también como figura de contención.

“Para el 1° año sirve bastante como para encarar la carrera, el estudio, que no se desmoralicen porque al principio de 1° año encontrarte con la Universidad y es un golpe duro para algunos.” (Ricardo, Ingeniería Civil)

Cabe destacar un rasgo importante que aparece en las entrevistas vinculado con las cualidades personales del tutor para lograr este vínculo. Es muy claro en Mauricio, de Mecánica, que manifiesta haber recibido una gran ayuda por parte del tutor no solo en el primer año sino que durante el 2010 también: “Me ayudó bastante, me guió. Me llamaba a casa si no venía o me preguntaba cómo me iba en los parciales, si necesitaba algo... Creo que al segundo año también me siguió llamando.”

Así, a rasgos generales, las tutorías no constituyen un dispositivo significativo en el ingreso a la vida universitaria para este grupo de estudiantes. Al no tener un formato u objetivo tan claro para los alumnos, sumado a que son voluntarias, el vínculo que se genera entre el estudiante y el tutor puede depender de situaciones más de tipo circunstanciales como la disponibilidad o personalidad del tutor asignado; también debemos resaltar que los estudiantes que están ausentes durante la clase de presentación del programa muchas veces lo desconocen o confirman su existencia un tiempo más tarde.

Otros dispositivos que integran el Programa Fénix son las tutorías académicas, en el marco de las cuales se ofrecen clases de consulta de las diferentes materias, y el Plan Beta, que brinda

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

cursos preparatorios específicos para los exámenes finales. En relación a las clases de consulta todos los entrevistados conocen su existencia y mucho de ellos asisten en algún momento de la trayectoria. A nivel general, la valoración es positiva:

“Me sirvió un montón porque tuve gran déficit en el secundario, me costó entrar; iba a las clases de consulta, podía preguntar todo lo que no había entendido que era la mayoría. Preguntaba por los ejercicios (Ramón, Ingeniería Industrial).

Sin embargo, algunos entrevistados manifiestan que les resulta difícil llegar a la instancia de la clase de consulta con la preparación necesaria para poder despejar dudas (“Siempre tuve en mente las clases de consulta pero no voy porque cuando voy estoy muy atrasado y no da estar tan atrasado”, dice León, de Ingeniería Química), o bien que, por el formato de las mismas, suelen ser muy masivas antes de un examen lo que dificulta también su aprovechamiento. Por otra parte, varios de los estudiantes expresan que si no utilizan este recurso no es porque no lo conozcan o no lo valoren, sino que manifiestan que las clases se desarrollan en horarios en los que les es imposible asistir. Así, no resulta un dispositivo atractivo para quienes combinan el estudio con muchas horas de trabajo u otras actividades.

Con respecto al “Plan Beta”, la mayoría de los estudiantes saben de su existencia y forma de funcionamiento, aunque hay unos pocos que no conocen esta herramienta. De los 58 entrevistados, poco más de veinte lo utiliza para preparar exámenes finales de las materias básicas en las que suelen presentar mayor dificultad. En relación a la valoración del Plan, los casos son disímiles y podrían dividirse a grandes rasgos, en tres. Existe un número de estudiantes que no hace uso del plan ni manifiesta intenciones de hacerlo. De los que sí lo utilizan para preparar la instancia de exámenes finales, un número menor lo abandona o lo cursa hasta el final pero no logra aprobar el examen: “Plan Beta lo había empezado para Física y después lo tuve que dejar porque no me daban los tiempos.” (Victoria, Química). Otros manifiestan que no les resulta un facilitador para poder aprobar el final:

“He preparado planes beta para final y no me sirvió. No sé si era yo que estaba negado, o el profesor, pero la verdad que con el plan beta estuve dos meses estudiando y vine a dar el final y todo lo que había estudiado en el plan beta no servía para nada de lo que estaba en el final.” (Lucas, Ingeniería Química).

Por último, un grupo mayor de entrevistados valora mucho la herramienta y manifiesta haber podido aprobar exámenes finales gracias al Plan. En total, los estudiantes que gracias pudieron aprobar al menos un final son doce y se suman dos más que están transitándolo al momento de la entrevista. Algunos de ellos son casos que pierden la regularidad por no rendir exámenes finales y aprovechan ese tiempo para utilizar esta modalidad. Así, el Plan Beta constituye una buena estrategia para “destrabar finales”:

“El Plan Beta es algo acelerado, aparte era poca gente, podías preguntar, nos corregían, hacíamos modelos de final, eso era lo más importante que yo saqué del Plan. Era como cursar la materia porque en cada clase veíamos un tema y nos iban explicando y a mí me re sirvió eso.” (Facundo, Ingeniería Mecánica).

Del total de estudiantes que utiliza la herramienta, habiendo aprobado o no, la mayoría lo hace para prepararse para el examen final de Física I. También, varios se preparan para Análisis Matemático I y Química. Un número menor lo hace para Álgebra y Geometría Analítica. Por otra parte, la mayoría hace uso del Plan por una sola materia cuyo examen final o contenidos le presentan mayor dificultad mientras que sólo tres de ellos aprueban varias de las materias básicas de esta manera. Es decir, aunque a muchos de ellos les resulta beneficioso para alguna materia en particular, no suelen reincidir en este mecanismo para la aprobación de otros exámenes finales.

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

Otro dato que resulta elocuente es la distribución del uso del plan por carreras. Mientras que entre las especialidades de Industrial, Mecánica, Química y Electrónica es similar el número de estudiantes que preparan por lo menos alguna materia con el Plan, en Eléctrica y Civil encontramos sólo dos alumnos (uno de cada especialidad) que lo utilizaron. En el caso de Eléctrica, al ser una población chica de estudiantes (concentra mucho menos matrícula que las otras especialidades y se logra entrevistar a 4 estudiantes), es difícil pensar algún factor de explicativo (además la proporción no dista tanto de las otras especialidades). Pero en Civil, solo un estudiante de los diez entrevistados utilizó el Plan Beta para preparar el final de Física I. Cabe destacar que Ingeniería Civil es la primera carrera en la que se implementa el régimen de promoción directa para las materias básicas, por lo que surge el interrogante sobre este régimen como factor explicativo ya sea porque los estudiantes promocionen o porque lleguen en mejores condiciones a la instancia del examen final. De hecho, algunos estudiantes manifiestan no necesitar hacer uso del plan dado que pudieron -tal vez después de más de un intento- promocionar las materias que tienen aprobadas hasta el momento.

En relación con esto último y finalmente, otro de los dispositivos implementado en los últimos años es, como dijimos, el Régimen de Promoción Directa. El mismo, además de permitir a los estudiantes aprobar algunas materias sin presentarse a rendir examen final, supone un régimen de cursada más intensivo con más y distintos instrumentos de evaluación durante el año además de la incorporación de un docente de apoyo. Como condición, los estudiantes tienen alcanzar un promedio de siete puntos para ser exceptuados del examen final. La Promoción Directa es implementada en la carrera de Ingeniería Civil en 2004 y en 2011 en Ingeniería Química. Como el grupo de estudiantes entrevistados son ingresantes 2009 y las materias que pueden cursarse con este régimen están en los primeros años de las carreras, solo es posible analizar las experiencias de los estudiantes de Ingeniería Civil y las de aquellos de la especialidad de Química que recursan alguna materia bajo este formato.

No es posible en este caso encontrar con claridad una generalidad respecto de la valoración de este régimen de cursada. Lo que sí puede advertirse como rasgo general es que aún en los casos en que los estudiantes valoran positivamente este formato, no siempre logran promocionar efectivamente. Así, no redunda en una alternativa significativa, de este grupo, para aprobar la materia prescindiendo de la instancia de examen final. Aun así, algunos estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil y Química rescatan positivamente la modalidad de cursada. Juan, de Ingeniería Civil, no logra alcanzar la promoción, pero sí cree que con este tipo de cursada llega mejor preparado a la instancia del examen final:

“La promoción ayuda porque uno en busca de no dar un final se esfuerza más y quizás se termina yendo a final pero sabe más. Una cuestión es aprobar todo con 4 e ir a final y cuando llegás al final no sabés nada y otra cuestión es haber aprobado con 5 o con 6 o un parcial te fue mejor y ya estás más preparado. Te incentiva más. Y una cuestión que veo es que una cosa es aprobar y otra lo que es aprender. En mi caso personal yo apruebo cuando aprendo pero veo quienes no.”

Néstor, de Ingeniería Química, cree que facilita el estudio de la materia ya que “Se fracciona más, hay más parciales, y facilita más el estudio, en vez de dar todo junto; y la intensidad en los trabajos prácticos te ayuda a tener otra relación estudiando.”

También, algunos estudiantes toman la estrategia de seleccionar qué materias cursar bajo este régimen para poder aprobarla sin tener que presentarse al final. Esta selección se hace dado que este tipo de cursada implica para ellos una intensidad que no pueden sostener para muchas materias en simultáneo. Por ejemplo, existen casos en que los estudiantes resignan cursar otras materias y apuestan por la promoción de asignaturas que les presentan mayor dificultad.

Acceso y permanencia universitaria. Percepciones de los estudiantes sobre sus dificultades académicas y las estrategias institucionales.

Sin embargo, esta intensidad de la cursada no siempre es valorada positivamente. En efecto, varios de ellos manifiestan que no es posible sostener un régimen de este tipo si uno combina los estudios con el trabajo. También, para otros, la dificultad de poder alcanzar efectivamente las calificaciones que le permitan promocionar es tan lejana que prefieren directamente hacer una cursada menos intensiva que les permita de cualquier modo regularizar la materia para poder presentarse a la instancia de examen final.

“Yo prefiero el final aprobado, obviamente promoción, pero es casi imposible llegar, tenés que darle y darle, es como si fuese que tenés que dejar de trabajar y dedicarte a la facultad. Yo tengo compañeros con los que ingresé en el 2009 que ya les quedan diez finales por dar, pero los tipos nunca trabajaron. Está perfecto. O sea, recibirte como sea, pero la verdad que a mí no me da dejar de trabajar, porque me tengo que mantener.” (Carlos, Ingeniería Civil)

7. Conclusiones y recomendaciones.

Como describimos al inicio de la ponencia, en las últimas décadas, bajo el contexto de expansión universitaria y las problemáticas evidenciadas de permanencia y egreso, muchas instituciones implementan estrategias específicas con el objetivo de atender a la problemática de permanencia de los estudiantes y la dilación de su egreso. En particular, la UTN despliega diversos mecanismos desde la década de 2000 que apuntan a este objetivo, muchos de ellos a través de estrategias de acompañamiento en el ingreso o en la evaluación. Se trata generalmente de acciones que no involucran transformaciones en la enseñanza en las aulas, o cambios estructurales del funcionamiento universitario; por esta razón Ezcurra [7] las denomina como *innovaciones periféricas*, pues ante la situación de bajo rendimiento académico la óptica causal apunta a los estudiantes. Este enfoque no sólo es predominante en las instituciones educativas, sino también en las políticas públicas. Los programas más corrientes incluyen: acciones dirigidas a los alumnos en base a esquemas de apoyo y orientación (clases de consulta, clases de apoyo, tutorías, charlas por carrera, etc.) que se suman a los cursos regulares y muchas veces no están conectados a la dinámica que se plantea en la cursada. Según la autora, de esta manera se trata de acercar el *alumno real* al *alumno esperado* según las expectativas docentes y los parámetros de evaluación institucionalizados.

Para el caso de los mecanismos y dispositivos llevados adelante en la UTN-FRA, en líneas generales, puede afirmarse que la mayoría de los estudiantes valoran estas herramientas, estrategias y espacios y consideran que la facultad ofrece múltiples oportunidades para sostener y atravesar la cursada de la carrera. Sin embargo, estos dispositivos no terminan resultando herramientas significativas para el avance de este grupo de estudiantes. Si bien muchos de los entrevistados utilizan estos recursos y en la mayoría los valoran positivamente (sumado que hay casos en que estos recursos redundaron en posibilidades concretas como aprobar una materia), a cinco años del ingreso, muchos siguen sin poder aprobar el ciclo de materias básicas. En este sentido, es posible pensar que en el caso de estos estudiantes, el problema sobre la formación de las competencias necesarias para lidiar con las exigencias de la vida universitaria -y de estas materias en particular-, no termina de saldarse a partir de su participación en estas estrategias diseñadas para la permanencia. Por otro lado, al tratarse de, como mencionamos, *innovaciones periféricas* y teniendo en consideración las dificultades académicas de este conjunto de alumnos analizadas en el apartado anterior, puede observarse que en ocasiones, los mismos obstáculos reinciden en algunos de estos espacios.

8. Referencias bibliográficas

- [1] AMBROGGIO, G. (2000). El primer año en la universidad y la permanencia en la carrera *Revista Cuadernos de Educación*, Universidad Nacional de Córdoba, n.1, año 1, p. 133-143.
- [2] AMBROGGIO, G.; SOSA, M.; DAHER, A.; BIBER, G. (2007). El primer año en la universidad: percepciones de los profesores y los estudiantes. *Revista Cuadernos de Educación*, Universidad Nacional de Córdoba, n.5, año 5, p. 83-100.
- [3] BOU, M., DIYARIAN, M.; MENÉNDEZ, S.; GARAVENTA, L.; ARANA, M. (2005). Gestión y retención de matrícula universitaria: alumnos en tutorías en la FRA-UTN Argentina. Ponencia presentada en el *V Colóquio Internacional sobre Gestao Universitária na América do Sul*, Mar del Plata, 8-10 de diciembre.
- [4] BRASLAVSKY, C. (1985). *La Discriminación Educativa en la Argentina*. Buenos Aires: FLACSO.
- [5] CARRERA, J. (2001). *Historia de la Facultad Regional Santa Fe Universidad Tecnológica Nacional. Segunda parte*. Santa Fe, edUTecNe.
- [6] CHIROLEAU, A. (2009). La inclusión en la educación superior como política pública: tres experiencias en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 48, año 5.
- [7] EZCURRA, A. (2011). *Igualdad en la educación superior. Un desafío mundial*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento, IEC-CONADU.
- [8] _____ (2004). Diagnóstico preliminar de las dificultades de los alumnos de primer ingreso a la educación superior. *Perfiles Educativos*, México, n.107, año 27, p. 118-133.
- [9] GARCÍA DE FANELLI, A. (2005). *Acceso, abandono y graduación en la educación superior argentina*. Buenos Aires: SITEAL (UNESCO-IIPE-OE).
- [10] GARCÍA DE FANELLI, A. M. y BALAN, J. (1994). Expansión de la oferta universitaria: nuevas instituciones, nuevos programas. *Documento de trabajo N° 106*. Buenos Aires: CEDES.
- [11] IBARROLA, M. y GALLART, M. (Cords.) (1994): Democracia y productividad. Desafíos de una nueva educación media en América Latina. *Lecturas de Educación y Trabajo N° 2*. Unesco/OREALC.
- [12] JUARROS, M. (2006). ¿Educación superior como derecho o como privilegio?: las políticas de admisión a la universidad en el contexto de los países de la región. *Andamios*, México, n.3, año 5, p. 69-90.
- [13] KROTSCH, P. (2009). *Educación superior y reformas comparadas*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- [14] MARQUIS, C. (1998). Reflexiones sobre los cambios en las universidades argentinas. *Sociológica*, n.13, año 36, p. 293-306.
- [15] MOLLIS, M. (2001). *La universidad argentina en tránsito. Ensayo para jóvenes y no tan jóvenes*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- [16] PANAI, M. (2014). Ser ciudadano universitario y cómo lograrlo. *Perfiles*, Buenos Aires, n. 20, año 9, Laboratorio MIG UTN-FRA. .

- [17] _____ (2013). Abandonar la universidad: ¿decisión premeditada o imprevista?. En Panaia, M. (Coord.). *Abandonar la universidad con o sin título*. Buenos Aires: Miño y Dávila editores – UTN, Regional Avellaneda.
- [18] PORTO, A. y DI GRESIA, L. (2004). Rendimiento de estudiantes universitarios y sus determinantes. *Revista de Economía y Estadística*, n.42, año 1, Cuarta Época, p. 93-113.
- [19] SILVA, E. (2012). *La Universidad Tecnológica Nacional, como modelo de inclusión social*. Buenos Aires: edUTecNe.
- [20] SIMONE, V.; CAMPETELLI, V.; PAGOTTO, A. y WEJCHENBERG, D. (2007). Análisis institucional y estudio de las carreras. Facultad Regional Avellaneda (UTN). *Documento de Trabajo N°1*, Laboratorio MIG, UTN-FRA, mayo.
- [21] SIMONE, V.; IAVORSKI LOSADA, I. y WEJCHENBERG, D. (2012). Formación y procesos de inserción laboral de ingenieros. Comparación entre los graduados de las especialidades de ingeniería de la UTN-FRA. *Documento de Trabajo*, n°6. Laboratorio MIG UTN-FRA, agosto.
- [22] SOMMA, L. e IAVORSKI LOSADA, I. (2015). Trayectorias educativas en el nivel superior: comportamientos, dinámicas y estrategias de estudiantes de ingeniería. En Panaia, M. (Coord.) *Universidades en cambio: ¿generalistas o profesionalizantes?*, Buenos Aires, Miño y Dávila Editores.
- [23] WEJCHENBERG, D. (2014). ¿Cuál es la situación académica actual de los estudiantes que ingresaron en el 2009? *Perfiles*, Buenos Aires, n.21, año 9, Laboratorio MIG UTN-FRA, septiembre.



III CADI
IX CAEDI
2016



Herramientas TIC para la implementación de intervenciones educativas

C. Marcelo Pérez Ibarra, Facultad de Ingeniería, cmperezi@fi.unju.edu.ar

Verónica M. Torres, Facultad de Ingeniería, vtorres@fi.unju.edu.ar

Adelina García, Facultad de Ingeniería, agarcia@fi.unju.edu.ar

Roberto D. Lamas, Facultad de Ingeniería, rdlamas@fi.unju.edu.ar

Resumen— En los últimos tiempos, la educación universitaria mostró cambios notables en el proceso de enseñanza-aprendizaje, incorporando diferentes estrategias y tecnologías a fin de adaptarse a las necesidades particulares de los alumnos de la era digital. Estos cambios, acompañados con políticas universitarias, apuntan a la contención académica de los alumnos actuando sobre los factores que inciden en el abandono de la Universidad. Evidentemente, para incorporar con éxito nuevos enfoques y herramientas al proceso educativo es necesario evaluar e integrar innovaciones educativas y recursos TIC que permitan mejorar el rendimiento de los alumnos y disminuir los índices de desgranamiento y deserción.

En este trabajo se presenta una investigación documental que tiene por objeto identificar, analizar, seleccionar y clasificar herramientas TIC aplicables al ciclo de aprendizaje y compatibles con diferentes metodologías pedagógicas. De modo que el docente pueda definir estrategias para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje al contar con un marco pedagógico sustentado en tecnologías en el que el alumno pueda construir, transmitir y compartir conocimientos, ya sean en una modalidad presencial y/o virtual.

Palabras clave— *educación, TIC, deserción, desgranamiento.*

1. Introducción

Uno de los más importantes retos que hoy afronta la educación universitaria es la formulación de estrategias que disminuyan los altos índices de desgranamiento y deserción presentes en las carreras universitarias. Cuatro son los factores de principal incidencia: individuales, socio-económicos, institucionales y académicos. Los tres primeros están asociados, particularmente, a la intervención institucional, mientras que el factor académico se encuentra estrechamente vinculado al proceso de enseñanza aprendizaje, que tiene como protagonistas a docentes y estudiantes. Es en este proceso que el docente será responsable de encontrar diversas alternativas para la contención de los alumnos, innovando en su enseñanza a través de las herramientas a su alcance. Actualmente, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación permiten implementar diferentes estilos de aprendizaje que además de enriquecer las clases del docente, tienen por objeto mejorar el rendimiento de los alumnos y consecuentemente contribuir a la disminución de los índices de desgranamiento y deserción. En palabras de García, Portillo, Romo y Benito:

“La formación universitaria se ha ido adaptando siempre a las demandas que van surgiendo desde la sociedad y al mismo tiempo se ha convertido en uno de sus motores

de cambio. Sin embargo, la era digital ha creado una auténtica ruptura ante la demanda de nuevos roles, estructuras y tendencias. La introducción de nuevas formas de comunicación y tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje ofrece numerosas e innovadoras posibilidades para incrementar la calidad de la docencia y acercar los procesos de aprendizaje a las características de los estudiantes” [1].

La incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación universitaria es visible, intentando responder a la necesidad de un mundo globalizado donde el avance de las telecomunicaciones, el flujo de información y el uso de tecnologías pasa a convertirse en una poderosa herramienta dentro del proceso educativo. Esto transforma el contexto formativo a través de la integración y/o adaptación de herramientas tecnológicas que apoyada en metodologías pedagógicas acordes a las características de un alumno nativo digital.

El docente universitario, consciente que las herramientas por sí solas no contribuyen significativamente al proceso educativo, debe contar con una adecuada formulación de metodologías que le permita incorporar exitosamente las TIC al proceso educativo. Así lo expresan Ramírez y Jerónimo:

“La enseñanza actual requiere la incorporación de metodologías y medios que se correspondan con el uso y desarrollo de TIC, por ello, se precisa revisar los contenidos que se requieren, propiciar aprendizajes significativos, establecer relaciones esenciales y generales entre los objetivos, contenidos, métodos, evaluación y definir los mapas conceptuales. Sólo así, el alumno, estará en capacidad de hacerse consciente de la habilidad que se le está formando y de utilizar la posibilidad que tiene de dar una fundamentación a su acción en la resolución de cualquier problema” [2].

El docente debe ser capaz de evaluar las distintas metodologías e incorporar las más apropiadas a su enseñanza, valiéndose de todos los recursos disponibles para enriquecer el proceso educativo. Para ello, es necesario que el docente tenga conocimiento no sólo de las herramientas tecnológicas existentes sino también de cómo pueden adaptarse al ámbito de la educación.

En este trabajo se presenta una investigación documental que resume diferentes puntos de vista acerca de las estructuras formativas que el docente puede considerar al momento de adoptar estrategias pedagógicas. Por tanto, el trabajo se enfoca en la clasificación de herramientas TIC aplicables al proceso educativo que permitan al docente definir estrategias para fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje con un marco pedagógico sustentado en tecnologías.

2. Materiales y Métodos

El presente trabajo se sustenta en una investigación documental, apoyada en una revisión bibliográfica. Como se señala en: “la investigación documental es el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos: la originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualización, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y en general, el pensamiento del autor” [3].

En esta modalidad de investigación, puede divisarse una variada organización de materiales, dependiendo de los temas, propósitos del trabajo, metodologías utilizadas por los autores y características del entorno en el que se desempeñan.

En cuanto al material bibliográfico se consultaron tanto fuentes impresas como digitales (libros, tesinas, publicaciones en revistas y/o congresos, portales educativos y comerciales) que pudieran ofrecer información pertinente al objeto de estudio de este trabajo de investigación.

Finalmente, con la información recopilada se realizó un análisis crítico, que de acuerdo a Montero [4] es “una herramienta metodológica mediante la cual se puede obtener una apreciación valorativa del contenido de un texto, con el fin de generar un aporte significativo en relación a un problema de investigación”.

3. Enfoques Educativos

Los enfoques educativos tradicionales, centrados en el docente, se basan en la transmisión unidireccional de conocimientos. Los roles del docente y el alumno están definidos de tal forma que el docente es quién dicta cómo se lleva a cabo el proceso educativo y el alumno sólo tiene una intervención pasiva, como simple receptor y repetidor de conocimiento.

En tanto, los enfoques educativos modernos desplazan el foco de atención hacia el alumno, convirtiéndolo en el principal actor del proceso de aprendizaje. En este nuevo marco, el rol del docente cambia significativamente al transformarse en guía, orientador, consultor, motivador del entusiasmo y curiosidad intelectual del alumno, investigador e innovador de la práctica docente y diseñador y gestor de actividades pedagógicas y entornos de aprendizaje [1].

En paralelo, el rápido y continuo desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación propagó el uso de las redes de comunicaciones y todo tipo de dispositivos móviles (*notebooks, netbooks, tablets*, celulares inteligentes, etc.). El acceso instantáneo a la información y la comunicación global crearon un nuevo escenario para el proceso educativo. Las TIC en el aula, marcaron un cambio radical en las formas de interacción entre docentes y alumnos, proporcionando un espacio sin limitaciones temporales o espaciales para desarrollar el aprendizaje [5].

En la Tabla 1 se resumen las características principales de los enfoques presentados, considerando además que pueden ser mediados por TIC.

Tabla 1. Comparativa entre el enfoque educativo tradicional y el enfoque moderno, mediados por TIC.

Entorno	Enfoque Clásico	Enfoque Moderno
Conocimiento y aprendizaje	Estructurado, controlado	Adaptable, dinámico
Teoría de aprendizaje	Conductivismo, cognitivismo	Constructivismo social, colectivismo
Comunicación	Uno a muchos	Muchos a muchos
Pedagogía	Aprendizaje lineal Enseñanza memorística Centrado en el profesor/contenido Gestionado por el profesor Profesor transmisor Organizado en clases y asignaturas Competición e individualismo	Nuevos ambientes Construcción social del conocimiento Centrado en el desarrollo del alumno Gestionado por el alumno Profesor mediador Basado en actividades y experiencias Participación y colaboración

Entorno	Enfoque Clásico	Enfoque Moderno
Tecnología (online)	Blackboard, WebCT, Moodle, LAMS, etc.	Flickr, elgg, del.icio.us, p2p, etc.

Fuente: Nativos digitales y modelos de aprendizaje. Felipe García, Javier Portillo, Jesús Romo y Manuel Benito. Universidad de País Vasco.

La inserción de las TIC en el ámbito educativo impulsa a los participantes del proceso de enseñanza-aprendizaje a capacitarse y actualizarse para aprovechar las potencialidades de las herramientas que la tecnología provee, sin embargo, el mero uso de éstas no es suficiente, se requiere de un marco pedagógico que guíe a un proceso exitoso.

En los siguientes apartados se plantea una propuesta para la categorización de herramientas que pueden utilizarse en el proceso educativo.

4. Clasificación

4.1 Criterios de clasificación

La clasificación de herramientas propuesta en este trabajo se basa en dos criterios básicos:

- dimensiones del entorno pedagógico
- funcionalidad o característica propia de la herramienta

El primer criterio alude a las componentes generales presentes en el proceso educativo. En la literatura, diferentes autores proponen clasificaciones para las TIC según las dimensiones en la que puede ser aplicada una herramienta específica.

El segundo criterio, también basado en varios autores, se refiere a las capacidades que tiene una herramienta para la realización de tareas específicas.

A partir de estos criterios se define una clasificación general que contempla 4 categorías. Estas categorías refieren a las etapas genéricas contempladas en el ciclo de aprendizaje:

1. Selección, creación, difusión y accesibilidad del material de estudio: en esta categoría se enmarcan las herramientas que permiten buscar, descargar, organizar, publicar o proporcionar acceso a recursos pedagógicos.
2. Actividades: esta categoría incluye todas las herramientas que permiten el desarrollo de actividades en línea, la generación de documentos o archivos multimedia, la realización de tareas individuales y colaborativas, la calendarización de tareas, etc.
3. Comunicación: la categoría engloba a los recursos que permiten la comunicación sincrónica o asincrónica entre los participantes del proceso educativo.
4. Seguimiento y/o Evaluación: en esta categoría se encuentran las herramientas utilizadas para monitorear la evolución del alumno (cumplimiento de actividades, participación, acceso y utilización a recursos, autoevaluación, etc.) tanto de parte del docente como del propio alumno.

Estas categorías pretenden establecer, sin ser excluyentes, en qué momento del proceso educativo una herramienta puede resultar aplicable.

A continuación se resumen las clasificaciones (basadas en dimensiones y funcionalidad) que se tomaron como base para la formulación de las 4 categorías aquí propuestas.

4.2 Clasificación basada en dimensiones del entorno pedagógico

En la literatura pueden encontrarse diversas clasificaciones, basadas en las dimensiones del entorno pedagógico, para las herramientas TIC usadas en educación. La Tabla 2 resume algunos de los enfoques de clasificación más utilizados, y muestra la correspondencia con las 4 categorías de clasificación propuestas en este trabajo.

Tabla 2. Clasificaciones, basadas en dimensiones del entorno pedagógico, enmarcadas en las 4 categorías propuestas para la clasificación de herramientas TIC.

Fuente	Selección, creación, difusión y acceso al material de estudio	Actividades	Comunicación	Seguimiento y/o Evaluación
Salinas [6]	Medios didácticos Entorno organizativo	Flexibilidad	Comunicación mediada por computadora	Aprendizaje y tutoría
García y otros [1]	1. Búsqueda de información en la web 4. Selección y clasificación de material teórico	3. Trabajo individual 5. Producción de nuevos materiales 6. Simulación práctica 9. Difusión de los resultados	2. Diálogo, análisis y reflexión compartida en clase	7. Exposición de materiales para valoración grupal 8. Evaluación
Barberá [7]	Planificación Consulta		Comunicación	Seguimiento
Area y Adell [8]	Dimensión informativa	Dimensión práxica.	Dimensión comunicativa	Dimensión tutorial y evaluativa.
Castellano [9]	Dimensión 1 Teórica, Conceptual e Histórica Dimensión 2 Instrumental o Práctica	Dimensión 3 Funcional: <ul style="list-style-type: none"> Formación (aprender y enseñar) Información (informarse e investigar) Producción (producción resultados) 	Dimensión 3 Funcional: <ul style="list-style-type: none"> Comunicación (interactuar con otros) 	Dimensión 4 Social, Ética y Humana

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Clasificación basada en funcionalidad o característica de las herramientas

Una forma muy común de clasificar las herramientas TIC utilizadas en educación es considerando la funcionalidad que éstas proveen. La Tabla 3 presenta, tomando el criterio funcional, las clasificaciones propuestas por varios autores, y su correspondencia con las 4 categorías generales planteadas en este trabajo.

Tabla 3. Clasificaciones, basadas en funcionalidad de las herramientas, enmarcadas en las 4 categorías propuestas para la clasificación de herramientas TIC.

Fuente	Selección, Creación, Difusión y acceso al material de estudio	Actividades	Comunicación	Seguimiento y/o Evaluación
Coll y otros [10]		1. Instrumento de mediación entre alumnos y el contenido o tarea de aprendizaje 4. Instrumento de configuración de entornos de aprendizaje y espacios de trabajo para profesores y alumnos	2. Instrumento de representación y comunicación de significados de los contenidos o tareas de enseñanza y aprendizaje para el profesor y/o los alumnos	3. Instrumento de seguimiento, regulación y control de la actividad conjunta de profesor y alumnos sobre los contenidos o tareas de enseñanza y aprendizaje:
De Benito Crosetti [11]	Acceso a la información y contenidos de aprendizaje.	Trabajo colaborativo.	Comunicación interpersonal. Interacción.	Seguimiento del progreso del estudiante. Creación de ejercicios de evaluación y autoevaluación. Gestión y administración de los alumnos.
Montero y Herrero [12]	Herramientas de almacenamiento	Herramientas para la creación de materiales educativos y cursos	Herramientas de comunicación	Herramientas de distribución y gestión de cursos y estudiantes.
Salinas Núñez y Robayo Jácome [13]	Flexibilidad Modularidad Accesibilidad	Multimedia Adaptabilidad y reusabilidad Interoperabilidad Portabilidad	Interactividad	
De Haro [14]	Herramientas para generar contenidos. Recuperación de la información	Generación y publicación de contenidos		
Cacheiro González [15]	Recursos de información	Los recursos TIC para el aprendizaje Recursos TIC de colaboración		

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, tanto en la Tabla 3 como en la Tabla 4, los distintos criterios de clasificación pueden mapearse con las categorías planteadas para una clasificación general de herramientas TIC útiles al proceso educativo.

5. Herramientas TIC aplicables al proceso Educativo

En este apartado se presentan, clasificadas en las 4 categorías propuestas, herramientas TIC que pueden utilizarse para dar soporte al desarrollo de un proceso educativo. Esta clasificación incluye tanto herramientas que fueron diseñadas con propósitos educativos como tecnologías genéricas cuya funcionalidad permite la implementación de actividades en entornos virtuales. Esta clasificación no es exhaustiva, considerando la gran variedad de herramientas disponibles, pero incluye los recursos más utilizados o de reciente publicación y de libre distribución.

Las Tablas 4, 5, 6 y 7 presentan las herramientas clasificadas de acuerdo a las categorías definidas. En particular, en la primera categoría se discriminó las herramientas por: Búsqueda, Organización y Herramientas para gestionar y compartir archivos.

Tabla 4. Herramientas TIC correspondientes a la categoría Selección, Creación, Difusión y Disponibilidad del material de estudio.

Selección, Creación, Difusión y Disponibilidad del material de estudio	
Búsqueda	
<ul style="list-style-type: none"> Academia.edu: comunidad de académicos que permite un fácil contacto entre pares gracias a sus opciones para destacar intereses, áreas de interés y localizaciones. También permite encontrar y compartir papers. Link: https://www.academia.edu/ Addictomatic: Se trata de un buscador que permite al usuario acceder a todo lo que se ha publicado en internet sobre un tema en particular. Link: http://addictomatic.com/ Biblioteca Digital de Colombia: recurso ofrecido por la Biblioteca Nacional de Colombia, desde donde es posible encontrar una gran cantidad de recursos. Link: http://www.bibliotecanacional.gov.co/content/biblioteca-digital Cloud Magic: buscador simultáneo de información en gmail, twitter, facebook, evernote, etc. Link: https://cloumagic.com/ Dominio Público: Este sitio web se encarga de difundir obras de dominio público, su catálogo cuenta principalmente con obras en idioma español. Link: http://www.dominiopublico.es/ Genmagic: recursos y herramientas según cada necesidad. Link: http://genmagic.ning.com/ GitHub: es una herramienta para alojar proyectos de software, libros de temáticas relacionadas con el desarrollo de software. Link: https://goo.gl/4VCnxd Google Books: permite tener una vista previa de millones de libros que han sido adicionados a su catálogo. Link: https://books.google.es/?hl=es Issuu: permite buscar publicaciones, crear revistas y difundir online. Link: https://issuu.com/ Open Libra: Se trata de un sitio donde se puede encontrar manuales, libros y revistas en más de 30 categorías. Link: https://openlibra.com/es/collection Repositorio de las Naciones Unidas: Este repositorio es creado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Link: http://repositorio.cepal.org/ Scoop.it y Paper.li: curación de contenidos web. Link: http://www.scoop.it/ y http://paper.li/ TED: conferencias en video de expertos sobre todo tipo de temas. Link: http://www.ted.com/ The Primary Box: navega, colecciona, organiza y comparte recursos. Link: www.theprimarybox.org/ Tube Box: descargar videos de YouTube, Vimeo, DailyMotion. Link: http://es.tubebbox.org/ Wikisource: este portal ofrece el contenido de textos que se encuentran bajo dominio público o que han sido publicados bajo una licencia que permita su libre distribución. Link: //es.wikisource.org YouTube para escuelas: restringe la búsqueda de videos académicos dentro de los contenidos de youtube. Link: http://goo.gl/QU7tGx 	
Organización	
<ul style="list-style-type: none"> Buffer: permite planificar el contenido desde diferentes plataformas para publicar paulatinamente. Link: https://buffer.com/ Clipzine: permite recopilar, crear y organizar todo tipo de contenidos, compartirlos y reutilizarlos. Link: http://www.clipzine.me/ Curata: Es una herramienta que permite conservar los contenidos más relevantes y de mejor calidad 	

<p>para guardarlos y tenerlos disponible. Link: http://www.curata.com/</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evernote: Se trata de un app que puede utilizarse como agenda en el móvil o en la computadora, Sirve para recopilar contenido. Link: https://evernote.com ▪ Everpost: Es una herramienta de curación, que proporciona contenido sugerido en base a intereses y compartir información con los usuarios, en función de criterios y filtros. Link: http://everpost.co/ ▪ Feedly: Es una app web y móvil que permite leer contenido de blogs y webs. Permite organizar el contenido. Link: http://feedly.com/i/discover ▪ Flipboard: es gestor de redes sociales, ya que ofrece de un simple un vistazo, el acceso a toda la información que resulte interesante. Link: https://flipboard.com/ ▪ Nimble: gestiona los contactos de redes sociales, gestiona todas las conversaciones de Twitter, Facebook, LinkedIn y el email, etc. Link: http://www.nimble.com/ ▪ Pearltrees: Es una herramienta de curación de contenidos visual, que permite a los usuarios recopilar, organizar y compartir cualquier URL, subir fotos personales y notas de productos. Link: http://www.pearltrees.com/ ▪ Pocket: Es un lector de noticias, permite recopilar artículos y leerlos posteriormente. Es capaz de guardar vídeos, imágenes, mensajes en Twitter y cualquier página web. Link: https://getpocket.com/ ▪ Postplanner: permite filtrar el contenido publicados en Facebook. Encuentra y comparte contenido que destaca por la calidad. Link: https://www.postplanner.com ▪ Scoop it: Es perfecta para seleccionar el contenido a guardar, y compartir. De manera automática, permite crear una página, donde recopilar esos contenidos relacionados con un tema determinado. Link: http://www.scoop.it/ ▪ Sprout Social: ofrece un historial de conversaciones, bandeja de entrada de mensajes personalizable, estadísticas de notoriedad y comparación con otros usuarios. Link: http://sproutsocial.com/ ▪ Storyfy: almacena las búsquedas diarias en la web, creando una historia en una misma línea de tiempo. Link: https://storify.com/ ▪ Stumbleupon: esta aplicación que integra red social y bookmarks de páginas de interés, permite escoger entre una gran cantidad de temas, y preferencias, y automáticamente, una vez seleccionadas, te muestra páginas relevantes con alguna preferencia. Link: www.stumbleupon.com/ ▪ Viralheat: Esta herramienta de gestión de redes sociales, ofrece un servicio “all-in-one” con el cual puedes: Gestionar las cuentas, publicar y fidelizar a tu usuario. Link: www.viralheat.com/
<p>Herramientas para gestionar y compartir archivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CiteULike: permite organizar y compartir material. Link: http://www.citeulike.org/ ▪ Dropbox: permite guardar todo tipo de archivos. Se pueden crear carpetas compartidas con otros usuarios y conectarse desde distintos dispositivos mediante apps. Link: https://www.dropbox.com/ ▪ FruitNotes: permite organizar y compartir documentos, integrado con teléfonos móviles. Link: http://www.fruitnotes.com/ ▪ Google Drive. almacenamiento en la nube de 15 Gb, para guardar y compartir todo tipo de documentos y carpetas. Disponible como aplicación para móviles. Link: www.google.com/Drive ▪ Issuu: es una herramienta tecnológica que permite visualizar documentos de forma electrónica, subiendo un archivo PDF, se observa como un libro digital o revista, se publica en línea y permite su descarga. Existe la modalidad gratuita y de pago. Link: http://issuu.com/ ▪ Jumpshare: permite visualizar y compartir documentos. Link: https://jumpshare.com/ ▪ Scribd: permite compartir, distribuir o publicar documentos en varios formatos. Estos archivos pueden ser guardados de forma privada o pública y descargados. Link: www.educaplay.com ▪ Slideshare: permite publicar y compartir diapositivas o presentaciones con el público en general. Link: es.slideshare.net/about/logos ▪ Sway: hace que sea rápido y fácil crear y compartir, informes interactivos, presentaciones, historias personales, y más. Link: https://sway.com/ ▪ WeTransfer: permite de enviar documentos, especialmente de gran tamaño (hasta 2 Gb), a cualquier usuario a través de un enlace por email. Los archivos no se almacenan, solo se conservan durante unos días y después se borran. Link: https://www.wetransfer.com/ ▪ Wridea: permite organizar las ideas en mapas mentales y compartirlos. Link: http://wridea.com/ ▪ Youblisher: permite convertir revistas, libros, catálogos, informes comerciales, presentaciones y todos los otros documentos PDF en publicaciones. Link: http://www.youblisher.com/

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Herramientas TIC correspondientes a la categoría Actividades.

Actividades
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adobe Premiere Clip: es una herramienta de videos gratis para Android y iOS que permite unir videos de manera automática o brindando más herramientas de edición. Link: http://goo.gl/LxDqCO ▪ Animoto: permite crear videos online a partir de material multimedia. Link: https://animoto.com/ ▪ Atenex: instrumento de creación de contenidos educativos digitales través del “Constructor Atenex”, descargables que pueden usarse conjuntamente por diferentes usuarios. Link: http://goo.gl/J8tXFc ▪ CamStudio: es una herramienta utilizada en tutoriales que explican cómo manejar programas de ordenador, o cosas similares. Link: http://camstudio.org/ ▪ Canvas: gestiona cursos totalmente online (sin instalación). Link: https://www.instructure.com/ ▪ CaptureFox (Firefox add-on): es un complemento y una herramienta muy útil para Firefox para crear tutoriales sobre un software, un sitio web o cualquier cosa que se puede visualizar en su computadora. Link: http://www.capturefox.com/ ▪ Cluster: entre las funciones más destacadas está la creación de álbumes colaborativos, que permite a varios usuarios trabajar en una misma galería. Link: https://cluster.co/ ▪ CmapTools: software para construir mapas conceptuales. Creación de actividades interactivas con JClic. Elaboración de mapas mentales con Free Mind. Link: http://cmap.ihmc.us/ ▪ Coda: es una aplicación para usuarios de dispositivos móviles iOS trabaja desarrollando textos en equipo. Los textos pueden compartirse a través de Twitter. Link: www.apple.com/itunes/download/ ▪ CollabraCam: esta plataforma permite crear y editar videos en tiempo real utilizando capturas de diferentes dispositivos móviles. Link: http://collabracam.com/ ▪ CollegeRuled: permite crear y compartir tareas en grupo y enviarlas, en caso necesario, a Facebook. Link: www.collegeruled.com ▪ Cuadernia: permite crear cuadernos digitales multimedia. Link http://cuadernia.educa.jccm.es/ ▪ Davinci Nota: permite crear y compartir notas originales de manera fácil. Link: https://goo.gl/xUrIZt ▪ eAdventure: esta plataforma aspira a facilitar la integración de juegos educativos y simulaciones basadas en juegos en procesos educativos en general y entornos virtuales de aprendizaje en particular. Link: http://e-adventure.e-ucm.es/ ▪ Easel: permite crear pizarras virtuales para expresar ideas visuales, diagramas y trabajos colectivos: Link: http://www.easel.ly/ ▪ Ed Canvas: permite crear y compartir lecciones online. Link: www.tes.com/lessons?redirect-bs=1 ▪ Edilim: Es un software gratuito para crear material educativo (imágenes, sonido mp3, texto, video) y publicar con formato html o flash en un entorno virtual de aprendizaje. Link: www.educalim.com ▪ EDU 20: permite la gestión del aula de forma virtual. Link: https://www.neolms.com/ ▪ Edu Gloster: permite crear diagramas, carteles y pizarras virtuales. Link: http://edu.glogster.com/ ▪ Edublogs: plataforma de creación de blogs sobre educación. Link: http://edublogs.org/ ▪ Educaplay: permite crear y compartir actividades interactivas. Link: http://www.educaplay.com/ ▪ Emaze: es un sitio para hacer presentaciones en línea, con animaciones y efectos. Permite añadir comandos de voz para controlar la presentación mientras se habla. Link: https://www.emaze.com/ ▪ Ezu: permite realizar presentaciones online. Link https://www.flickr.com ▪ Flipsnack: permite crear libros virtuales con trabajos de alumnos. Link: http://www.flipsnack.com/ ▪ Flowdock: Esta aplicación permite organizar a un equipo de trabajo y permite intercambiar archivos, entre documentos de texto e imágenes. Link: https://www.flowdock.com/features ▪ Glogster: este recurso online admite la inclusión de texto, imágenes, gráficos, video y audio. Los alumnos pueden crear, guardar y compartir sus murales. Link: http://edu.glogster.com/ ▪ Google Apps for Education: entorno colaborativo enfocado especialmente al ámbito de la educación, en el que se incluyen diversas herramientas de Google que permiten trabajar en línea: Gmail, Google Drive, Google Calendar, Docs o Sites. Link: https://goo.gl/MFAFyL ▪ Google Calendar: calendario online permite establecer tareas y fechas, citas, alarmas y recordatorios y, además, puede compartirse entre varios usuarios que añaden eventos comunes. Link: https://calendar.google.com/ ▪ Google Docs: Este servicio permite crear presentaciones colaborativas. El usuario puede visualizar exactamente qué están trabajando sus compañeros, pues sus acciones serán marcadas con un color. Además, posee un historial de los cambios. Link: https://drive.google.com/ ▪ Hightrack: Gestor de tareas online y descargable para organizar el trabajo, gestionar una agenda de tareas personal y establecer plazos de entrega o cumplimiento. Link: http://hightrack.me/

Actividades
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infogr.am crear infografías interactivas. Link: https://infogr.am/ ▪ Instapaper: permite almacenar webs a través de la barra de favoritos del navegador (funciona también para los navegadores de iPhone, de iPad y de Android). Link: https://www.instapaper.com/ ▪ Jing: permite capturar al instante imágenes y grabación de video en su computadora. Link: https://www.techsmith.com/jing-features.html ▪ Join.me: permite compartir pantalla y trabajar en equipo. Link: https://www.join.me/es ▪ KineMaster: es una aplicación de edición de videos que brinda a los usuarios una variada serie de herramientas de edición en móviles. Link: http://kinemaster.com/kinemaster/main/en/ ▪ Krut. Link: permite realizar capturas de pantallas http://krut.sourceforge.net/ ▪ Lino: esta aplicación online que permite pegar post-it digitales, imágenes, y videos de YouTube y Vimeo: es un tablón digital que se puede guardar y compartir. Link: http://en.linoit.com/ ▪ Loopster: permite editar videos online. Link: http://www.loopster.com/homepage ▪ Lulu: puede crear y editar libros virtuales. Link: https://www.lulu.com/ ▪ Lumify: permite crear y realizar edición de videos. Link https://www.lumify.philips.com/web/ ▪ Magisto: es un editor de videos para Android y iOS ideal para usuarios que recién se inician en el mundo de la edición. Link: https://www.magisto.com/ ▪ MeetWithApproval: crea grupos de estudio con tareas registradas. Link: www.meetwithapproval.com ▪ Mention: esta herramienta realiza un monitoreo en redes sociales ofrece a los usuarios un sistema de alertas en tiempo real cuando una palabra o frase específica es mencionada en la web o en redes sociales. Link: https://mention.com/en/ ▪ Mindmeister: aplicación para elaborar mapas mentales en línea y de forma colaborativa. Permite insertar multimedia, gestionar y asignar tareas y convertirlos en una presentación o en un documento imprimible. Link: https://www.mindmeister.com/es ▪ Moodle: plataforma para crear cursos online con herramientas interactivas y una amplia comunidad. Link https://moodle.org/ ▪ Mural.ly: esta herramienta online permite elaborar y compartir murales digitales capaces de integrar todo tipo de contenidos multimedia: texto, presentaciones, videos, imágenes, enlaces. Permite el trabajo colaborativo en red. Link: https://mural.co/ ▪ Office365: El entorno colaborativo de Microsoft proporciona un espacio para la creación de minisites, grupos de trabajo, almacenaje en la nube, chat o edición online de documentos, entre otras herramientas útiles para trabajar de forma colaborativa. Link: https://goo.gl/Ai7fdv ▪ Padlet: ofrece al usuario una especie de “corcho” virtual al que puede arrastrar multitud de archivos. Está disponible en español. Link https://es.padlet.com ▪ PBworks: permite crear una base de datos de conocimiento entre varios estudiantes. Link: http://www.pbworks.com/education.html ▪ PhotoPeach: puedes crear una presentación de diapositivas muy buena en segundos para compartir con amigos o familiares. También tiene música de fondo, títulos y comentarios para que puedas elaborar tu historia más fácil. Link: http://photopeach.com/ ▪ Picmonkey: permite crear y editar imágenes o collages online. Link: https://www.picmonkey.com/ ▪ Pinterest: organiza categóricamente todo tipo de material gráfico en pequeños grupos y compartirlos vía redes sociales o simplemente mantenerlos de forma privada. Link: https://www.pinterest.com/ ▪ Planboard: planifica eficazmente lecciones pedagógicas. Link: https://www.planboardapp.com/ ▪ Popplet: disponible en la web y para iPad, ayuda a pensar y organizar las ideas de una manera visual. Ofrece múltiples opciones de personalización, así como la posibilidad de añadir fotos, videos o dibujos de tu ordenador o de la Red. Link https://popplet.com/ ▪ PowerDirector: es un editor de videos. La aplicación brinda a los usuarios una interfaz de línea de tiempo donde puedes arrastrar y soltar fotos, videos. Brinda efectos especiales. Link: //goo.gl/Pqrus4 ▪ PowToon: crea vídeos animados divertidos, con caricaturas, sonidos y música de fondo. Tus presentaciones en vídeo puedes exportarlas a YouTube. Link: https://www.powtoon.com ▪ Prezi: es uno de los programas para crear presentaciones más populares que existen como alternativas a Power Point. Cuenta con aplicaciones para Windows, Mac, iPad y iPhone, y también puedes usarlo desde la web sin necesidad de instalar nada. Link: www.prezi.com ▪ Record MP3: graba y comparti audio en mp3. Link: http://ww1.recordmp3.org/ ▪ Remember the Milk: es un sistema de listas de tareas que es usado para el mundo académico y profesional. Link: https://www.rememberthemilk.com/

Actividades

- Socrative: contiene ejercicios y juegos para interactuar con los dispositivos de los alumnos. Link: <http://www.socrative.com/>
- Stormboard: herramienta online para hacer lluvias de ideas e intercambiar opiniones sobre un tablero virtual. La versión gratuita permite trabajar con grupos de hasta cinco usuarios. Link: <https://www.stormboard.com/>
- Symbaloo: tablero virtual para compartir enlaces o recursos web interesantes, perfecto para recopilar fuentes o documentación. Link: <https://www.symbaloo.com/>
- Teachem: gestiona un aula virtual y recursos. Link: <http://www.teachem.com/>
- Think Link: crea imágenes y videos con acceso directo a enlaces. Link: <https://www.thinklink.com/>
- Time Glider: crea líneas de tiempo, planificaciones. Link: <http://timeglider.com/>
- Toodledo: sencillo de usar para gestionar tareas entre grupos. Link: <http://www.toodledo.com/>
- Trello: organizador de tareas a realizar. Link: <https://trello.com/>
- Tumblr: plataforma de microblogging centrada sobre todo en la imagen, aunque permite también incluir textos, videos, enlaces o audios. Link: <https://www.tumblr.com/>
- UltraVNC Screen Recorder: software que permite la creación de tutoriales. Link: <http://www.uvnc.com/downloads/screenrecorder.html>
- uTIPu TipCam: captura pantalla y las comparte. Link: <http://tipcam.uptodown.com/windows>
- Vid: Es una aplicación que permite a la comunidad importar videos desde Vine y colaborar con otros usuarios en bucles personalizados. Link: <http://www.apple.com/itunes/download/>
- VideoScribe: crea vídeos con animaciones al estilo de una pizarra blanca, permite crear una videopresentación con diferentes recursos multimedia. Link: <http://www.videoscribe.co/>
- Voice Thread: graba y comparte presentaciones con comentarios, audio y video. Link: <http://voicethread.com/>
- Voky: es una herramienta tecnológica que permite realizar una presentación a través de un personaje animado, pasando el texto a voz y reproducirlo, permitiendo al docente dinamizar su exposición. Link <http://www.voki.com>
- Voxopop: es una herramienta que permite hacer grabaciones de voz sin límite de tiempo. Mediante una cuenta de correo se puede salvar las conversaciones. Link: <http://www.voxopop.com/>
- Webinaria: es un software de captura de vídeo para grabar todo lo que sucede en la pantalla de la computadora. Link: <http://goo.gl/uCO4NL>
- WebQuest: es una herramienta que forma parte de un proceso de aprendizaje guiado, con recursos principalmente procedentes de Internet. Link: <http://webquest.org/>
- WeVideo: es una aplicación de edición para Android y iOS que permite que los usuarios unir videos y fotos en un solo clip. Link: <https://www.wevideo.com/>
- Wiggio: trabajos en grupo con listas de tareas, calendarios, encuestas, perfiles y varias funciones de interacción. Link: <https://wiggio.com/>
- Wikia: sitio web que permite al usuario crear de forma sencilla su propio wiki e incorporar contenido de forma individual y colaborativa. Link: <http://es.wikia.com/Wikia>
- Wikispaces: crea un wiki y permitir generar contenido entre todos los estudiantes. Link: <http://www.wikispaces.com/>
- Wink: es un software de creación y presentación tutorial, dirigida principalmente a la creación de tutoriales sobre cómo utilizar el software. Link: <http://www.debugmode.com/wink/>
- Wix: es la plataforma de creación de páginas web. Link: <http://www.wix.com/>
- Wixie: es una plataforma de publicación y de creatividad en línea que permite a los estudiantes compartir lo que saben a través de su escritura, su voz e imaginación. Link: <http://www.wixie.com/>
- WorkFlowy: herramienta en línea con la que se puede establecer un flujo de trabajo colaborativo con tareas jerarquizadas de forma muy visual. Los usuarios o invitados a la lista pueden aportar y modificar el flujo según se cumplan objetivos. Link: <https://workflowy.com/>
- WriterDuet: es una plataforma que permite redactar en simultáneo, se apoya en servicios de video chat y mensajería. Link: <https://readthrough.com/writerduet#home>
- Zoho: Grupo de aplicaciones web que permiten crear, compartir y almacenar archivos en línea. También incluye chat, videoconferencias, mail, calendario y herramientas de ofimática en línea. Link <https://www.zoho.com/>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Herramientas TIC correspondientes a la categoría Comunicación.

Comunicación
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 99Chats: sitio donde se puede crear salas de chat privadas. Link: http://es.99chats.com/ ▪ Correo electrónico (en inglés <i>e-mail</i>): es un servicio de red que permite a los usuarios enviar y recibir mensajes (gmail, outlook, yahoo, etc.). Link: www.gmail.com, www.outlook.live.com, www.yaho.com, etc. ▪ AwayFind: permite recibir emails en tu móvil. Link: http://www.awayfind.com/ ▪ Blogger: herramienta de creación de blogs de Google, sencilla y eficaz, para todo tipo de usuarios. Link: https://www.blogger.com ▪ Edmodo: plataforma educativa que permite compartir documentos e información y comunicarse en un entorno privado, a modo de red social. Link: https://www.edmodo.com ▪ ePals: permite entrar en contacto con estudiantes de todo el mundo. Link: http://www.epals.com/ ▪ Facebook: red social, es una herramienta social para conectar personas, subir imágenes y compartir vínculos y archivo de paginas externas y videos. Link: www.facebook.com ▪ Google Hangouts: aplicación con la que se puede establecer un grupo de chat o videochat (hasta 10 personas). Link: https://plus.google.com/hangouts ▪ Google+: los populares Hangouts son una excelente herramienta para realizar cursos online. Link: https://plus.google.com/collections/featured ▪ Marqueed: herramienta online con la que los usuarios pueden realizar marcas y comentarios sobre una imagen. Permite crear grupos y proyectos. Link: https://www.marqueed.com/ ▪ MemberHub: permite comunicar grupos de hasta 30 miembros. Link: http://memberhub.com/home/ ▪ MySpace: es una red de interacción social que incluye redes de amigos, grupos, blogs, fotos, vídeos y música, dispone de una red interna de mensajería que permite la comunicación de los usuarios y un buscador interno. Link http://myspace.com/ ▪ Netlog: es una red social enfocada en la juventud, con miembros de la América Latina y Europa. Link http://www.netlog.com/ ▪ Pidgin: permite conectar a usuarios usando mensajería instantánea. Link: http://www.pidgin.im/ ▪ ProBoards: ideal para generar foros de discusión haciéndolos públicos o privados. Link https://www.proboards.com/ ▪ Remind: aplicación de mensajería segura donde los números quedan ocultos. Además, permite enviar adjuntos y clips de voz, y establecer una agenda de tareas con recordatorios. Link: https://www.remind.com/ ▪ Skype: herramienta para realizar llamadas, conferencias o incluso compartir archivos. Link: https://www.skype.com/en/ ▪ Student.com: permite compartir experiencias sobre la vida en diferentes centros académicos. Link: https://www.student.com/es-es ▪ Todaysmeet: se puede crear salas de chat para conectar con alumnos. Link: https://todaysmeet.com/ ▪ Twitter: crea un sistema de comunicación que puede hacerse privado entre un grupo de alumnos y profesores. Link: https://twitter.com/ ▪ Twoo: es una red social donde se puede chatear, buscar, compartir fotos y jugar a juegos de presentación. Link: https://www.twoo.com/es/ ▪ Voxopop: sistema de foros con voz. Los usuarios incluidos en determinado grupo de trabajo pueden opinar respecto al tema propuesto mediante audios que van apareciendo como respuestas. Link: http://www.voxopop.com/ ▪ Whatsapp: es una aplicación de mensajería instantánea gratuita en formato multiplataforma que los individuos descargan o instalan en el móvil o computadora. Link https://web.whatsapp.com ▪ WiZiQ: permite acercar a estudiantes y profesores aprovechando la web social. Link: www.wiziq.com/ ▪ WordPress: una de las herramientas de creación de blogs más completas, ya que permite personalizar y adaptar la bitácora a las necesidades de cada usuario. Link: https://es.wordpress.com/ ▪ Yugma: la versión gratuita permite hacer conferencias de hasta 20 personas al mismo tiempo. Link: https://www.yugma.com/

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Herramientas TIC correspondientes a la categoría Evaluación y Seguimiento.

Evaluación y Seguimiento
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Class Dojo: gestión del comportamiento, implicación e interacción con alumnos. Link: www.classdojo.com ▪ Educaplay: permite crear actividades educativas y compartir con los estudiantes, por ejemplo: crucigramas, preguntas con varias opciones, sopa de letras, emparejar, rellenar huecos, donde el profesor elabora actividades o a la vez los alumnos. Link: www.educaplay.com ▪ Gnowledge: crear y compartir evaluaciones tipo test y ejercicios tanto con estudiantes como con otros maestros. Link: http://www.gnowledge.com/ ▪ Hot Potatoes: es un conjunto de herramientas que permiten crear actividades educativas de evaluación, como son: crucigramas, llenar espacios, selección múltiple, respuesta corta y ejercicios de emparejamiento. Se pueden compartir o difundir por internet mediante un código html. Link: https://hotpot.uvic.ca/ ▪ Plagiarisma.net: este tiene disponible el servicio online y el programa para descargar (solo para Windows) que permite revisar archivos de distintos formatos. Link: http://plagiarisma.net/ ▪ PlagiarismChecker.com: sugerida para profesores. En la web pueden revisar las frases de los trabajos de estudiantes. Link www.plagiarismchecker.com/help-teachers.php ▪ PlagiarismSoftware.net: además de revisar citas y fragmentos puedes subir tu archivo pero solo en formato TXT. Link: http://plagiarisma.net/ ▪ Quiz me Online: crea cuestionarios online. Link: www.quizmeonline.net/ ▪ QuizRevolution: crea cuestionarios online. Link: www.quizrevolution.com/ ▪ Viper: Es gratuito y para utilizarlo solo tienes que descargarlo a tu PC. Está disponible solo para Windows. Link: www.scanmyessay.com/viperdownload.php ▪ Yapaca: crear cuestionarios online. Link: http://yacapaca.com/

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se presenta una clasificación general de herramientas TIC en función de su aplicabilidad a las actividades del proceso educativo. Esta clasificación, que reúne criterios de varios autores, contempla 4 categorías: 1) Selección, creación, difusión y acceso al material de estudio; 2) Actividades, 3) Comunicación, 4) Seguimiento y/o Evaluación. Cada categoría refiere a las tareas que pueden desarrollarse en un entorno educativo, ya sea en procesos de modalidad presencial como no presencial. Teniendo en cuenta la diversidad de recursos tecnológicos, la clasificación se llevó a cabo sobre un conjunto acotado de herramientas libres.

La clasificación presentada apunta a: 1) identificar las etapas o tareas más generales de un proceso educativo; 2) definir criterios para seleccionar herramientas adecuadas a cada una de las etapas; y 3) guiar al docente que usa las TIC en su práctica habitual.

Si bien este trabajo está orientado a las TIC y su aplicación en el proceso educativo, es preciso tener en cuenta que la mera integración de recursos tecnológicos no resulta suficiente para desarrollar un entorno de aprendizaje robusto. En realidad, el éxito de esta integración radica en un cambio profundo de la mentalidad, actitud y formación del docente, ya que debe ser capaz de formular e implementar un diseño pedagógico que motive al alumno para adquirir, construir e internalizar el conocimiento.

Las líneas de actuación futuras están dirigidas a la experimentación con las herramientas disponibles para la configuración de un entorno virtual capaz de proporcionar sustento tanto a procesos de enseñanza-aprendizaje presenciales como no presenciales.

7. Referencias

- [1] García, F., Portillo, J., Romo, J. y Benito, M. (2007). Nativos digitales y modelos de aprendizaje. Actas IV Simposio Pluridisciplinar sobre diseño, evaluación y desarrollo de contenidos educativos reutilizables, 1-11. Online: <http://spdece07.ehu.es/actas/Garcia.pdf>
- [2] Ramírez, Z. Ana Belem, Jerónimo Montes, José Antonio (2012) La aplicación de tecnologías digitales en la educación superior. Aprendizaje y mediación pedagógica con tecnologías digitales. Congreso Iberoamericano de aprendizaje mediado por Tecnología. págs. 352-361. ISBN 978-607-02-4148-2
- [3] Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2011). Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Publicaciones FEDUPEL. Caracas. Venezuela.
- [4] Montero, M., & Hochman, E. (2007). Investigación documental. Técnicas y Procedimiento. Caracas: Panapo.
- [5] Rodríguez Izquierdo, Rosa M. (2011). Repensar la relación entre las TIC y la enseñanza universitaria: Problemas y Soluciones. Revista de Curriculum y Formación del Profesorado. ISSN 1989-639X. Vol 15 N°1.
- [6] Salinas, J. (2004). Cambios metodológicos con las TIC. Estrategias didácticas y entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. Bordón. Revista de pedagogía, ISSN 0210-5934, ISSN-e 2340-6577, Vol. 56, N° 3-4, 2004 (Ejemplar dedicado a: Educación con tecnologías / coord. por Lorenzo García Aretio), págs. 469-481.
- [7] Barberá, E. (2008): Aprender e-learning. ISBN 9788449321528. Paidós, Barcelona.
- [8] Area, M. y Adell, J. (2009): eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. De Pablos (Coord): Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet. Aljibe, Málaga, págs. 391-424
- [9] Castellano, Hugo M. (2010). Enseñando con las TIC. 1° Edición. Buenos Aires. Cengage Learning. Argentina. ISBN 978-987-1486-41-0.
- [10] Coll, C., Mauri, T. y Onrubia, J. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: Una aproximación socio-cultural. Revista electrónica de investigación educativa. ISSN 1607-4041. Online: <http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-coll2.html>
- [11] De Benito Crosetti, B. (2000). Herramientas para la creación, distribución y gestión de cursos a través de Internet. Edutec: Revista electrónica de tecnología educativa, (12), 2.
- [12] Montero O'Farrill, José L., Herrero Tunis, Elsa (2008). Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 33, 59-72. ISSN/ISBN 1133-8482
- [13] Salinas Núñez, C. C. y Robayo Jácome, D. J. (2016). Desarrollo de recursos digitales didácticos mediante herramientas Web 2.0 para la enseñanza-aprendizaje de Introducción a La Comunicación Académica en el Sistema Nacional de Nivelación y Admisión (Doctoral dissertation, Tesis (Magister en Tecnologías para la Gestión y Práctica Docente)).
- [14] De Haro, J. J. (2008). Herramientas para una educación 2.0 Revista Educación y Sostenibilidad, número de invierno dedicado a la Escuela 2.0. Online (short address): <http://bit.ly/HerrEducacion20>.

- [15] Cacheiro-González, M. L. (2011). Recursos educativos TIC de información, colaboración y aprendizaje. Pixel-Bit: Revista de medios y educación, (39), 69-81.

EXPERIENCIAS DE USO DE SOFTWARE LIBRE Y FREWARE PARA LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE INGENIERÍA

Rubén Darío Morelli, Universidad Nacional de Rosario, rdm@fceia.unr.edu.ar

Hernán Alfredo Pangia Ctenas, Universidad Nacional de Rosario, pangia@fceia.unr.edu.ar

Luis Sebastián Nieva, Universidad Nacional de Rosario, 5e6anieva@gmail.com

Resumen— Luego de cuatro años de investigación sobre las posibilidades de uso de Software Libre en el área de los Sistemas de Representación Gráfica para las carreras de Ingeniería de nuestra Universidad, hemos consolidado una experiencia que nos permite afirmar y demostrar a través de la práctica que existen poderosas aplicaciones de diseño desarrolladas con Software Libre o Freeware que permiten al docente, al estudiante, a las instituciones públicas o al profesional, trabajar dentro del marco legal y ético que deviene de utilizar software libre y gratuito. Pero más allá de la importancia de la legalidad de las licencias, el Software Libre conlleva en sí mismo un paradigma o filosofía diferente a lo que la mayoría de nosotros, que venimos del mundo del software privativo, estamos acostumbrados. En este trabajo formulamos en primer lugar el marco conceptual y estado actual del tema de nuestra investigación. Luego, con la intención de compartir y sumar conocimiento, presentamos una amplitud de temáticas referidas a nuestra disciplina en base a la potencialidad del trabajo con software libre: un trabajo de diseño de ingeniería, contenidos para el aprendizaje de la asignatura Representación Gráfica y un vídeo didáctico.

Palabras clave— *Software Libre, CAD, Freeware, Enseñanza, Representación Gráfica.*

1. Introducción, marco conceptual y estado actual del tema.

Desde el año 2012 en que comenzamos nuestro proyecto de investigación sobre Software Libre y gratuito para la enseñanza de la Representación Gráfica tenemos el objetivo central de buscar alternativas a los programas CAD tradicionales ya que el valor de sus licencias estaba (y sigue estando) fuera del alcance de las instituciones, alumnos y docentes. El Software Libre permite trabajar dentro del marco legal en cuanto a licenciamiento, hecho que consideramos fundamental y además es lo que corresponde. Y como docentes universitarios es nuestro deber orientar a nuestros alumnos en el sentido ético de la legalidad y la libertad. Tratamos de generar conciencia y en 2012 ya decíamos: “consideramos como principio rector que como Universidad Pública debemos sostener el libre acceso a la información y al conocimiento, y evitar caer en una dependencia tecnológica a la hora de utilizar software dedicado a la enseñanza” [1]. Es que cuando en una institución de enseñanza como lo es una Facultad se trabaja con un software propietario específico, por ejemplo AutoCAD, se crea una cierta dependencia tecnológica en favor de ese software y de esa marca comercial, ya que docentes y alumnos terminan acostumbrándose a esa única opción y es lógico pensar que el joven profesional egresado preferirá seguir trabajando con el único software de diseño que aprendió. Además, el problema del costo de la licencia legal volverá a aparecer al egreso de la Universidad cuando el joven profesional necesite equiparse de software para ejercer su profesión, y estará siempre el riesgo de recurrir a la copia ilegal de programas. Sin embargo,

muchos aún suelen considerar que el uso de copias ilegales de un programa es algo inevitable para poder estar en la cresta de la ola del mundo digital con el mejor software. En este sentido, se debe tener en cuenta que en cualquier país cuando la licencia de un software no permite su copia y libre distribución, hacerlo es violar la ley. Al respecto coincidimos con lo expresado por Brocca y Casamiquela [2] cuando dicen que “se puede percibir un desconocimiento generalizado entre los usuarios de computadoras acerca de que la utilización, copia o reproducción de productos de software no siempre es un acto lícito. Si estas acciones se llevan a cabo sin respetar los términos establecidos en la licencia - o sin contar con ella - se está cometiendo un delito englobado dentro de lo que se ha dado en denominar piratería informática”.

A medida que fuimos progresando en la tarea de investigación comprobamos que el Software Libre va mucho más allá de resolver el problema económico y legal relativo a las licencias, ya que su filosofía se inscribe en un nuevo paradigma ético y social dentro de la sociedad del conocimiento, con su propio marco político y legal. Un nuevo paradigma que se basa en premisas como la solidaridad, la cooperación y la libertad. Tal como lo definió Stallman [3], “con software libre nos referimos a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software”. Un software para ser libre debe cumplir con todas estas condiciones sin excepción. Software Libre no significa que necesariamente deba ser gratuito. El término Libre debe entenderse en el sentido de *libertad*, como lo define Stallman. Puede tener un costo pero una vez adquirido el software uno tiene el derecho y la libertad de hacer lo que quiera con él y, si se reescribe el código, el software debe seguir siendo libre en sus nuevas versiones mejoradas o modificadas.

Hoy podemos hablar de que el movimiento de Software Libre ha crecido hacia nuevos conceptos: el de Hardware Libre [4] y el de Cultura Libre [5]. Hardware libre son aquellos dispositivos con controladores de código abierto, con especificaciones y diagramas de libre acceso, gratis o con algún costo y con la misma filosofía del Software Libre. La Cultura Libre va en el mismo sentido aplicado al principio del “contenido libre: libertad para compartir, distribuir o modificar trabajos y obras creativas”, y es lo contrario a las restricciones de los derechos de autor. Las licencias de obras del tipo Creative Commons son un ejemplo.

Un referente internacional actual del movimiento del Software Libre y sus nuevos ecosistemas como el Hardware Libre y la Cultura Libre es el Dr. en Robótica e Ing. Juan González [6] conocido como Obijuan, quien afirma:

“El conocimiento de la tecnología tiene que estar disponible para todos nosotros. Ha llegado el momento de redefinir: ¿por qué no creamos entre todos un Patrimonio Tecnológico de la Humanidad? Un compendio de la información tecnológica a la que todos tengamos acceso, que tengamos la libertad de estudiar, de poderla entender y construir objetos a partir de esa información. Esto que parece una utopía ya ha empezado a ocurrir...a partir de 1980 con Richard Stallman y el Software Libre”.

Obijuan se autodefine como un “Maker”. Los Makers son personas apasionadas por construir sus ideas como objetos físicos y así experimentar, ensayar y aprender. También se aplica a construir lo que otros han diseñado para comprender y de esa forma asimilar el conocimiento.

“El máximo exponente del Hardware Libre es el proyecto Arduino, que ha conseguido llevar esta idea a todas partes del mundo. Pero el hito más importante sin duda se produjo en el año 2008, cuando un investigador inglés, Adrian Bowyer, el fundador del proyecto Rep-Rap, construyó y terminó la primera máquina que podemos considerar como la primera de nuestro Patrimonio Tecnológico de la Humanidad. Una máquina que era una impresora 3D que está disponible absolutamente toda la

información; hasta el último detalle de todo lo podemos estudiar: las tuercas, el Firmware, el Software, la Electrónica, absolutamente todo. ¿Y qué fue lo que ocurrió?, pues que miles de entusiastas Makers comenzamos a estudiarla y empezamos a replicarlas, y se crearon cientos de modelos diferentes de esta máquina. Diferentes versiones. Las impresoras 3D son esas maravillosas máquinas, algo mágico que nos permiten crear objetos de la nada” [6].

En el gráfico de la Figura 1 se representa el pensamiento de Obijuan: crear e incrementar un Patrimonio Tecnológico de la Humanidad ubicando el Software Libre como centro y ensamblando los distintos ecosistemas a partir del GNU/Linux (o simplemente sistema operativo Linux), el Hardware Libre, el proyecto Rep-Rap (Replicating Rapid prototyper. Tecnología Open Source que permitió que una máquina impresora 3D sea auto-replicable mediante su propia impresión 3D), los Printbots (robots imprimibles con impresoras 3D a partir de difundir la información para que puedan ser copiados y redefinidos en nuevas adaptaciones) y desembocando en nuevos proyectos. Coincidimos con Obijuan [6] cuando dice que “es el momento de redefinir: hay que reinventar la rueda, pero libre”.

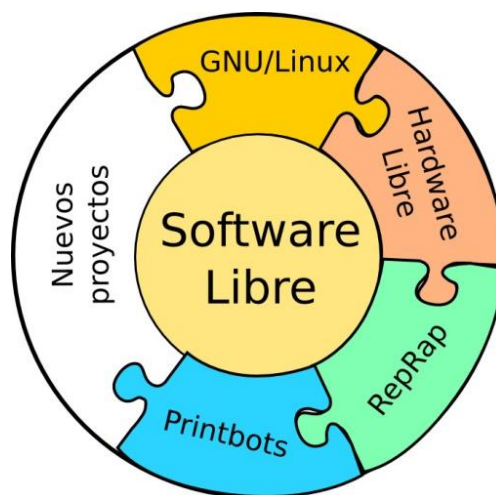


Figura 1. Creación de un Patrimonio Tecnológico de la Humanidad.

Fuente: Obijuan en TEDx

Lo contrario del Software Libre es el Software Privativo, que no se puede adquirir como producto material sino que lo que se adquiere es un permiso de uso o licencia conocida como EULA (End-User License Agreement) que plantea restricciones de uso y tiempo de vigencia del producto, y no se puede acceder al código fuente. En general no permite la copia ni la libre distribución. Dentro del Software Privativo está el Freeware, que son aquellos programas de licencia gratuita que se pueden descargar aceptando ciertas condiciones que decide el propietario (por ejemplo DraftSight o SketchUp Make). El Freeware, que por supuesto nos interesa por ser gratuito, normalmente es restringido al uso personal no profesional o para uso educativo y siempre no comercial.

Las grandes empresas desarrolladoras de software propietario fueron liberando licencias de sus productos insignia para uso educativo. Autodesk fue una de las últimas que las liberó hace un par de años. Entendemos que no es una concesión porque sí, sino por una intencionalidad o estrategia para no perder mercado en el ámbito educativo, no sólo por el desarrollo de software propietario por parte de la competencia, sino porque en la práctica el sistema de software privativo, legal y de pago se torna imposible de sostener por la mayoría de las universidades públicas en todo el mundo y muchas han migrado hacia el Software Libre para sus distintas áreas funcionales. Además, lógicamente estas empresas saben de los avances permanentes en el desarrollo del Software Libre.

El ámbito universitario es el que está mejor preparado para poder investigar y aprender a utilizar Software Libre (aunque en general tiene una curva de aprendizaje más extendida en el eje del tiempo). Imaginemos una universidad donde todos sus docentes y alumnos dominen alternativas diversas en Software Libre y a lo largo de la carrera, donde sea necesario utilizar software, se logren las competencias de cada especificidad con el uso de software libre. Estos jóvenes profesionales así formados, al incorporarse al mundo productivo, estarían en mejores condiciones de manejar cualquier tipo de software ya sea libre o privativo, incluso podrían asesorar a las empresas en las mejores alternativas y más económicas. Esto por suerte ya ocurre en muchas universidades. Por ejemplo, en la carrera de Licenciatura en Ciencias de la Computación de nuestra Universidad se utiliza solamente software libre, habiendo emitido esta carrera una resolución al respecto (ver <http://www.fceia.unr.edu.ar/lcc/resoluciones.php>).

A poco de comenzar con nuestro proyecto de investigación, ya estábamos conscientes de que nos enfrentaríamos a nuevos desafíos, ya que como nuevo paradigma de pensamiento, el Software Libre plantea un cambio filosófico que demanda un esfuerzo y compromiso de trabajo diferente a lo que estamos acostumbrados. Como afirmábamos en [1] “el aprendizaje del Software Libre requiere una fuerte capacidad de autoaprendizaje. Es bien conocido que los cursos que se ofrecen apuntan a los productos comerciales. Foros de ayuda, blogs, manuales, tutoriales, etc., son recursos que siempre están disponibles en Internet puestos a disposición por la comunidad de usuarios y desarrolladores. Los conceptos de autoaprendizaje y aprendizaje colaborativo, concuerdan con la formación que debe brindar una Universidad Pública como la nuestra”. Pese a que el Software Libre permite acceder al código fuente, siempre tuvimos en claro, como docentes que somos, que nuestro abordaje de la temática del Software Libre era desde el rol principal de usuarios finales, no de desarrolladores. Al respecto, coincidimos con Mochi Alemán [7] cuando plantea que “el código fuente puede convertirse sólo en una ambición para aquéllos que tienen necesidades y capacidades suficientes para leerlo, estudiarlo y mejorarlo. La mayoría de las personas, sin embargo, sólo quieren que el software funcione y no se preocupan demasiado sobre cómo lo hace...”

El concepto de que el Software Libre es sólo para expertos en informática, es un prejuicio o mito que pudo haber tenido validez hace 10 o 20 años, pero en la actualidad no presenta impedimentos de uso para alguien que está habituado a trabajar en el medio digital. Tal como ya hemos dicho [8], “pretendemos sumar conocimiento y derribar mitos respecto del Software Libre, poner en juego la capacidad de aprender y auto-aprender (tan importante en la producción del conocimiento en la universidad) y ante un mismo problema saber desenvolvernó con distintas alternativas de solución basadas en programas CAD diferentes y elegir la mejor o más adecuada”. Sabemos que “la filosofía del Software Libre, como nuevo paradigma de esta era, genera en muchos una resistencia al cambio” [9]. Tal vez esto suceda porque este paradigma es antagónico al paradigma comercial del Software Privativo que domina el mundo digital, y al cual el usuario común está acostumbrado ya que la gran mayoría, en la que nos incluimos, estamos formados en el universo del Software Privativo. En este sentido, muchos colegas nos plantean dudas que coinciden con estos interrogantes: “¿Cómo se puede vivir produciendo software libre?, ¿se arrepentirán los programadores en el futuro de darlo gratis?, ¿conseguirá Linux competir con Microsoft?, ¿cómo hacer para que los grandes productores de software no se apoderen de Linux y lo privaticen?, ¿serán cada vez más fáciles las herramientas para usar Linux, o quedará confinado al uso de programadores y fanáticos de la informática?” [7].

Estas cuestiones nacen desde la visión del paradigma del software privativo, y pierden importancia cuando se las considera desde el paradigma del Software Libre, que existe y va a seguir existiendo, y cuya comunidad de desarrolladores sigue creciendo en todo el mundo.

Un ejemplo claro de conflictividad privativo-libre es cuando faltan controladores de hardware para Linux. Dicho de otra manera, algunos dispositivos como impresoras, placas gráficas, etc., funcionan con menor rendimiento o no funcionan en sistemas Linux porque los fabricantes de ese hardware no crean los controladores para este sistema. Solo lo hacen para Windows o Mac, ya sea por motivos económicos (el mercado de sistemas Linux es pequeño ya que la mayoría de sus clientes tienen Windows) y/o porque consideran que liberar código es dar su know-how a la competencia. Así, los voluntarios del software libre deben crear sus propios controladores para sistemas Linux. Esto complica al usuario común.

Otro ejemplo de conflictividad es la falta de estándares para los programas de diseño. AutoCAD guarda en el formato privativo DWG (Drawing) que debido a la gran cuota de uso que tiene AutoCAD se ha convertido en un formato estándar, pero de facto. Para poder trabajar con un mismo archivo de dibujo DWG desde programas libres se debe recurrir a métodos de exportación que suelen ser engorrosos y pueden ocasionar pérdida de datos. Programas como AutoCAD o SolidWorks no están desarrollados para el sistema operativo Linux. Las empresas que desarrollan Software Privativo en general sólo lo hacen para sistemas privativos como Windows o Mac. Por el contrario, la mayoría de los programas libres que utilizamos son multiplataforma (corren en Linux y en Windows), y esto nos da la opción de utilizarlos en uno u otro sistema operativo según nos convenga. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Software Libre y Freeware multiplataforma que más utilizamos.

Tipo	Software Libre y gratuito		Freeware	Sitio Web oficial
CAD 2D	LibreCAD			http://librecad.org/
			DraftSight	www.3ds.com/es/productos-y-servicios/draftsight/
Modelado paramétrico 3D	FreeCAD			http://freecadweb.org/
Modelado 3D			SketchUp	http://www.sketchup.com/es
Modelado 3D, iluminación, render y animación	Blender			http://www.blender.org/
Edición de imágenes y Diseño Gráfico	Gimp			http://www.gimp.org/
	Inkscape			http://www.inkscape.org/
Paquete de Oficina	LibreOffice	Docs. de Texto	Writer	https://es.libreoffice.org/
		Diseño Gráfico	Draw	
		Presentaciones	Impress	
		Planilla cálculo	Calc	

Fuente: elaboración propia

Como consecuencia de nuestra actividad de investigación, nos constituimos como Grupo SolCAD (Investigación sobre Software Libre y Freeware CAD) y creamos un sitio Web donde puede conocerse nuestro trabajo de investigación desde que comenzamos en el año 2012 (www.fceia.unr.edu.ar/solcad).

2. Metodología de este trabajo

Con la intención de mostrar una amplitud de temáticas referidas a nuestra disciplina donde utilizamos Software Libre, a continuación presentaremos en primer lugar un trabajo de diseño de ingeniería, en segundo lugar contenidos para el aprendizaje de la asignatura Representación Gráfica donde vamos a mostrar y comparar la resolución de un mismo ejercicio de modelado sólido hecho con AutoCAD y con FreeCAD, y en tercer lugar el proceso de elaboración de un vídeo didáctico sobre el tema Vistas a partir de combinar distintos programas libres y gratuitos. Finalmente pondremos a disposición las conclusiones y recomendaciones, e indicaremos cómo pensamos seguir avanzando en futuros trabajos con eje en la temática que nos ocupa.

Los programas que más utilizamos son FreeCAD y Blender, de los que haremos una breve descripción. Luego existe un conjunto de Software Libre y Freeware que consideramos complementarios pero fundamentales a la hora de concretar un proyecto. Creemos que es mucho más enriquecedor para el aprendizaje combinar e interactuar con distintos programas que con uno solo. La Figura 2 es una infografía que muestra la interacción del software que más utilizamos y explica nuestra metodología de trabajo a la hora de resolver un proyecto. Dicha infografía fue confeccionada con el programa Draw de la suite LibreOffice.

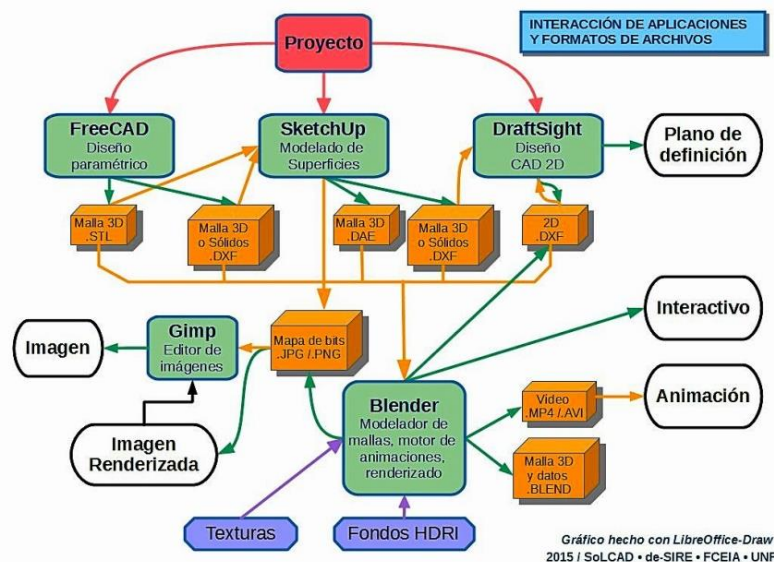


Figura 2. Infografía. Interacción de aplicaciones libres y formatos de archivos.

Fuente: elaboración propia [8]

2.1 Descripción de FreeCAD

FreeCAD [9,10] es una aplicación de modelado paramétrico CAD/CAE de arquitectura modular. Está orientado a la ingeniería mecánica y al diseño de producto, pero también se ajusta a un amplio rango de usos de otras especialidades de ingeniería, y arquitectura. Sus herramientas son similares a las de Catia, SolidWorks o Solid Edge, por lo tanto también pertenece a la categoría de MCAD, PLM, CAx y CAE. La interfaz de FreeCAD está organizada con escenarios de trabajo o “workbenches” (Sketcher, Drawing, Part, Part Design, Mesh Design, Arch, RayTracing, etc.) que permiten seleccionar las barras de herramientas necesarias en base a la tarea a desarrollar. Sus capacidades se basan en el kernel OpenCascade, un núcleo CAD de nivel profesional que cuenta con la manipulación de geometría 3D avanzada y objetos. Este programa está aún en una etapa de fuerte desarrollo.

2.2 Descripción de Blender

Blender [9,11] es un potente programa para modelado 3D, iluminación, render, animación y creación de gráficos tridimensionales. También es para composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, edición de vídeo, escultura y pintura digital. Se pueden desarrollar videojuegos ya que posee un motor de juegos interno. Tiene la capacidad de representar simulaciones físicas como deformación de sólidos, acciones con fluidos, humo, etc.

La interfaz predeterminada se compone de Editores, Cabeceras, Botones contextuales, Paneles y Controles. Se llaman Ventanas a la parte del programa que responde a una función específica (ventana de Vista 3D, de Propiedades, de Edición de secuencias de vídeo, de Editor de nodos, etc.). Cada ventana tiene su propia cabecera superior o inferior. Rigen tres principios invariables para la interfaz: 1) Nada se superpone: no hay ventanas ni herramientas flotantes, todo está en un mismo plano; 2) No hay bloqueos: ninguna herramienta espera que el usuario haga algo, no hay área de comandos; 3) No modal: deberá ser siempre tan consistente y predecible como sea posible sin cambiar métodos comunes (mouse, teclado). La interfaz del usuario es un entorno multitareas, simultáneo, automatizable y 100% personalizable. Al igual que con la ventana principal, cada ventana nueva se puede subdividir.

3. Resultados y Discusión

3.1 Diseño de ingeniería: impresora 3D

Antes del diseño CAD se diseñaba dibujando manualmente en el papel las vistas o proyecciones ortogonales de los objetos con el respectivo dimensionamiento, para luego construir lo diseñado a partir de esos *planos*. A partir de 1980, con la llegada del CAD, se procedía igual, pero digitalizando los planos en el ambiente computacional. Con el nuevo siglo llegó la tecnología del modelado sólido 3D con la posterior generación automática de los planos de fabricación, invirtiéndose la secuencia del proceso de diseño. Así se pasó de una lógica de pensamiento bidimensional (esquemáticamente: $2D \rightarrow 3D$), a una lógica de pensamiento tridimensional, (esquemáticamente: $3D \rightarrow 2D$), generando los planos al final del proceso. Este hecho hoy convive con la llegada de la tecnología de impresión 3D, con la que entramos en el paradigma de pasar directamente del modelado 3D a la fabricación del producto sin necesidad de confeccionar los planos (esquemáticamente: $3D \rightarrow \text{producto final}$). En muchos procesos industriales hoy se utilizan estas tecnologías CAD-CAM (Diseño y Manufactura Asistida por Computadora) y CNC (Control Numérico Computarizado) para la fabricación de un producto, modelo o prototipo directamente desde el ambiente CAD 3D. Con las impresoras 3D se imprimen en plástico una variedad de objetos, como ser prototipos y matricería o prefabricación en diseño industrial o arquitectura, hasta prótesis médicas, etc.

En lo referido al Prototipado Rápido (PR) por impresión 3D, existen diferentes tecnologías que pueden consultarse en [12]. El enfoque común en todas las técnicas actuales de PR por adición de material consiste en el modelado sólido en sistema CAD, la exportación en malla geométrica STL (Stereo Lithograph), la división del modelo en capas muy delgadas y paralelas en el plano x-y que se van adicionando en el sentido del eje z. Una de las técnicas más difundidas de PR en nuestro medio es el FDM (Modelado por Deposición Fundida). Se basa en la extrusión en caliente de un filamento de plástico que puede ser ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-eStireno) o PLA (Poliácido Láctico). El hilo de plástico pasa a través de un dispositivo, denominado extrusor, que se calienta hasta que lo funde sin llegar a derretirlo por completo. El dispositivo extrusor va expulsando este hilo casi fundido y lo va depositando en una base con una temperatura definida, y se enfría y solidifica rápidamente para contribuir a la correcta conformación de cada capa de la pieza.

Nos propusimos modelar una impresora 3D y hacer un vídeo de animación para tomar el conocimiento necesario sobre la impresora y su funcionamiento. Pero para esto era necesario obtener los archivos digitales de las partes de la impresora. Esto nos orientó hacia el proyecto Rep-Rap y el concepto del Hardware Libre. Nos basamos en la metodología de colaboración habitual en foros de FOSS (Free Open Source Software) que es compartir las partes de un proyecto en archivos listos para su uso. En una aplicación se pueden compartir el código fuente y el código compilado para su ejecución. En el caso de las partes de una máquina, como por ejemplo la impresora, se comparten los archivos para ser impresos directamente en otra impresora 3D. La ausencia total de planos de definición es una característica muy notoria. Se comparten las piezas listas para ser replicadas.

Elegimos un modelo de impresora que trabaja por FDM, la conocida como M Prime ONE [13]. Descargamos las partes de la M Prime ONE en formato de archivo para ser abiertos en FreeCAD, donde se hizo el montaje del conjunto para su revisión. Ver la Figura 3.

En esta oportunidad continuamos con la línea de trabajo de interacción entre los programas FreeCAD y Blender, que pusimos en práctica en [9], y se resume en dos etapas:

1ª etapa: Con FreeCAD hacemos el modelado paramétrico de cada componente del diseño y posteriormente el montaje del conjunto en un nuevo archivo que luego se exporta en formato STL, un formato CAD que define la geometría de objetos 3D excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas.

2ª etapa: Con Blender logramos la imagen fotorrealista del objeto. Primero abrimos el archivo del conjunto en formato STL con todas las partes. Luego asignamos los materiales y atributos de diseño a cada parte, terminando la modelización con render en imágenes fotorrealistas y, en esta oportunidad, hicimos un vídeo del funcionamiento mecánico de la impresora.

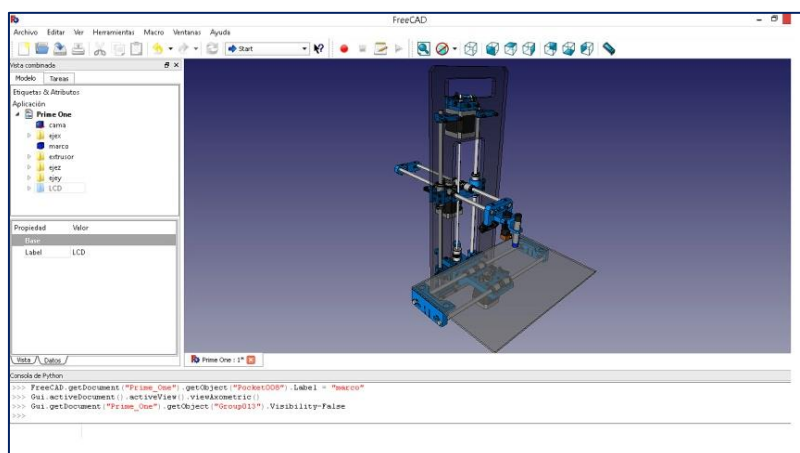


Figura 3. Impresora M Prime ONE: montaje en FreeCAD.
Fuente: elaboración propia

En la Figura 4 mostramos un collage de vistas en perspectiva logradas en FreeCAD. Luego de cumplida esta tarea, exportamos el conjunto desde FreeCAD al formato STL (archivo único).

Continuamos la modelización 3D en Blender con el propósito final de realizar un vídeo o película donde se vean los movimientos mecánicos de la impresora. Decidimos importar el conjunto como una sola malla aprovechando la tarea de ensamble hecha en FreeCAD. Gracias a las diversas herramientas de selección muy precisas que posee Blender, procedemos a separar las partes principales que se moverán en la animación y las que son de diferentes materiales (plástico, metal brillante, metal opaco, etc.). Ver Figura 5.

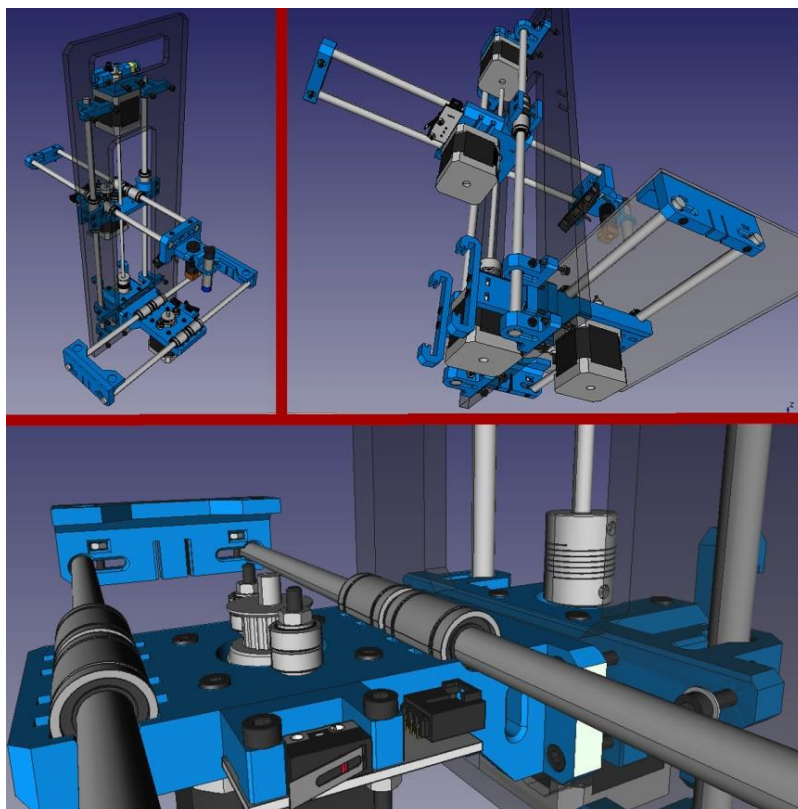


Figura 4. Perspectivas de la Impresora Prime ONE en FreeCAD.

Fuente: elaboración propia

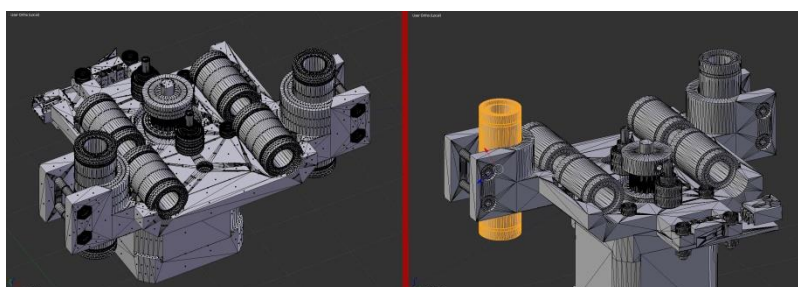


Figura 5. Edición de mallas, separación de partes y selección.

Fuente: elaboración propia

Creamos estos materiales en el editor, pero se pueden crear en otro archivo y se importan a un nuevo proyecto. Luego los asignamos a cada parte y comenzamos el proceso de iluminación de la escena. Cada material es probado en diferentes entornos de luz. Ver Figura 6.

Aplicamos anisotropía, método de filtrado de luz para mejorar la calidad de la textura en una superficie, que define la dirección más probable en que se dispersa la luz. Ver Figura 7.

En este caso utilizamos algunas lámparas spots difusas y el modelo Sol, que logra sombras duras y tiene rayos paralelos. Para ver los efectos de luces y sombras dividimos la pantalla en múltiples vistas como se observa en la Figura 8, con el motivo de definir las formas a través de sus sombras. La perspectiva es la vista de la cámara donde se aprecia el efecto de las luces. Las vistas planas sirven para mover las luces aplicadas.

Ajustamos la cámara con una lente normal de 35 mm y con profundidad de campo total. En la Figura 9, a la izquierda, se muestra una prueba de cámara.



Figura 6. Asignación de Materiales. Render en tiempo real.

Fuente: elaboración propia

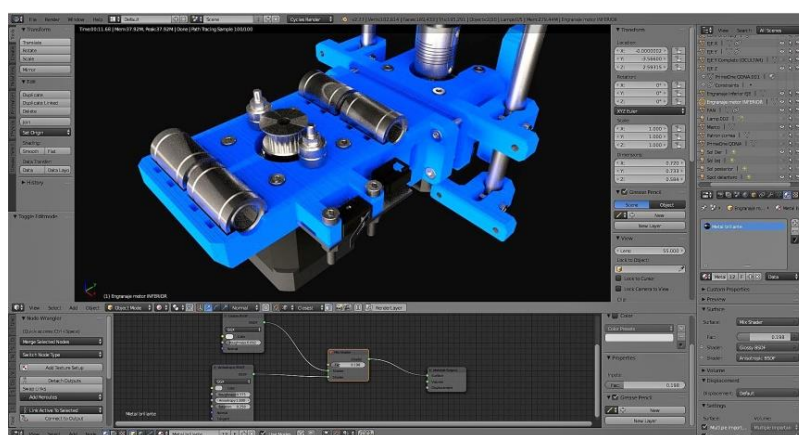


Figura 7. Anisotropía. Vista perspectiva.

Fuente: elaboración propia

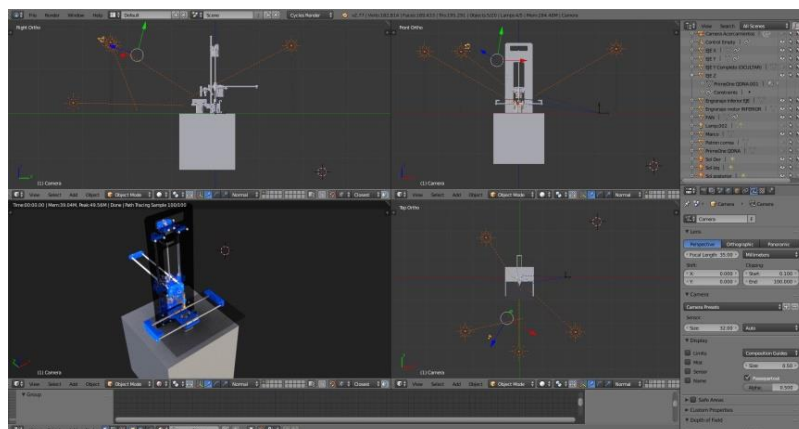


Figura 8. Prueba de luces en múltiples vistas.

Fuente: elaboración propia

Para realizar el proceso de animación creamos un objeto invisible llamado Empty (vacío) al que se le asocian los movimientos según cada eje de la impresora (ver Figura 9 a la derecha). Restringimos dichos movimientos con respecto a los recorridos máximos de cada eje. Moviendo el Empty logramos que la impresora siga la misma dinámica.

En la línea de tiempo creamos claves de la posición del Empty, para la cámara y para algunas luces. Una vez hecho eso se procedimos a renderizar imágenes del proceso y la animación.

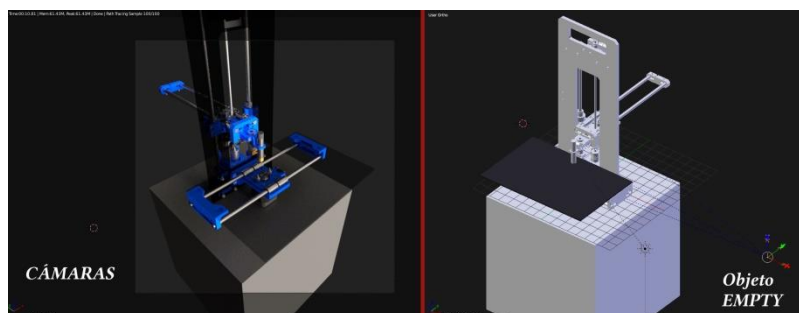


Figura 9. Prueba de cámaras y creación de Objeto Empty
Fuente: elaboración propia

Todo el proyecto en Blender lo hicimos en una PC dedicada y optimizada para gráfica digital con las últimas tecnologías de procesamiento gráfico: GPU multinúcleos (Graphics Processor Unit); SLI (Scalable Link Interfaz) y CUDA (Arquitectura Unificada de Dispositivos de Cómputo). El vídeo puede verse en nuestro canal YouTube [14]. La música fue compuesta por Hernán Pangia (miembro del grupo SoLCAD y músico) utilizando el programa LMMS (Linux Multimedia Studio), que también es software libre y gratuito.

3.2 Contenidos para el aprendizaje de Representación Gráfica

Uno de los ejercicios de modelado sólido que damos a los alumnos de nuestra comisión es el de la Figura 10: hacer el modelado 3D de una pieza mecánica. El programa con que se trabaja en todas las comisiones de nuestra materia (1° año de Ingeniería) es AutoCAD.

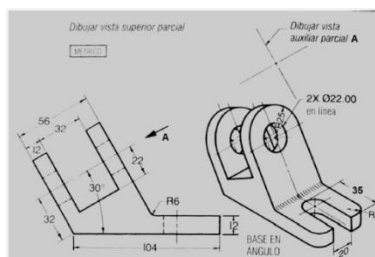


Figura 10. Datos para el modelado.
Fuente: Libro “Dibujo Técnico” – Spencer, Dygdon y Novak

La Figura 11 muestra el proceso de modelado con AutoCAD. La Figura 12 es un collage del proceso de modelado paramétrico con FreeCAD. El proceso no es idéntico, pero la lógica de diseño es bastante parecida. Y el resultado al que se llega es el mismo.

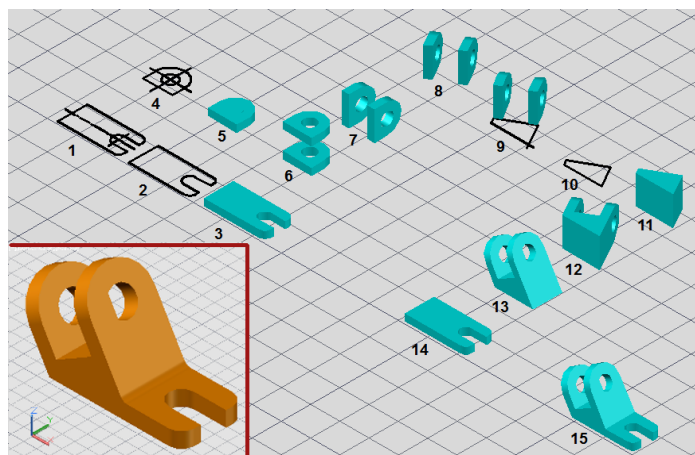


Figura 11. AutoCAD – Proceso de Modelado
Fuente: elaboración propia

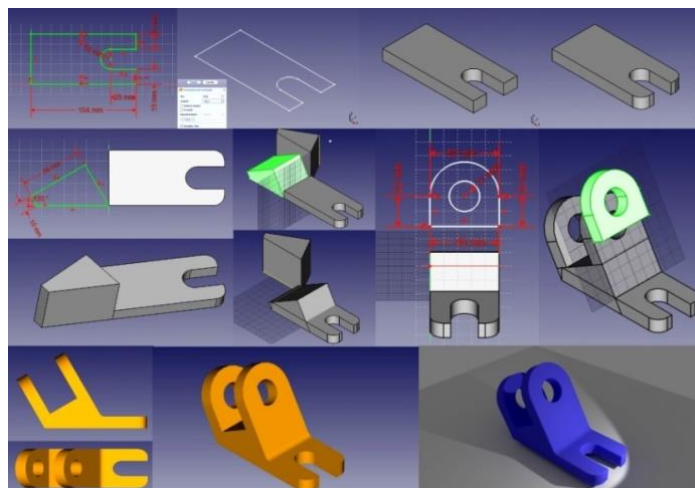


Figura 12. FreeCAD: proceso de Modelado y un render en Blender

Fuente: elaboración propia

Planteamos también el cálculo del volumen de la pieza que en AutoCAD puede obtenerse desde el Menú o desde línea de comandos mientras que en FreeCAD se calcula desde la consola de Python donde se da una sentencia. En la Tabla 2 se indican estos comandos y los resultados obtenidos, que son prácticamente iguales, con un error menor que $0,01 \text{ mm}^3$.

Tabla 2. Cálculo de volumen.

Software	Comando utilizado	Resultado en mm^3
AutoCAD	Menú Herramientas / Consultar / Volumen	131480,2965
FreeCAD	App.ActiveDocument.ActiveObject.Shape.Volume	131480,2942

Fuente: elaboración propia.

Ambos programas se comportaron satisfactoriamente, aunque debemos resaltar que FreeCAD por ser un modelador paramétrico tiene un proceso de diseño más comparable con SolidWorks o SolidEdge. AutoCAD incluye características paramétricas en sus últimas versiones y es un programa que demanda más recursos de sistema que FreeCAD.

3.3 Vídeo didáctico sobre tema Vistas

Una gran dificultad para los estudiantes de primer año de Ingeniería es comprender el espacio y la representación de los objetos en el plano, la asociación de las vistas ortogonales con la perspectiva de los objetos. Elaboramos un vídeo de apoyo para comprender el espacio y las vistas de un objeto sencillo, a partir del primer trabajo práctico de la materia Representación Gráfica consistente en representar las vistas y perspectiva isométrica de un modelo físico o maqueta como se ve en la Figura 13. Primero los alumnos deben dibujar las vistas y perspectiva isométrica con lápiz a mano alzada [15] y luego hacer en AutoCAD el modelado 3D y las vistas automáticas inclusive la perspectiva isométrica [16].

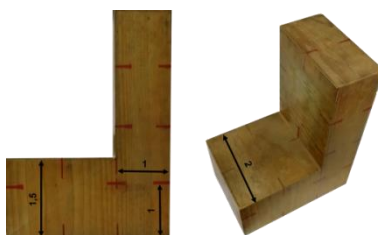


Figura 13. Fotos del modelo físico.

Fuente: elaboración propia

La elaboración del vídeo didáctico fue una experiencia valiosa porque combinamos el uso de dos sistemas operativos: Windows y Linux. Esto fue debido a que los programas utilizados no eran multiplataforma, salvo Gimp. Ver listado en la Tabla 3.

Tabla 3. Software utilizado en la elaboración del vídeo didáctico.

Software	Tipo	Sist. Operativo	Usado para
SketchUp Make	Freeware educativo	Windows	Modelado, animación y vídeo
AutoCAD	Freeware educativo		Dibujos complementarios
Snagit	Privativo – V. Trial		Cortes de pantalla y edición
Gimp	Software Libre y gratuito	Multiplataforma	Edición de imágenes
KSnapshot		Linux	Cortes de pantallas
Kdenlive			Edición de vídeo

Fuente: elaboración propia.

SketchUp Make es un programa excelente para el modelado 3D y la creación y animación de escenas con posterior salida de vídeo que se hizo en formato AVI. Ver Figura 14.

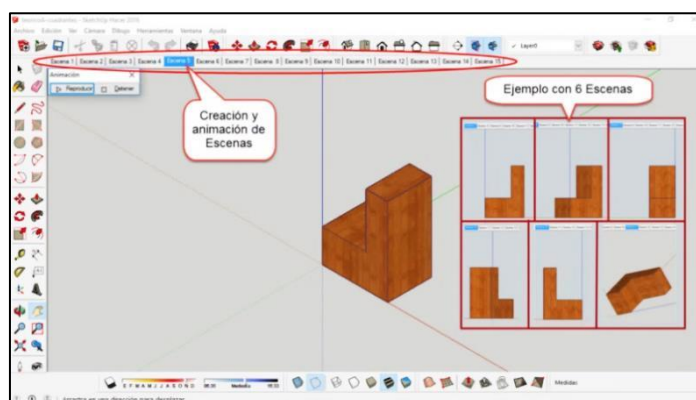


Figura 14. Modelado 3D y Animación de Escenas con SketchUp Make, en Windows.

Fuente: elaboración propia

Con el vídeo base AVI y elaboradas y editadas las imágenes complementarias, trabajamos en Linux en la edición final del vídeo con el programa Kdenlive, un editor de código abierto fácil de usar, potente, con muchos efectos creativos (comparable con el privativo Adobe Premiere). La Figura 15 muestra la interfaz gráfica de Kdenlive.

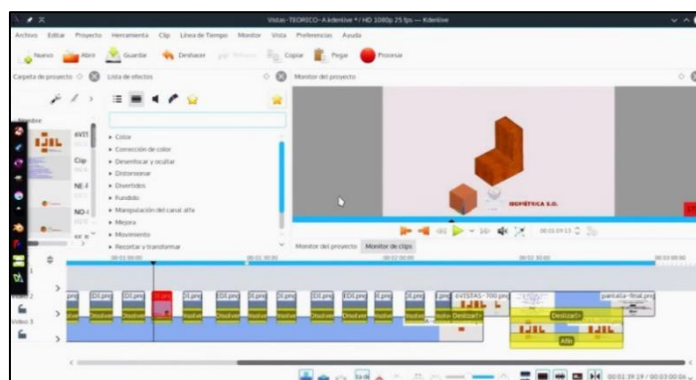


Figura 15. Edición de vídeo en Kdenlive en Sistema GNU-Linux.

Fuente: elaboración propia

La Figura 16 muestra miniaturas capturadas del vídeo final logrado con Kdenlive, que se puede ver en nuestro canal YouTube [17], publicado bajo licencia Creative-Commons.

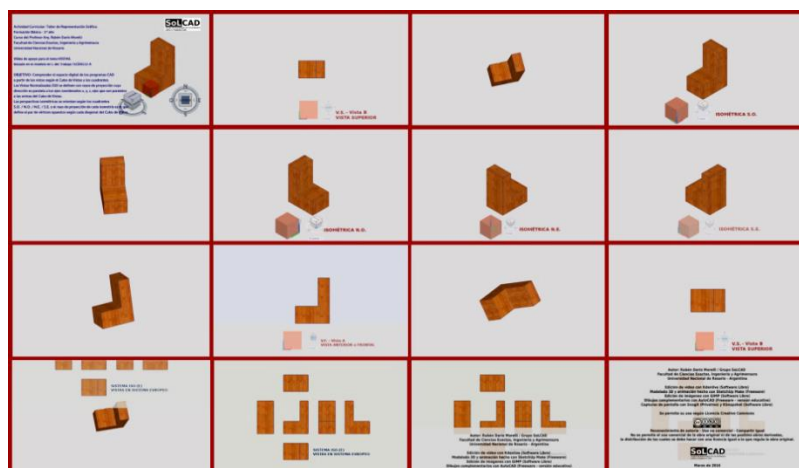


Figura 16. Capturas de pantalla del vídeo.

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Hemos presentado una amplitud de temáticas referidas a nuestra disciplina gráfica para seguir difundiendo nuestra experiencia y así animar a otros a migrar hacia las aplicaciones libres. No vamos en detrimento de los excelentes programas privativos que existen, pero entendemos que en nuestra actividad debemos darle la oportunidad al Software Libre. Aprendimos que la migración a Software Libre no es sencilla. Una cosa es la migración de usuarios que investigan y se comprometen con esta tecnología, y otra cosa es la migración de una organización, como una institución educativa o una empresa. El gran escollo es la resistencia al cambio. Una migración brusca es perjudicial. Debe ser formativa y gradual, seleccionando y capacitando líderes tecnológicos entre las personas más competentes y reconocidas por sus propios colegas, que sepan comunicar muy bien todo lo atinente a ese proceso de cambio.

Entendemos que hablar de ventajas o potencialidades del uso de Software Libre sobre el Software Privativo sin considerar el paradigma y su filosofía es caer en un análisis que puede llevar a conclusiones erróneas. Y no es nuestra intención. Porque tanto los programas privativos como los libres que se destinan a un uso similar, puede ocurrir que alguno se desempeñe mejor, igual, o peor que el otro. Las ventajas o potencialidades se dan justamente en el marco de su filosofía: legalidad y libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. Además los programas libres son más fáciles de descargar e instalar. Y si a esto le sumamos la gratuidad, es algo incontrastable (hoy una licencia individual por dos años de AutoCAD o de 3D Studio Max cuestan alrededor de u\$s 3000). En general, el Software Libre hace un uso más eficiente de los recursos de hardware. Por ejemplo Blender posee drivers dedicados para trabajar dentro de su entorno. El entorno completo de instalación de Blender no supera 0.5 Gb cuando AutoCAD ocupa un DVD. Aclaremos que es mejor comparar Blender con 3D Studio Max y otros del estilo. Ver la tabla de comparación hecha por Saint-Moulin [18].

Recomendamos instalar GNU-Linux en una partición del disco, para aprender a trabajar 100% en Software Libre desde el mismo sistema operativo, y dejar Windows para aquellos programas que necesitamos forzosamente y sólo se desempeñan en Windows. *Aprender a aprender* programas libres y nuevas formas de pensar y de hacer enriquece nuestro conocimiento y nuestra cultura digital. Como continuidad de nuestro trabajo, pretendemos profundizar el tema de las impresoras 3D dentro del proyecto de Hardware Libre con la intención de adquirir una y comenzar a producir prototipos didácticos.

5. Referencias

- [1] MORELLI R.D.; MORELLI L.R. (2012). El Software Libre en la Enseñanza de la Representación Gráfica. *Gráfica del Diseño. Tradición e innovaciones*, EGRAFIA, 2012. La Plata, p. 219-223.
- [2] BROCCA, J.C.; CASAMIQUELA, R. (2005). Las licencias de software desde la perspectiva del usuario final. *Revista Pilquen – Univ. Nac. Comahue*, Viedma, n. 7, p. 5.
- [3] STALLMAN, R.M. (2004). *Software libre para una sociedad libre*, Madrid: Traficantes de Sueños, p. 59-60.
- [4] WIKIPEDIA (2016). Hardware libre. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Hardware_libre
- [5] WIKIPEDIA (2016). Cultura libre. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Cultura_libre
- [6] GONZÁLEZ J. (2013). Yo, Maker. *Charla en TEDx, evento mundial de Tecnología, Entretenimiento y Diseño*. Valladolid. URL: [youtube.com/watch?v=94_uafCR0w](https://www.youtube.com/watch?v=94_uafCR0w)
- [7] MOCHI ALEMÁN P.Ó. (2002). El movimiento del software libre. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, México D.F., v. XLV, n. 185, p. 73-89
- [8] MORELLI R.D. (2015). Opciones para la Enseñanza de la Representación Gráfica a partir de Software Libre y Gratuito. *RBEG - Revista Brasileira de Expressão Grafica*. Revista Online – Brasil, v. 3, n. 1, p. 16-40.
- [9] MORELLI R.D.; PANGIA CTENAS H.A.; NIEVA L.S. (2015). Modelado Paramétrico 3D, Render y Animación con Software Libre: Interacción Freecad + Blender. *Geometrias & Graphica 2015 Proceedings*, Lisboa, v.1, c.1, p.023-036.
- [10] FREECAD WIKI (2016). Características generales. *Sitio Web Oficial de FreeCAD*. URL: www.freecadweb.org
- [11] BLENDER (2016). Contenidos del Manual de Referencia de Blender. *Manual Web Oficial de Blender*. URL: www.blender.org/manual
- [12] BORTOLATO M.G.; LENTI C.A.; MORELLI R.D.; VERGER G.I. (2008). El Prototipado Rápido en plástico ABS como herramienta didáctica. *EGRAFIA – Universidad Nacional de San Juan*. EGRAFIA, San Juan, p. 2-4
- [13] REP-RAP WIKI (2015). M Prime One. *Impresora 3D libre*. URL: http://reprap.org/wiki/M_Prime_One/es
- [14] PANGIA H.A. (2016). Movimientos de una impresora 3D M Prime ONE. *Canal YouTube del Grupo SoLCAD*. URL: https://www.youtube.com/channel/UCUuUzry2Jhlt_bAd3c4SzXg
- [15] MORELLI R.D. (2015). Teórico A. *Croquis de vistas*. FCEIA, Rosario. URL: <http://www.fceia.unr.edu.ar/de-sire/TEORICO-A.pdf>
- [16] MORELLI R.D. (2015). TP 03. *Modelado 3D y Vistas automáticas*. FCEIA, Rosario. URL: <http://www.fceia.unr.edu.ar/de-sire/TP-03-DATOS.pdf>
- [17] MORELLI R.D. (2016). Vídeo de apoyo para el tema Vistas. *Canal YouTube del Grupo SoLCAD*. URL: <https://youtu.be/CdPmgjoXvz8>
- [18] SAINT-MOULIN B. (2007). 3D softwares comparisons table. *Revista online TDT3D*. Bélgica, online 101/0. URL: http://www.tdt3d.be/articles_viewer.php?art_id=99

CATEGORIZACIÓN DE LAS CONCEPCIONES DE LOS DOCENTES UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍA SOBRE “QUÉ SE ENSEÑA” Y “PARA QUÉ SE ENSEÑA”

Julieta del Hoyo, julidelhoyo@fi.mdp.edu.ar

Victoria Hormaiztegui, m.e.v.hormaiztegui@gmail.com

Paola Massa, pamassa@fi.mdp.edu.ar

Alejandra Fanovich, mafanovi@fi.mdp.edu.ar

Lucrecia Moro, lemoro@mdp.edu.ar

Fabián Buffa, fbuffa@fi.mdp.edu.ar

María B. García, bagarcia@mdp.edu.ar

Grupo de Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Ingeniería (GIEnApI),
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Resumen

En el presente trabajo se indagaron las concepciones de los profesores universitarios de ingeniería respecto de qué se enseña y para qué se enseña. Se llevó a cabo un estudio descriptivo y con un diseño ex post facto. A partir de un protocolo construido con preguntas indirectas se realizaron entrevistas semi-estructuradas a docentes de diferentes asignaturas y de las distintas carreras que ofrece la Facultad. Se extrajeron categorías de respuestas aplicando el método comparativo constante. Se obtuvieron cinco tipos de concepciones que recorren un continuo que va desde una concepción de enseñanza centrada en los contenidos y en el docente y con un fin propedéutico, hasta una posición centrada en el alumno y en el desarrollo de estrategias para la formación del futuro profesional. Las entrevistas han conseguido proporcionar un espacio en el que los docentes han reflexionado sobre su propia práctica, apareciendo nuevos interrogantes y, en algunos casos, la necesidad de formarse en estos temas. El grupo se propone continuar esta investigación realizando un análisis cuantitativo en la población docente de la Facultad, a partir de las categorías encontradas.

Palabras clave: concepciones - enseñanza - docentes - ingeniería - universidad

1. Introducción

La constante evolución de la sociedad, especialmente en términos tecnológicos, ha modificado notoriamente los vínculos sociales y profesionales a tal punto que, en el campo educativo, resultan de interés no sólo las reformas curriculares que se deben realizar, sino el desarrollo profesional de los docentes que permita que esta evolución pueda observarse también en las aulas. Actualmente, los docentes se enfrentan a diario con nuevas situaciones de enseñanza y aprendizaje en el ámbito universitario, donde deben poner a prueba su capacidad de adaptación. Es aquí donde las creencias del profesor sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje se manifiestan en su actividad docente.

Diferentes antecedentes señalan que a pesar de los nuevos cambios curriculares en la formación de profesionales se mantiene una visión tradicional cuando hablamos de enseñanza y aprendizaje. La acción educativa no resulta solamente, por compartir, declarar o poner en acción ideas o teorías adquiridas formalmente, sino más bien por la integración de las construcciones personales que realiza cada docente respecto de la ciencia y su enseñanza que son producto de su historia y su experiencia. Barnett y Hodson [1] encuentran que son dos las fuentes para la obtención del conocimiento que contribuyen al desarrollo profesional de los profesores: (a) *fuentes internas* como la reflexión personal sobre las experiencias de enseñanza, y (b) *fuentes externas* como el conocimiento de la asignatura, las regulaciones gubernamentales, las políticas educativas; la interacción con otros profesores. En función de esto, el trabajo para la formación de profesionales de calidad, debería contemplar un eje que aborde la actuación educativa analizada a partir de estas dos fuentes y contribuyendo a resignificar la acción docente en el aula universitaria de manera tal de potenciar su desarrollo profesional.

En este aspecto, para potenciar el desarrollo profesional de los profesores universitarios se han propuesto tres recursos:

- (a) la formación inicial,
- (b) la interacción con pares y el trabajo colaborativo, y
- (c) la reflexión en y sobre la acción educativa.

Abordar las variables del desarrollo profesional no sólo es importante para mejorar el desempeño de los docentes, sino que también tiene sus beneficios en el contexto educativo porque un mayor desarrollo profesional garantiza mejores prácticas docentes que se irradian en un mejor desempeño académico de los estudiantes que tiene a cargo un profesor. De ahí la relación indisoluble entre el desarrollo profesional y la práctica de los profesores [2].

Se ha documentado que, cuando los profesores tienen un enfoque de la enseñanza centrada en el docente, es decir que ven la tarea como una transmisión de información donde los estudiantes adoptan los conceptos e ideas de una disciplina, el aprendizaje resulta bajo. Por el contrario, cuando los profesores ven que el foco de su tarea está en el aprendizaje del estudiante (en lugar de ser en la enseñanza) y donde su tarea se centra en trabajar para ayudar a los estudiantes a desarrollar o cambiar sus propias ideas y conceptos, el aprendizaje será más eficaz [3].

En la práctica, las concepciones que los docentes emplean, consciente o inconscientemente, en su actividad se centran entre dos teorías respecto del conocimiento: la visión dualista que entiende que el conocimiento existe independientemente del conocedor y puede aprenderse y ser aplicado independientemente del contexto en el que se encuentre; y la visión no-dualista que concibe que el conocimiento se crea o se constituye en la relación entre el individuo y el contexto.

Este trabajo tiene como finalidad comenzar a estudiar las construcciones personales de los docentes, en particular las creencias sobre la enseñanza en un ámbito poco explorado como lo es el de la Ingeniería.

2. Objetivo

El estudio tiene como objetivo explorar y caracterizar las concepciones sobre enseñanza que poseen los docentes de Ingeniería, vinculadas con su desempeño en la formación de profesionales, particularmente los aspectos relacionados con “qué se enseña” y “para qué se enseña”.

3. Método

Las actividades realizadas para alcanzar los objetivos planteados se desarrollaron mediante un estudio descriptivo con un diseño ex post facto. La variable en estudio fue la concepción sobre la enseñanza analizada en dos dimensiones:

D1- ¿qué se enseña? y

D2- ¿para qué se enseña?

3.1. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 17 docentes universitarios voluntarios que se desempeñan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, con dedicación simple, parcial y exclusiva. Sus disciplinas de formación son: física (1), matemática (2), química (2) e ingeniería (12). La mayoría realiza tareas de investigación en diferentes áreas y disciplinas.

3.2. Instrumentos

El instrumento consistió en un cuestionario de preguntas semiestructuradas. Dado que el objetivo del estudio no fue recoger información explícita, mediada por actitudes proposicionales, sino el de intentar acceder a niveles representacionales de carácter más implícito, se requirió que las concepciones sean indagadas por vías no tan directas [4, 5] (por lo tanto se plantearon cuestiones amplias donde el docente tenía que expresar su opinión). Como resultado de la naturaleza indirecta de las preguntas, la mayoría de las entrevistas no fueron estrictamente limitadas a la enseñanza, sino dirigidas tanto a la enseñanza y el aprendizaje más ampliamente. El protocolo que guió la entrevista constó de 23 preguntas, que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Instrumento utilizado en la entrevista realizada a los docentes

#	Pregunta
1	¿Qué lo motivó a ser docente en ingeniería?
2	¿Qué es lo que más disfruta de su labor docente?
3	¿Qué es un buen profesor para usted?
4	¿Cuáles fueron las características de los docentes que le impactaron?
5	¿Cuál sería su docente ideal?
6	¿Qué diferencias hay entre ser ingeniero y enseñar ingeniería?
7	¿Qué es lo que fundamentalmente aprenden los estudiantes en su asignatura?
8	¿Qué importancia tiene su materia en la carrera?
9	¿Qué recortes haría si una circunstancia ajena a Ud. hace que tenga dos tercios de las semanas de clase que habitualmente tiene?
10	¿Cómo describiría, brevemente, una típica clase suya?

11	¿Qué recursos utiliza para atender a la diversidad de alumnos que probablemente tenga en su clase?
12	Supongamos que le piden que, el mes que viene, reemplace a un docente por un tiempo en otra Facultad ya que saben que está preparado para hacerlo, ¿Aceptaría? ¿Por qué? Supongamos que acepta la propuesta: ¿Cómo se prepararía para la tarea?
13	¿Qué opina de la utilización de celulares, Tablets, etc. para el aula?
14	¿Utilizaría aula virtual?
15	¿Qué cree que es lo más importante a la hora de dar una clase?
16	¿Qué mejoras considera que serían importantes para su desempeño docente?
17	¿Cómo trabaja en el laboratorio?
18	Si tuviera más tiempo para dar clase ¿qué haría?
19	¿Qué información considera importante conocer acerca de sus alumnos para planificar la materia?
20	¿De qué manera devuelve las evaluaciones?
21	¿Cómo sabes qué es lo que saben sus alumnos? (¿cómo te das cuenta que un alumno aprendió?)
22	¿Qué opina de las evaluaciones a libro abierto? ¿Y de los parciales domiciliarios?
23	¿Qué preguntas le surgieron a partir de esta entrevista?

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 2 se presenta el modo en que se distribuyeron las preguntas según cada variable y sus dimensiones de análisis establecidas a priori.

Tabla 2. Distribución de las preguntas en variables y sus dimensiones.

Variables	Dimensiones	Número de pregunta
V1 - Características de los docentes de Ingeniería		1-6, 23
V2 - Concepción de la Enseñanza	D1 -Qué se enseña	7 y 9
	D2 - Para qué se enseña	8
	D3 - Cómo se enseña	10-19
	D4 - Qué se evalúa	20-22

Fuente: elaboración propia

3.3. Procedimiento

Recolección de datos

Una vez elaborado el cuestionario, se realizaron entrevistas que luego se analizaron en dos etapas. En la primera se estudió el conjunto de las respuestas dadas por todos los sujetos que compusieron la muestra y se extrajeron categorías sobre sus concepciones acerca de “qué se enseña” y “para qué se enseña”, las cuales fueron ordenadas a lo largo de un continuo que va desde la posición más tradicional hacia concepciones acordes con visiones actuales de la

enseñanza. En una segunda etapa, se analizaron los casos individuales y se caracterizaron las concepciones de cada sujeto.

Las entrevistas se registraron en formato digital y duraron aproximadamente una hora. Las mismas se llevaron a cabo en un marco natural, abierto y en tono de conversación para permitir que la posición de los entrevistados emergiera de manera espontánea.

Análisis de datos

Primera etapa: Consistió en extraer un número limitado de categorías tanto respecto de “qué se enseña” como de “para qué se enseña”. Para la identificación de categorías se utilizó el método comparativo constante [6]. Se comenzó por realizar un examen independiente de los datos por parte de los investigadores responsables del trabajo y un proceso iterativo de identificación y definición de categorías de respuestas. Para obtener un panorama global de las concepciones de los docentes frente a la enseñanza, las entrevistas se escucharon varias veces, se compararon entre sí y se interpretaron en un sentido amplio y no en función de los matices locales del discurso de cada sujeto. La categorización comenzó con la formación tentativa de orientaciones en la que los casos que parecían similares se consideraron en una misma categoría siempre que fueran suficientemente diferentes de otras categorías nacientes. Una vez finalizado el examen independiente, se realizó un proceso de re-categorización conjunto, extrayendo categorías a medida que surgieron agrupaciones alternativas, continuando el proceso hasta que las mismas se estabilizaron. Se concluyó la etapa describiendo las categorías encontradas tanto para el aspecto “qué se enseña” como para el relacionado con “para qué se enseña”.

Segunda etapa: Se describieron las concepciones de cada sujeto teniendo en cuenta la categoría en la que fue ubicada su concepción de las dimensiones analizadas.

4. Resultados y Discusión

Primera etapa:

La Tabla 3 muestra la categorización de respuestas recogidas de las entrevistas a partir de la pregunta específica *¿Qué es lo que fundamentalmente aprenden los estudiantes en tu asignatura?* con el objeto de desarrollar la variable de estudio en la dimensión D1.

La respuesta R1 caracteriza a los docentes que basan su desempeño en los contenidos conceptuales de la disciplina, representados como una serie de conocimientos acabados correspondiente al mundo externo al sujeto que aprende. El foco está en los temas que, para la asignatura, prevé el plan de estudios. El profesor presenta estos temas como una colección de temas aislados a los estudiantes y espera que sólo por el mero hecho de presentarlos de manera clara y ordenada, el estudiante los incorpore.

Frente a la pregunta, ¿qué es lo que fundamentalmente se aprende en la asignatura en la que está a cargo? Se obtienen respuestas como la siguiente: “¿Aparte del programa?”; o citan temas concretos como por ejemplo: “ecuaciones de Maxwell”; “conceptos básicos de química”, etc.

Por otro lado, la categoría R2, agrupa respuestas de docentes que consideran que el objeto de estudio es un cuerpo coherente de conocimientos correspondientes al mundo externo pero que han sido previamente estructurados por un experto en el tema. El foco está en la comprensión de la asignatura como un todo. El profesor presenta los temas y traza vínculos entre éstos y otros contenidos de la asignatura. Introduce un cuerpo de conocimientos y las formas en que se han desarrollado los mismos. Frente a la consulta sobre qué se enseña, si bien refieren exclusivamente a conceptos, tienen una mirada global de la asignatura. Los siguientes son ejemplos de esta concepción: “El objetivo final de la asignatura es que tengan entendidas las

4 ecuaciones de Maxwell, de pe a pa, y que entiendan que son los 4 pilares que dieron lugar a la Física moderna, y dieron lugar a la revolución cuántica, y no se cayeron”; “Aprenden núcleos de conceptos que no pueden faltar ni olvidar”.

La categoría R3 contiene la concepción descripta en R2 y también incluye los procesos cognitivos que permiten la incorporación de esos conocimientos. El profesor presenta los temas, traza vínculos entre éstos y otros contenidos y propone actividades que favorezcan la reproducción del conocimiento válido. Estas actividades son fundamentalmente ejercicios y prácticos de laboratorio que se siguen a modo de receta. Se obtienen respuestas que mencionan contenidos y procedimientos, del tipo: *“tratamos que puedan razonar, trabajar en grupo, saber comunicarse, ser precisos en los conceptos, interpretar textos”* o *“... tienen un sistema con reacción química y aprenden cuáles son las ecuaciones que gobiernan esos procesos, qué ecuaciones hay que plantear, qué balances y para qué... La idea es que con esta base, ustedes tengan cualquier tipo de procesos y los puedan ver con este enfoque y lo puedan estudiar vos solo con este enfoque.”*

La categoría R4 agrupa respuestas de docentes que enseñan capacidades que conduzcan a la autonomía del estudiante, apuntando a que los mismos internalicen, reorganicen y reconstruyan los conceptos en el proceso de aprendizaje. Incorporan conceptos como teorías, leyes y principios que forman parte de distintos modelos. Los docentes buscan que los estudiantes incorporen los contenidos a partir de los cuales se pueden interpretar, analizar y estudiar fenómenos vinculados con la asignatura en la que trabaja. Se plantean situaciones problemáticas para la búsqueda de soluciones más que ejercicios. Encontramos expresiones como las siguientes: *“...básicamente lo que pretendo es que aprendan a analizar información, que es lo más difícil, porque la estadística es la ciencia y el arte de analizar los datos, uno tiene que hacer hablar a los datos, hay que hacerlos leer detrás de los datos, qué hay, analizar cada uno y sacar conclusiones...”*, *“...yo aprendí mucho al darla [la asignatura] y fui variando; al principio uno es más inseguro y trata de antemano conocer las soluciones de lo que está dando, conocer la mayor parte de las respuestas... en los últimos años me largué al agua igual que los alumnos. El tema es ‘este’ hagámoslo...eso me parece mucho más importante, trabajar con problemas abiertos, eso es más importante que el contenido”.*

Los docentes con respuestas incluidas en la categoría R5 tienen como concepción desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis, el pensamiento crítico, habilidades para la investigación y la reflexión. Se busca provocar un cambio conceptual en sentido epistemológico general de manera de desarrollar capacidades propias de un futuro ingeniero. El objeto de estudio es un cuerpo de conocimientos tentativo y provisorio. Se obtienen respuestas del tipo: *aprenden “a valerse por sus medios... que no importa que uno le explique un motor chiquito, el motor grande a los sumo va a tener mejores prestaciones, pero siempre es un motor, darse cuenta que las cosas son relativas y van cambiando y que el modelo que uno explica de un dispositivo particular hoy, por ahí mañana está en desuso pero los mecanismos para entender eso son siempre vigentes....la cadena de razonamiento se tiene que poder aplicar a cualquier cosa más adelante”*; *“Reciben la posibilidad de integrar conocimientos de diferentes áreas, el entrenamiento para analizar problemas desde diferentes ángulos y enfocando distintas y posibles soluciones”*; *“... llegar a ver la realidad... ¿Qué es lo que quiero que lleven de acá? Saber qué es un código de procedimientos... saber cómo pasar información a los empleados cuando trabajen en la industria... Saber qué es un esquema de equipos reales para comunicarte con los demás...”*; *“lo que nos proponemos es que adquieran una percepción holística del ingeniero...lo que hace el ingeniero influye fuertemente en el entorno económico y social, y que lo que hace la sociedad o la economía en la que vive influye muy fuertemente en el trabajo que va a tener que hacer y cómo lo va a llevar adelante”.*

La Tabla 3 resume las cinco concepciones encontradas. De los cinco niveles de respuesta obtenidos (R1 a R5) puede considerarse que las mismas abarcaron la concepción dual del conocimiento en el extremo R1 hasta la concepción no-dual del conocimiento en el extremo R5, encontrando una variedad de matices intermedios que en algunos casos resultó difícil de clasificar a partir de las descripciones de los docentes.

Tabla 3: Concepciones de docentes universitarios respecto de **qué se enseña**

Tipo de respuesta	Descripción
R1	Información ya establecida por el programa. Listado de contenidos conceptuales
R2	Información científica previamente seleccionada, adaptada y estructurada por un experto (profesor) alrededor de grandes conceptos estructurantes u organizadores.
R3	Conceptos y procedimientos para incorporar información científica.
R4	Un cuerpo de conocimientos que se internaliza, se reorganiza y reconstruye en el proceso aprendizaje. Se resuelven problemas.
R5	Conocimientos y habilidades para desarrollar una nueva manera de pensar, analizar y concebir problemas vinculados a la formación de futuros ingenieros

Fuente: elaboración propia

La caracterización de las concepciones de cada docente en los niveles de respuesta hallados, mostró la distribución que se presenta en la Figura 1.

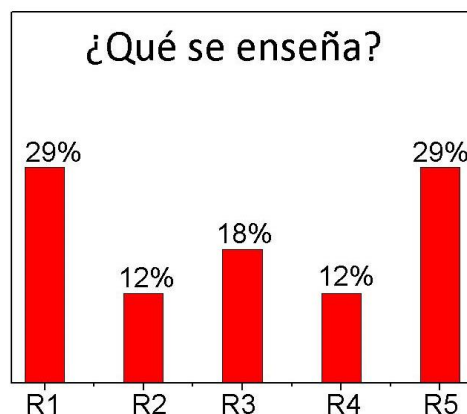


Figura 1: Distribución de respuestas para la dimensión D1 de la variable de estudio, concepción de la enseñanza.

Fuente: elaboración propia

Se detectó una polarización entre las respuestas R1 y R5 de igual porcentaje (29%), y valores entre 12 y 18 % para las respuestas intermedias. Si se tiene en cuenta que la amplia mayoría de los docentes involucrados en el estudio no tiene una formación docente de base, esta distribución confirma que sus concepciones sobre la enseñanza han sido construidas a partir de sus experiencias y reflexiones de la práctica docente. No hay teorías adquiridas formalmente sino construcciones personales, que se enriquecieron (o no) con la propia práctica, el ejemplo de quienes fueron sus docentes, la experiencia transmitida por otros colegas y demás factores

encontrados en su historial. Es decir, las fuentes externas e internas que se refirieran en la introducción.

La dimensión D2 fue analizada a partir de la recolección de respuestas sobre la pregunta específica *¿Qué importancia tiene tu materia en la carrera?* La Tabla 4 presenta las categorías extraídas.

Tabla 4: Concepciones de docentes universitarios respecto de **para qué se enseña**

Tipo de respuesta	Descripción
R1	Para adquirir conocimientos que le permitan afrontar las materias siguientes
R2	Para desarrollar capacidades de aprendizaje autónomo y significativo.
R3	Para desarrollar competencias para el desarrollo profesional.

Fuente: elaboración propia

El nivel R1 expresa una concepción propedéutica donde los docentes realizan su actividad con el único fin de que los estudiantes incorporen los conocimientos suficientes para afrontar los cursos posteriores. Se obtienen respuestas del tipo: *“algunos conceptos de química que se van a usar en las materias que siguen”*; *“mi materia le da las herramientas a otras materias troncales”*; *“va a servirles en las materias del ciclo de especialización”*; *“tiene contenidos que piden otras materias”*.

En la categoría R2 los docentes buscan desarrollar habilidades en los estudiantes que les permitan aprender a aprender, es decir, que vayan adquiriendo estrategias de aprendizaje autónomo. De esta manera, los estudiantes podrán ir complejizando los modelos mentales contruidos para interpretar los fenómenos de manera que puedan abordar cada vez problemas más complejos. Una respuesta propia de esta categoría es: *“yo siempre digo aprendí más que los alumnos, al principio las encuestas de los alumnos decían que yo los ayudaba demasiado, que no los dejaba libres... yo traté por lo menos de escuchar a los alumnos, entonces traté también de que se arreglen, más grados de libertad y orientar en lo que uno podía, pero que se arreglen y que traigan... y fue interesante porque muchos proyectos hubo propuestas totalmente distintas, eso me pareció formativo para el alumno”*.

Por otro lado, en el nivel R3 los docentes apuntan a que los estudiantes desarrollen competencias y conocimientos que los ingenieros deberán utilizar en su actuación profesional. *“Es la primera vez en su vida pseudo-profesional, que tienen la oportunidad de ser acompañados en un desarrollo o en la resolución de un problema. Es una instancia clave en la carrera, porque el docente a cargo tiene la oportunidad de meterse íntimamente en los mecanismos de razonamiento y en la forma de utilizar los conocimientos que tiene el alumno”*; *“es lo que distingue a un ingeniero químico de cualquier otro ingeniero”*.

La distribución de frecuencias para estas categorías se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Distribución de respuestas para la dimensión D2 de la variable de estudio, concepción de la enseñanza.

Fuente: elaboración propia

Segunda Etapa:

En la Tabla 5 se reúnen las categorías en las que se ubicó a cada uno de los docentes entrevistados en las dos dimensiones analizadas. Como una referencia, se incluye el área a la que pertenece la asignatura en la que desarrollan sus tareas.

Tabla 5: Categorías encontradas para las dos dimensiones analizadas

Docente	Área	D1	D2
1	Ciencias Básicas	R1	R1
2	Tecnológicas Aplicadas	R2	R1
3	Ciencias Básicas	R1	R1
4	Complementarias	R5	R3
5	Tecnológicas Aplicadas	R4	R2
6	Ciencias Básicas	R1	R1
7	Ciencias Básicas	R3	R1
8	Tecnológicas Básicas	R1	R1
9	Ciencias Básicas	R1	R1
10	Gestión de la Productividad	R3	R1
11	Ciencias Básicas	R4	R1
12	Tecnológicas Aplicadas	R5	R1
13	Tecnológicas Aplicadas	R5	R3
14	Tecnológicas Aplicadas	R5	R3
15	Tecnológicas Aplicadas	R5	R1
16	Tecnológicas Aplicadas	R3	--
17	Ciencias Básicas	R2	R1

Fuente: elaboración propia

Al docente 16 no se le asignó ninguna categoría en la dimensión D2 ya que no se pudo inferir de su discurso ninguna indicación que permitiera hacerlo.

Podría establecerse una relación entre las dos dimensiones indagadas, que se representa en la Tabla 6.

Tabla 6: Relación entre las categorías de ambas dimensiones analizadas

D1	D2
R1 – R2	R1
R3	R2
R4 – R5	R3

Fuente: elaboración propia

Los docentes que consideran que su enseñanza consiste en transmitir información establecida en el programa, seleccionada y jerarquizada, o no, considerarían que la misma tiene como finalidad adquirir conocimientos que le permitan afrontar las materias siguientes. Aquellos que entienden que enseñan conceptos y procedimientos para incorporar información científica estarían cercanos a pensar que su enseñanza está orientada a desarrollar capacidades de aprendizaje autónomo y significativo. Por último, los docentes que creen que enseñan conocimientos y habilidades para desarrollar una nueva manera de pensar, analizar y concebir problemas vinculados a la formación de futuros ingenieros lo harían con la finalidad de desarrollar competencias para el desarrollo profesional.

Esto pudo confirmarse en casi el 60% de los casos, mientras que otro 30% que se ubicaba en categorías R3, R4 y R5 de la dimensión D1 quedó en la categoría R1 en la D2. Esto es lo que llevó a un marcado 75% en esta categoría (R1).

5. Conclusiones y recomendaciones

Tal como se expresó en la introducción, el presente trabajo constituye el paso inicial de un proyecto de investigación que tiene como finalidad caracterizar las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de los docentes de ingeniería. Estos primeros resultados obtenidos sugieren que, más allá de los profundos cambios y progresos que ha tenido la ingeniería en las últimas décadas, los mismos han sido poco reflejados en las aulas. Particularmente se observa que, en los docentes de las asignaturas de los primeros años, no parece haber una preocupación explícita respecto de plantear modificaciones concretas a los contenidos estructurantes de las asignaturas, sosteniendo una visión propedéutica de los mismos. Sobre la base de que el conocimiento científico viene teniendo un crecimiento exponencial, cada vez resulta más evidente la imperiosa necesidad de que los profesores se cuestionen y, eventualmente, reelaboren los programas, de manera tal que se incorporen aquellos contenidos que resulten más valiosos para ayudar a los estudiantes a “aprender a aprender” ya que será imposible abordar de manera completa los tópicos de cada disciplina.

No obstante y más allá de los resultados obtenidos, las entrevistas a los docentes respecto de los modos en los que abordan la enseñanza de su disciplina constituyeron un hecho relevante en sí mismo. Las mismas proporcionaron un espacio en el que los docentes se vieron invitados a pensar su actuación profesional, a analizar su propuesta pedagógica reflexionando tanto sobre sus estrategias como así también analizando las posibles inconsistencias que sustentan sus opiniones lo que constituye un puntapié inicial fundamental para generar verdaderos cambios en sus prácticas. Muy pocas veces los profesores universitarios tienen espacios en donde se

promueva la reflexión y discusión entre pares sobre su propia práctica, más bien suele ser un trabajo en soledad y que no se observa en tantas ocasiones.

6. Referencias

- [1] BARNETT, J. y HODSON, D. (2001). Pedagogical context knowledge: toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Teacher Education*, n. 85, p. 426-453.
- [2] SUPOVITZ, J. A.; TURNER, H. M. (2000). The Effects of Professional Development on Science Teaching Practices and Classroom Culture. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 9, p. 963-980.
- [3] MARTIN, E.; PROSSER, M.; TRIGWELL, K.; RAMSDEN, P.; BENJAMIN, J. What university teachers teach and how they teach it. *Instructional Science* v.28, p. 387–412.
- [4] LIMÓN, M. (2006). The domain generality specificity of epistemological belief. A theoretical problem, a methodological problem or both? *International Journal of Educational Research* 45, p. 7-27.
- [5] PECHARROMÁN, I.; POZO; J. I. (2006). ¿Cómo sé que es verdad?: Epistemologías Intuitivas de los Estudiantes sobre el Conocimiento Científico. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 2, p. 153-187.
- [6] STRAUSS, A.; CORBIN, J. (1997). *Grounded Theory in Practice*. London: Sage.



III CADI
IX CAEDI
2016



Análisis de las dificultades de los estudiantes que aplican matemática en el contexto de las ingenierías

Germán Edgardo Camprubí, Facultad de Ingeniería-UNNE, gcamprubi@ing.unne.edu.ar

Arturo Bortfitz, Facultad de Ingeniería-UNNE, abortfitz@ing.unne.edu.ar

Resumen— Una de las tendencias actuales es la importancia que se da a la enseñanza de los procesos de pensamiento propios de la matemática cuando el estudiante tiene que contextualizarlo en otras áreas del conocimiento.

Este trabajo reporta las dificultades que los docentes encuentran en los estudiantes cuando tienen que aplicar conceptos matemáticos en el contexto de las ingenierías. Para el caso de la Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional del Nordeste se enumeran una serie de temas en los que se detectaron inconvenientes para pasar del conocimiento enseñado al aplicado. Estos inconvenientes provocan que los docentes del ciclo superior de Ingeniería tengan que reiterar ciertos desarrollos para asegurar una mejor transposición de los desarrollos matemáticos.

Palabras clave— *matemática, ingeniería, dificultades.*

1.Introducción

La teoría matemática en el contexto de las ciencias nació en 1982 en el Instituto Politécnico Nacional de México, y pone en debate el rol de la matemática y las ciencias que la aplican [1], [2], [3], [4], [5], [6]. En este marco conceptual, la matemática se concibe en base a tres pilares:

- La matemática es una herramienta de apoyo y a su vez disciplina formativa.
- La matemática tiene una función específica en la formación universitaria.
- Los conocimientos se estructuran en forma integrada.

El supuesto filosófico-educativo de este enfoque conceptual acepta que el estudiante debe poder transferir el conocimiento matemático al contexto de otras áreas de conocimiento con el consecuente impacto en sus competencias profesionales y laborales. Esta propuesta de abordaje presenta al proceso de enseñanza y aprendizaje como una dinámica compleja en donde interactúan diversas variables: las características cognitivas, psicológicas y afectivas de los estudiantes; los conocimientos y concepciones de los profesores; la epistemología del contenido a aprender y a enseñar; el tipo de currículo y la didáctica que se ejercita [7]. Sintéticamente, estas variables se han agrupado en tres factores claves: el estudiante, el profesor y el contenido a enseñar que se complementan con otros dos elementos de interacción: el currículo y la didáctica. Además debe tenerse en cuenta que el proceso de enseñanza y aprendizaje se desarrolla en un contexto de tipo social, cultural, económico y político.

Considerando la variable epistemológica, la matemática que se desarrolla en los cursos de áreas de ingeniería debiera concebirse en el contexto de diversas áreas de conocimiento específico. Sin embargo, ese contexto suele quedar difuso en las aulas para dar lugar a una matemática más característica de los ambientes de aprendizaje con la consecuente pérdida de sentido para los estudiantes [8].

La teoría de la matemática en el contexto de las ciencias propone un constructo teórico denominado transposición contextualizada que propone que la matemática aprendida por los estudiantes necesita de transformaciones o transposiciones para adaptarse a las necesidades de otras ciencias [4].

Conocimiento Erudito	Transposición	Conocimiento enseñado	Transposición	Conocimiento aplicado
-------------------------	---------------	--------------------------	---------------	--------------------------

Transposición didáctica

Transposición contextualizada

Figura 1: Transposiciones del conocimiento

Fuente: Patricia Camarena Gallardo-Instituto Politécnico Nacional

En este marco conceptual, el objetivo de este trabajo consiste en presentar un primer avance del diagnóstico de las dificultades detectadas en los estudiantes que aplican conocimientos matemáticos en asignaturas de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste.

2. Materiales y Métodos

En el contexto de una investigación exploratoria, la metodología aplicada consistió en la generación de información primaria con el fin de detectar las dificultades que los docentes detectan en los estudiantes cuando aplican matemática. Se hicieron entrevistas a responsables de las asignaturas del ciclo superior de las carreras de Ingeniería en la Universidad Nacional del Nordeste.

Las entrevistas estuvieron orientadas a que los docentes que aplican matemática en el contexto de las ingenierías indicaran las dificultades detectadas en el trabajo con los alumnos. Esas dificultades son las que obstaculizan la profundización del conocimiento aplicado en ingeniería. Se previó clasificarlas en tres niveles asociados con las características del conocimiento matemático enseñado durante el ciclo básico.

3. Resultados y Discusión

Una de las primeras resultantes del relevamiento realizado fue que uno de los docentes consultados consideró que antes de realizarse el relevamiento propuesto era necesario abrir el debate respecto de la matemática más adecuada para la formación de un futuro ingeniero. Por lo tanto los resultados pueden dividirse en dos planos: uno micro y otro macro.

Desde el punto de vista micro, los resultados se presentan en una tabla en la que pueden observarse las dificultades de los estudiantes clasificados en básicos, intermedios y avanzados.

Análisis de las dificultades de los estudiantes que aplican matemática en el contexto de las ingenierías

Tabla N°1: Dificultades de los estudiantes que aplican matemática en las ingenierías

Enfoque Micro		
Conocimientos básicos	Conocimientos intermedios	Conocimientos avanzados
Manejo de unidades y conversiones	Planteo de condiciones de borde	Espacios tangente y co-tangente
Extrapolación e interpolación gráfica y analítica	Integración de funciones	Derivada co-variante y la compatibilidad de tensor de curvatura (Riemann-Christoffel)
Manejo de escalas aritméticas	Conformación de series de números coordinados: Fibonacci, número de oro; proporción áurea	Calculo tensorial en coordenadas polares (usando conectores o símbolos de Christoffel)
Cálculos con logaritmos	Manejo de escalas logarítmicas y probabilísticas	Tensor de cuarto orden
Operaciones con expresiones algebraicas	Álgebra de Complejos	Condiciones de compatibilidad de Hadamard
Ubicación en el espacio para hacer cortes	Ecuaciones diferenciales, divergencia, coordenadas cartesianas y curvilíneas, vectores y covectores, tensores, rotación y transformación de coordenadas (Jacobiano)	
Interpretación de unidades físicas		

Fuente: elaboración propia

Respecto del listado de temas que aparece en la Tabla N°1, los docentes manifestaron en general que a los estudiantes tienen dificultades en cuanto a la autonomía para aplicar la matemática en el contexto de las ingenierías; es decir de la matemática aplicada a problemas particulares. Estos inconvenientes determinan que los docentes tengan que volver sobre los conceptos necesarios para avanzar en el contexto de conocimientos específicos de ingeniería. De esa manera los docentes se ven en la necesidad de readecuar la administración del tiempo en el aula que es una de las variables críticas del proceso enseñanza y aprendizaje.

Desde el punto de vista macro, con mayor perspectiva que el anterior, un docente planteó la necesidad de realizar un debate previo referido al perfil del egresado y de las necesidades de desarrollos matemáticos a desarrollar en el ciclo básico de su formación. Esta consideración abre la discusión sobre la matemática más adecuada para cada rama de la ingeniería: ¿hacer énfasis en matemática continua o discreta?. Este interrogante propone cambiar el eje de la discusión y trasladarlo hacia la cuál es el enfoque de la matemática más apropiado para estudiantes de las ingenierías. La matemática discreta es la base de los procesos digitales mientras que la continua se relaciona con los procesos analógicos.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se hace necesario iniciar un debate colectivo sobre las dificultades de los estudiantes para contextualizar la matemática en temas de la ingeniería. A modo de contribución y basado en la bibliografía consultada se sugieren algunas propuestas para ese debate referido al desarrollo de la matemática en el ciclo básico de las Ingenierías:

- * Articular los diferentes registros de representación. En la matemática se cuenta con los registros numérico, algebraico, analítico, contextual y visual que deben ser usados para llegar a los diferentes estilos de aprendizaje del estudiante.
- * Ejercitar intercambios del lenguaje natural al matemático y viceversa. Se propone una categorización de las representaciones en este tránsito: problemas con enunciado literal, con enunciado evocador y con enunciado complejo.
- * Construir modelos matemáticos. Si el alumno no puede construir un modelo matemático de un fenómeno de la naturaleza, es poco probable que pueda hacer la transferencia del conocimiento matemático a otras ciencias.
- * Resolver fenómenos contextualizados para ayudar al estudiante a desarrollar las habilidades para lograr la resolución. La matemática en contexto toma como herramienta la resolución de problemas y el aprendizaje basado en proyectos, así como sus elementos de formación: heurísticos, metacognición, creencias, entre otros.
- * Elaborar material referido a los fenómenos contextualizados en estrecha colaboración con los docentes del ciclo superiores de Ingeniería.
- * Favorecer la argumentación y la habilidad de conjeturar partiendo de supuestos. Uno de los elementos formativos que ofrece la matemática es argumentar, conjeturar y seguir un proceso a partir de supuestos, sin que se desee formar como matemáticos a los futuros ingenieros.
- * Favorecer la búsqueda de analogías. Las analogías que pueda usar el docente en clase asistirá al estudiante para que establezca asociaciones a las estructuras cognitivas previas.
- * Identificar las nociones previas. Si se conocen las nociones previas con que cuenta el estudiante, el docente podrá diseñar sus actividades a partir de éstas y apoyar la construcción de conocimientos significativos.
- * Identificar obstáculos clasificados en didácticos (provocados por el docente), cognitivos (referidos a los conocimientos anteriores del estudiante) y ontogénicos (inherentes a las características socioculturales del estudiante).
- * Presentar el conocimiento en espiral abriendo el camino para que el docente repase conocimientos ya tratados en el mismo curso o en estudios anteriores, lo cual apoya la construcción y reconstrucción del conocimiento.
- * Aplicar la tecnología como una herramienta de apoyo al aprendizaje. Por lo común, no hay tiempo en los espacios didácticos para incursionar en otras actividades que consuman los tiempos programáticos, por lo cual debe incursionarse en la tecnología (plataformas tecnológicas educativas, foros de discusión, comunidades virtuales) que de alguna manera extienden los tiempos del aula. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), hacen que el estudiante vaya a sus propios ritmos porque los tiempos cognitivos son diferentes a los didácticos. Además, le facilita retroceder o avanzar cuando desee, repasando y reforzando los conocimientos.

5. Referencias

- [1] CAMARENA, P. (1984). *El currículo de las matemáticas en ingeniería*. Memorias de las Mesas redondas sobre definición de líneas de investigación en el IPN. México, D. F.: Instituto Politécnico Nacional

- [2] CAMARENA, P. (1987). *Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos*. Tesis de Maestría en Ciencias en el área de Educación Matemática. México, D. F.: CINVESTAV- Instituto Politécnico Nacional.
- [3] CAMARENA, P. (1995). *La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería*. Conferencia Magistral, XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana, México
- [4] CAMARENA, P. (2001). *Las Funciones Generalizadas en Ingeniería, construcción de una alternativa didáctica*. México, D. F.: Editorial Anuies, Colección Biblioteca de la Educación Superior, Serie Investigación.
- [5] CAMARENA, P. (2006). Reporte de proyecto de investigación titulado: *La matemática formal en la modelación matemática*. México, D. F.: Editorial Esime-IPN.
- [6] CAMARENA, P. (2008). *Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias* [Conferencia Magistral]. Actas del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas, Perú.
- [7] CAMARENA, P. (2011). Reporte de proyecto de investigación titulado: *Fundamentos teóricos de las ciencias en contexto*. México, D. F.: Editorial Esime-IPN.
- [8] CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor S. A.

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA FOMENTAR LA AUTOGESTIÓN Y EL TRABAJO COLABORATIVO

Patricia Verónica Torresan, U.T.N. - F.R.S.F., ptorresan@gmail.com
Gastón Germán Micheri, U.T.N. - F.R.S.F., gaston.micheri@gmail.com
Marta Castellaro, U.T.N. - F.R.S.F., mcastell@frsf.utn.edu.ar
Daniel Ambort U.T.N. - F.R.S.F., dambort@gmail.com

Resumen—La formación integral de los profesionales informáticos involucra aspectos técnicos, pero también el desarrollo de capacidades menos tangibles como las de análisis, identificación de requerimientos y desarrollo de estrategias de solución al problema a enfrentar. Estas competencias se adquieren gradualmente, por lo que es importante hacerlo desde las primeras asignaturas, y además constituye un factor de apoyo en la motivación y la retención de los alumnos. Lo anteriormente expuesto se ve especialmente reflejado en el área de programación de computadoras, donde los alumnos deben crear algoritmos y programas de tipos muy variados, por lo que es indispensable desarrollar en ellos la capacidad de analizar y resolver problemas de distinta índole.

En este trabajo se expondrán las estrategias didácticas y herramientas tecnológicas utilizadas en una asignatura de primer año de la carrera de Ingeniería en Sistemas para guiar y acompañar al alumno en la adquisición de estas capacidades técnicas, así como el fomento de la autogestión y trabajo colaborativo. Se presentarán también tópicos relacionados con otros recursos y actitudes no menos importantes, orientadas a la profesionalización de la documentación de los programas, la interacción con el entorno y las relaciones humanas, tanto entre pares como con el resto del entorno social de trabajo y estudio.

Palabras clave—*motivación, integración, resolución de problemas, programación.*

1. Introducción

Los alumnos que comienzan los estudios universitarios encuentran en general una realidad diferente a la que tenían como habitual, que suele ofrecer dificultades: deben definir su propio plan (qué asignaturas cursar, en qué horarios, cómo estudiar, cómo socializar con otros estudiantes que no conocen, cómo conformar equipos, etc.). Un porcentaje considerable de alumnos también está conociendo y adaptándose a la ciudad, y se encuentra en un contexto nuevo. Esta situación resulta más compleja debido a la falta o escasez de algunos hábitos y competencias (la atención, la comprensión, el trabajo en equipo).

Este trayecto puede hacerse más fácil de recorrer acompañando al alumno con aportes de los docentes en distintos aspectos, entre los que se pueden identificar:

- *motivación*: cuando los estudiantes deben realizar actividades que los entusiasman, ponen esfuerzo, realizan consultas, forman verdaderos equipos de trabajo y dan cuenta de los resultados con interés;
- *integración*: cuando los alumnos pueden relacionar los contenidos curriculares de las distintas asignaturas, entre sí y con contenidos extracurriculares, logran afianzar los aprendizajes y afianzar lo aprendido, viéndolo desde distintas perspectivas y contextualizándolo.

La situación planteada adquiere características particulares cuando se trabaja en un primer curso de programación de computadoras, pues a ello deben agregarse otros aspectos que se presentan comúnmente:

- *la no homogeneidad en los conocimientos y capacidades previas*: hay alumnos que comienzan con niveles disímiles de experiencia en programación: algunos habiendo trabajado con más de un lenguaje de programación, otros algún nivel de experiencia previa y otros sin ningún tipo de preparación en la temática de la materia;
- *las expectativas con la disciplina*: en general los alumnos esperan desarrollar aplicaciones/programas en forma temprana, dado que es lo primero con lo que identifican a las carreras de sistemas de información.

Es importante considerar los aspectos socioeducativos de la vida de cada alumno. Claramente, no se busca realizar un análisis profundo de cada caso en detrimento de los objetivos de la materia, pero sí observar el rendimiento académico del grupo, e identificar aquellos alumnos que presentan caídas a partir de cierto punto del cursado, o muy poca evolución en los resultados; es decir, síntomas de posibles causas externas que afecten el rendimiento. En este aspecto, se realiza un trabajo interdisciplinario entre los docentes y un grupo de psicopedagogas pertenecientes al área de Orientación Educativa de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (FRSF-UTN) para atender estos casos a medida que se van detectando.

Por otra parte, el Ministerio de Educación de la Nación Argentina (a través de la Resolución Ministerial N° 786/09 [1]) ha fijado estándares para las carreras de Computación, Sistemas de Información e Informática. Los mismos aprueban contenidos curriculares básicos, carga horaria mínima, así como criterios de intensidad de la formación práctica.

En cuanto a las carreras de Ingeniería se establece que la formación práctica debe realizarse a través de distintas actividades: formación experimental, resolución de problemas de ingeniería, proyecto y diseño, y práctica profesional supervisada. Se destaca que la intensidad de la formación práctica marca un distintivo de la calidad de un plan de estudios, y que una mayor dedicación a las actividades de formación práctica, sin descuidar la profundidad y rigurosidad de la fundamentación teórica, se valora positivamente y debe ser adecuadamente promovida.

Respecto a la “Resolución de problemas de ingeniería” se establece que los componentes del plan de estudios deben estar adecuadamente integrados para conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería. Esto es, situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiera la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías.

Por otra parte, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [2] realizó un trabajo preliminar que contribuyó a la normativa de los estándares. Se indica que el ingeniero argentino deberá formarse en diferentes etapas de aprendizaje, desarrollando el nuevo perfil

profesional que requiere la sociedad y el mundo del trabajo en las primeras décadas del Siglo XXI. Para ello se establece que es necesario adquirir distintos tipos de competencias.

2. Materiales y Métodos

Para lograr los objetivos académicos ya presentados es necesario desarrollar estrategias, diseñar materiales de trabajo y prácticas docentes especialmente elaboradas. Es necesario ampliar el conjunto de recursos con los que tradicionalmente se trabaja (clases en aula, actividades en laboratorios de informática y material impreso). Es decir, la generación de propuestas nuevas que apoyen los aprendizajes y las competencias, incluyendo tecnologías, actividades y desafíos afines al contexto de los alumnos. Esto demanda trabajo docente en equipo, búsqueda de nuevos medios, creatividad en la creación de los elementos e instrumentos de trabajo, nuevos roles y prácticas docentes.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación utiliza entre otras estrategias la resolución de problemas a través del uso de computadoras. El mismo se descompone en varias etapas: interpretación del enunciado del problema, modelado de una solución, selección de las estructuras de datos más adecuadas a la situación planteada, escritura del algoritmo, implementación en un lenguaje de programación de alto nivel [3].

El *aprendizaje basado en problemas* es un proceso de indagación que busca resolver preguntas, dudas o incertidumbres, se desarrolla en grupos de trabajo pequeños, persiguiendo la resolución de un problema complejo y/o desafiante, y que ha sido planteado por el docente con la intención de promover en los alumnos un aprendizaje autodirigido. Esto implica un cambio de roles, donde el estudiante debe ser sujeto activo, que trabaja en forma cooperativa [4].

El *aprendizaje colaborativo* hace referencia a metodologías que plantean un cambio esencial en el papel del alumno, ya que éste pasa de una actividad centrada en la adquisición de información a una centrada en la adquisición de habilidades, competencias y destrezas (González, 2012) [5], tanto específicas de cada área temática como genéricas (interpersonales, instrumentales y sistemáticas).

Estos modelos requieren que los objetivos de enseñanza y las actividades del grupo se orienten en términos de ejercitar la capacidad de colaborar, principalmente para poder resolver situaciones profesionales o situaciones susceptibles de manifestarse en la vida real [6].

En este trabajo se describe la estrategia desarrollada en un primer curso de programación en computadoras de una carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. La asignatura se denomina “Algoritmos y Estructuras de Datos” (AEDD) [7], se desarrolla en forma anual en el primer año de la carrera, con un total aproximado de 120 alumnos agrupados en 3 comisiones. La cátedra está conformada por profesores, graduados auxiliares y alumnos ayudantes.

Los objetivos generales son:

- a) Identificar problemas algorítmicos.
- b) Conocer el proceso de diseño e implementación de software.
- c) Aplicar las herramientas fundamentales representativas de los procesos, integrando la sintaxis elemental del lenguaje de programación C++, en el laboratorio asociado.

La estrategia desarrollada comprende un conjunto de actividades y secuencias didácticas y está mediada por recursos diferentes, basada principalmente en la resolución de problemas de ingeniería.

A continuación se describen algunas de las *acciones desarrolladas*:

1) Empleo de los *medios virtuales de comunicación e interacción* como complemento a las clases y trabajos en los laboratorios:

- **Uso del campus virtual de la universidad para intercambio de materiales y resultados:**

El uso del campus [8], utilizando el entorno virtual Moodle, brinda un conjunto de ventajas respecto a la organización tradicional de las actividades de una cátedra:

- centraliza, en un medio accesible, toda la información (clases, guías de práctica, trabajos prácticos, evaluaciones);
- permite que los alumnos accedan a esta información desde cualquier lugar y en cualquier momento;
- se facilitan y promueven las consultas no presenciales con docentes (a través de mensajes directos a través de la plataforma) y el intercambio de opiniones entre pares (utilizando los foros de discusión).

- **Uso de sitios “Juez en línea” [9] para automatizar la comprobación de algoritmos:** Los sitios juez en línea no sólo ofrecen un repositorio de problemas a resolver (mediante el envío de una solución codificada en un lenguaje de programación), sino que además facilitan herramientas para el soporte de cursos específicos y el seguimiento de los mismos.

Con el soporte de estos medios virtuales se definen *actividades semanales de seguimiento*, para que los alumnos continúen, fuera de clase, incorporando y fortaleciendo los contenidos trabajados en el aula.

2) *Preparación y participación en una competencia de programación local*: Estos encuentros han tenido lugar en los últimos 4 años bajo el nombre de fantasía “TecnoMate” [11].

Inicialmente, las competencias tuvieron alcance provincial, mientras que en los dos últimos años han contado con la participación de alumnos de facultades de distintos puntos del país, adoptando características similares a las de nivel internacional. Uno de los niveles de la competencia está destinado a los alumnos del primer año que participan resolviendo problemas a su alcance y en el mismo lugar físico en el que compiten los otros niveles.

Esta actividad apunta a promover actitudes y habilidades en los aspirantes y los estudiantes ingresantes y de niveles siguientes:

- *Enfrentar desafíos*: competir, participar en algo nuevo, enfrentarse a problemas no conocidos.
- *Autoestima*: superarse, ir más allá de los conocimientos que se han impartido en los cursos y las evaluaciones realizadas.
- *Trabajo en equipo*: desde la preparación hasta la participación en la competencia.

El esfuerzo voluntario de transitar las instancias previas de preparación y conformación de equipos y la posibilidad de poner en juego en una experiencia concreta conceptos y buenas prácticas de programación: “para un mismo problema no hay una sola solución, ni siquiera cuando lo resuelven sujetos con preparación similar”, “la eficiencia depende de cómo se ponderan los recursos considerados”, “las soluciones más simples son la opción a considerar en primer lugar”, etc.; convierten a la competencia, según los propios participantes en “una experiencia que brinda muchos aprendizajes”[12]. En la Figura 1 se muestra un momento de la competencia desarrollada en el año 2015.



Figura 1- Competencia Tecnomate 2015

3) *Taller extracurricular abierto* a alumnos de la secundaria, y de los primeros años de Ingeniería en Sistemas de Información.

En paralelo al dictado de las asignaturas de Programación se ofrece a los alumnos la opción de participar de un taller abierto, donde trabajan sobre enunciados de problemas de distintas competencias. Este grupo es una instancia más de integración entre alumnos de los últimos años de escuelas secundarias (que manifiestan inclinación por la programación y/o la ingeniería) y alumnos de los primeros años de la facultad (que quieren fortalecer conceptos vistos en la materia, ó desarrollar habilidades para participar en la competencia TecnoMate).

El grupo se reúne semanalmente en un laboratorio y la modalidad de trabajo se basa en la resolución de problemas, dándole a los participantes bibliografía digital y las herramientas necesarias para codificar los algoritmos solución y verificarlos con varios casos de prueba. El objetivo es guiarlos para que adquieran actitudes que favorezcan el autoaprendizaje y el trabajo en grupo.

4) *Apoyo a la publicación y difusión de los trabajos estudiantiles.*

Las experiencias en las distintas actividades antes citadas y en particular los desarrollos que se alcanzan en los trabajos de los alumnos, establecen procesos y resultados en los grupos de estudiantes que merecen ser difundidos y mejorados. El equipo docente de AEDD fomenta la elaboración de comunicaciones y trabajos para ser presentados en encuentros y reuniones con espacios para estudiantes. Los alumnos que deciden participar deben desarrollar nuevas habilidades, como la escritura de trabajos y la preparación para su exposición, necesarias en su futura labor profesional, dándoles un panorama de estas tareas.

5) *Trabajos prácticos integradores* que vinculan los contenidos de AEDD con otras asignaturas, así como también con herramientas tecnológicas ó aplicaciones reales (calculadora, red social, juego de preguntas), y que incluyen diferentes tareas (búsqueda, análisis, estudio, propuestas, desarrollos).

El objetivo de los trabajos integradores propuestos por la cátedra es facilitar a los alumnos escenarios que fomentan el desarrollo de competencias académicas (de comprensión, resolución, validación), de investigación (indagación y de búsqueda) y sociales (comunicación, respeto por las opiniones diversas, responsabilidad, trabajo en equipo) [10].

Estos trabajos son llevados adelante en el tránsito por el primer año universitario, a partir de la resolución de problemas que unifican conocimientos en matemática y programación que permitan resignificar conceptos y remodelar situaciones favorables de docencia y aprendizaje.

En este primer curso de programación se introduce al estudiante al proceso de diseño e implementación de software, trabajando en la especificación y expresión de algoritmos y analizando su corrección y eficiencia, en combinación con el tratamiento de estructuras de datos básicas (tanto simples como compuestas). Entre los objetivos actitudinales de la materia se espera que el alumno:

- Desarrolle la capacidad de abstracción.
- Ejercite el razonamiento lógico.
- Consiga un análisis reflexivo y crítico ante diferentes tipos de soluciones.
- Tome decisiones teniendo en cuenta las posibilidades y limitaciones de las situaciones particulares.
- Adquiera autonomía para resolver situaciones de manera metódica.
- Realice un aprendizaje colaborativo.
- Ejercite destrezas de comunicación (análisis conjunto, presentación y discusión de modelos y estrategias, lecturas y modificaciones de programas ya diseñados).
- Adquiera hábitos de predisposición al autoestudio (especialmente relacionados al empleo de distintos lenguajes de programación).
- Incorpore el uso de la tecnología web como alternativa para la autogestión de información relacionada al aprendizaje (tutoriales, enlaces, correo, etc.).
- Gestión de Recursos.

Con la finalidad de favorecer el cumplimiento de tales objetivos, a lo largo del curso se propone la realización de un trabajo práctico integrador, que tiene las siguientes *características*:

- Se basan en requerimientos de aplicaciones/herramientas que pueden ser de utilidad para los alumnos que lo desarrollan y para otros estudiantes.
- Son escenarios que requieren búsqueda de información adicional.
- Tienen etapas de avances, con entregas de resultados en cada una.
- En general se plantea la necesidad de integrar con temas de otras asignaturas.
- La construcción de la aplicación es evolutiva.
- Se trabaja en equipo.
- Tienen pautas que deben cumplir pero aspectos en los que pueden crear.
- Se le brindan sugerencias pero se los orienta a buscar sus propias soluciones.
- Se realizan coloquios de presentación donde los alumnos muestran sus resultados.

A continuación se describen *algunos de los proyectos desarrollados* en los trabajos integradores de los últimos años:

MatDis

En dos años sucesivos, los trabajos integradores estuvieron orientados a generar una herramienta de apoyo al estudio de diferentes temas de Matemática Discreta (MD), elaborados en el marco de una secuencia didáctica compartida entre las cátedras de Programación y de MD. En la elaboración del proyecto se tuvieron en cuenta varias cuestiones:

- Hay temas que corresponden a los contenidos de MD, cuyo cursado se da en el primer semestre del primer nivel. Si bien estos contenidos pueden estudiarse y favorecer su comprensión y aplicación con ejercicios realizados sobre papel y con seguimiento manual, la posibilidad de contar con alguna herramienta (informática) de apoyo, estimula y facilita dichas actividades y constituye un medio de constatar resultados o analizar otras soluciones.
- Si bien se pueden encontrar herramientas de este tipo (y hasta acceder a ellas en forma libre o en línea), cuando se trata de asignaturas de primer año, hay algunos inconvenientes, relacionados entre otros a: la terminología y notación empleada en otros contextos; el alcance de los temas en estudio.
- El aprendizaje de construcción de programas (algoritmos, estructuras de datos simples, un lenguaje de programación) se logra realmente cuando los alumnos ‘desempeñan roles lo más similares posibles a las situaciones profesionales’; en particular, cuando la realización de los trabajos prácticos de laboratorio tiene metas concretas sobre aspectos conocidos, con requerimientos precisos y si es posible, con conocimiento del perfil de los destinatarios.

Así surgió este proyecto de articulación e integración entre diferentes cátedras de una carrera de ingeniería, como acciones complementarias al cursado presencial, con un alcance de dos años, y evolución cíclica [13].

El trabajo integrador del primer año se orientó al desarrollo de una aplicación (denominada *MatDis*) con funcionalidades referidas a Lógica Proposicional y Teoría de Números. Se seleccionó una de las soluciones más completas y al año siguiente los alumnos cursantes de MD utilizaron la aplicación. En el trabajo integrador de programación de ese segundo año se les requirió examinar el código de la herramienta obtenida el año anterior y agregarle funcionalidades para el tratamiento de Estructuras Algebraicas y Álgebras de Boole.

Al desarrollar el trabajo los alumnos debían revisar los contenidos de MD, sintetizarlos, atender a una forma conveniente de representar los datos para el tratamiento computacional y desarrollar la solución requerida con las estructuras y elementos de programación estudiados en ese primer curso. En la Figura 2 se presentan algunas capturas de pantallas de la aplicación con las funcionalidades desarrolladas.

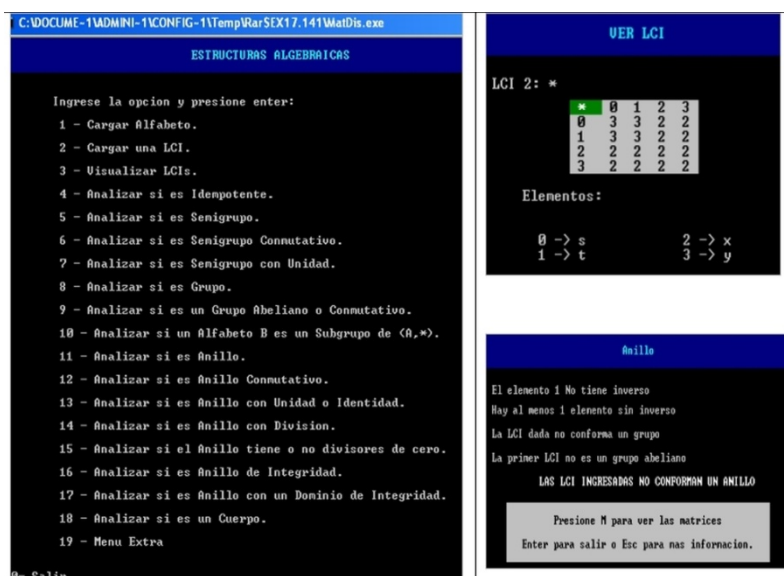


Figura 2- Captura de pantallas de la aplicación MatDis

Aproximador UTNapprox

En este trabajo se propuso el desarrollo de una Herramienta para el Cálculo de Aproximaciones Numéricas, denominada *UTNapprox*, que permita aproximar números irracionales y algunas funciones trigonométricas y del cálculo en general.

La aplicación *UTNapprox* posibilita al usuario seleccionar y parametrizar el método con el que se entrega el resultado, calculándolo mediante diferentes algoritmos y con una precisión determinada desde diferentes opciones. Así por ejemplo, si el usuario desea una aproximación del número Pi, se propone la indagación de varios métodos para obtenerlo (Fórmula de Leibniz (1670), Producto de Wallis (1655), Euler (1725), Fórmula de Basilea (resuelta por Euler en 1735), entre otros), lo que permite adicionalmente, contextualizar la historia de la matemática. Luego de seleccionar uno de ellos debe indicar si quiere obtener el resultado mediante el cálculo de un número fijo de términos o cortar por precisión (en caso de que algún término sea menor que un cierto error), así como también, si quiere ver la aproximación término a término, o sólo visualizar el resultado final. En la Figura 3 se muestra la distribución de las aproximaciones numéricas que considera la aplicación y en la Figura 4 una captura de pantalla de la herramienta.

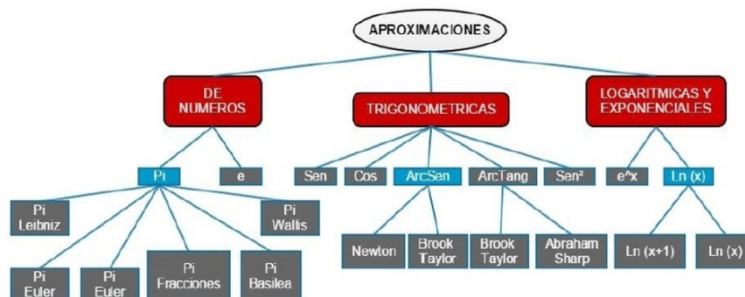


Figura 3 - Distribución de las aproximaciones



Figura 4- Pantalla de cálculo de Pi indicando los términos

Juego PregUTNados

Este trabajo práctico consistió en el desarrollo de una versión alternativa del popular juego de preguntas y respuestas Preguntados [14]. Se propuso una versión adaptada para facilitar su construcción en el marco de la cátedra. En lugar de contemplar las categorías tradicionales (arte, ciencia, historia, entretenimiento, deportes y geografía), se trabajó utilizando como categorías las materias que se cursaban en paralelo (Física I, Matemática Discreta, Algoritmos y Estructuras de Datos, Arquitectura de Computadoras y Análisis Matemático).

En la primera etapa los alumnos debieron interiorizarse sobre el juego y definir el conjunto de preguntas que formarían la base de preguntas y luego se implementarían como parte de la aplicación. Además, se solicitó definir la presentación y el logo de la aplicación. Cada grupo envió sus preguntas a una base común y de allí se formó el catálogo.

En la segunda etapa se trabajó el tema de inicio de sesión, registración y menús de trabajo; y también se desarrollaron los módulos correspondientes a la selección aleatoria de categorías y preguntas, que debió implementarse simulando una ruleta. Se dieron algunas sugerencias pero los alumnos pudieron crear sus propias visualizaciones de la ruleta simulada. La tercera etapa comprendió las funciones propias del juego (usuarios, partidas, jugadas, puntajes, ganadores), con manejo de archivos y las funciones que permiten obtener estadísticas de un usuario y del histórico del juego en general. En las Figuras 4 y 5 se muestran vistas de algunas de las aplicaciones desarrolladas.



Figura 5- La ruleta girando

Red Social Oldbook

Este trabajo consiste en la implementación de un servicio de red social llamado *Oldbook*. Se requiere implementar de forma primitiva una red social (como las que conocemos en la actualidad), lo que dispara una serie de requerimientos como: registro y validación de usuarios, manejo de información almacenada en arreglos y matrices, uso de librerías y archivos, definición y uso de listas enlazadas, para poder gestionar usuarios, amistades, rankings de popularidad, etc.

Consiste en implementar un servicio de red social llamado *Oldbook*. En la actualidad, este tipo de servicios se encuentra formado por personas que comparten una relación de amistad, mantienen intereses y actividades en común, o están interesados en explorar los intereses y las actividades de otros. Es decir, es considerado un medio de comunicación cuya finalidad es encontrar gente para relacionarse en línea.

En la primera etapa los alumnos deben buscar información sobre el manejo de una red social y además desarrollar las funcionalidades de registros de usuarios. En la segunda etapa (cuando ya se han desarrollado temas como cadenas de caracteres, archivos, tipos de datos

abstractos, estructuras y estructuras dinámicas) se solicita mejorar la primera versión y agregar nuevas funcionalidades que completen el perfil de usuarios y permitiera la administración de “amigos” y las publicaciones. El perfil debe incluir una foto, la cual debe subirse de un archivo con formato JPG, GIF o PNG a la página Text-Image2 para convertirla a formato ASCII. Una vez convertida la foto a caracteres y almacenada en un archivo TXT, debe colocarla dentro de la carpeta del proyecto. De esta manera, durante el registro del usuario a la aplicación, se solicita el nombre del archivo para poder abrirlo, recorrerlo y copiar cada carácter en la matriz definida. Esto lleva a los alumnos a interiorizarse en una forma de manejo de imágenes.

Las publicaciones al igual que el manejo de registros de usuarios requieren distintas validaciones que llevan a los alumnos a profundizar el manejo de distintos algoritmos y estructuras de datos. En la Figura 6 se muestra una captura de pantalla del servicio de *Oldbook*.

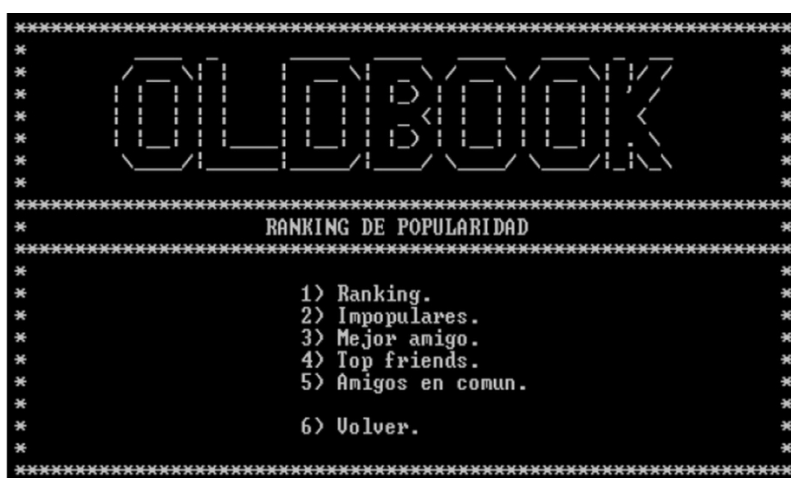


Figura 6- Vista de una solución a la red social *Oldbook*

6) *Seguimiento para la contención*: creemos también que además de motivar e incentivar a los alumnos con cuestiones específicas a la materia, es no menos importante poder hacerles un seguimiento más relacionado con la contención e ir identificando la evolución individual a medida que va pasando el tiempo de cursado.

Detectamos que ciertas tareas, que en un principio parecen de rutina e intrascendentes, hacen que haya un acercamiento natural pero perceptible entre el docente y el alumno. La toma de asistencia, por ejemplo, suele no ser considerado un elemento que aporte al vínculo, pero que al hacerlo a conciencia es posible que haga a la identificación del alumno en una forma más rápida y temprana.

Con la finalidad de dar un espacio de contención al alumno, se propone trabajar con seguimientos personalizados. Consideramos que si bien existe un área de Orientación Educativa, entendemos que el proceso debe iniciarse por los docentes en sus clases.

A continuación se presenta la experiencia en una de las comisiones, en la clase de práctica, que cuenta con 3 horas cátedra de 45 minutos cada una y a la que asisten alrededor de 45 alumnos:

Como se describió en apartados anteriores se realizan actividades de seguimiento semanales utilizando juez en línea y también cuestionarios online publicados en el campus virtual de la materia. Si bien es útil y orientativo, consideramos que no es suficiente obtener información del tipo quiénes subieron y quiénes no cierto ejercicio al juez de línea, cuántos alumnos obtuvieron más del 65% del puntaje de cierto cuestionario.

La propuesta para la práctica fue dar un espacio al alumno donde pueda tener una retroalimentación a nivel personal sobre la resolución de sus ejercicios, fuera del horario de clase. Así fue que surgió una tercera alternativa: presentar tareas semanales en las que, para cada guía se indican uno o dos ejercicios para que el alumno suba al campus.

Esto en un principio fue considerado para que tengan un repositorio de sus resoluciones, pero notamos que al hacer una devolución, un comentario, una sugerencia sobre el código del ejercicio subido, el alumno tiene la posibilidad de reflexionar, revisar y replantear su resolución.

Estas cuestiones hicieron que, en forma absolutamente natural y espontánea, y a partir de un proceso que se fue construyendo sin predefiniciones, se produzca un acercamiento docente-alumno que va más allá de lo técnico. Para dar cuenta de esto, ejemplificamos con dos casos que presentaron cierta problemática, cuidando los detalles de privacidad.

Caso M

M tiene 18 años, de perfil bajo, pasó el curso introductorio en forma exitosa y con muy buenas calificaciones, y durante los primeros tres meses de clase mostró destacable interés en la materia, con participación cuando se le pide opinión y siendo sus resoluciones siempre acertadas al igual que sus actividades de seguimiento semanales de tareas de práctica.

En una de las clases el docente notó que M estaba particularmente aislada, no pudiendo identificar si era por su timidez característica o si estaba sucediendo algo más. En la clase el docente dirige una pregunta a M, quien se queda sin saber qué responder, como con sorpresa por la intervención. La inquietud fue respondida por otro alumno al que el docente dio la palabra y la clase siguió su curso.

En un recorrido por las máquinas, se le pregunta a M si ocurría algo en particular, siendo la respuesta una bajada de cabeza. M se retira antes de clase y el docente la sigue para hablar.

En la charla, M indica en un principio, que el problema es que no entiende bien el tema en cuestión, pero ahondando también relata que está teniendo ciertos problemas personales.

Caso C

C tiene 20 años, es recursante. Prácticamente no asiste a clase. Sus tareas de seguimiento son muy buenas, lo que provoca cierto desconcierto.

En una de las clases a la que asiste el docente se acerca y le consulta qué está sucediendo, y C indica también que tiene problemas personales que requieren su presencia en el hogar, por lo que acuerdan mantener comunicación semanal en la que C debe enviar al docente las prácticas para no atrasarse.

Esto se respetó por un tiempo, pero durante 3 semanas seguidas no se recibió ningún trabajo de C.

Trabajo docente ante los casos M y C

Los docentes de teoría y práctica de la comisión, charlan y debaten, entre otros puntos, la situación de M y C.

En forma paralela, desde la Facultad, se propone un trabajo interdisciplinario entre el área de Orientación Educativa y los docentes de las distintas cátedras de las carreras para tratar estos casos.

Se envía un reporte de los estados de situación de M y C a las psicopedagogas del área de Orientación Educativa, quienes se ponen en contacto con ambos alumnos.

Situación actual

M no respondió al contacto de las psicopedagogas, pero en las clases siguientes comenzó a participar en forma activa, retomando su actitud. Se la notó más integrada al grupo y cuando el docente se acercó a ver cómo andaba, M le pidió un minuto porque estaba asistiendo una inquietud de un compañero.

C respondió al contacto, se entrevistó con las psicopedagogas, pudo hacer un descargo respecto de su compleja situación personal y en un trabajo interdisciplinario se están buscando alternativas para contener y motivar a C en su desempeño universitario.

3. Resultados y Discusión

Las experiencias citadas en los puntos anteriores han arrojado resultados interesantes y alentadores:

- Se observó entusiasmo y motivación en los estudiantes, que en muchos casos superaron expectativas en cuanto a la participación y a los resultados.
- Los porcentajes de alumnos que regularizaron la asignatura en los últimos años ha ido creciendo levemente pero en forma sostenida.
- Respecto a los trabajos integradores, si bien los problemas eran sencillos, se encontraron soluciones muy diferentes y en los coloquios de presentación de sus productos, los alumnos pusieron énfasis en su “creación”, en los recursos utilizados y en la forma y recursos que emplearon para trabajar extracurricularmente en equipo. A continuación se indican la cantidad de aplicaciones desarrolladas por los alumnos como trabajos integradores: *MatDis: 18; Aproximador UTNapprox: 20; Red Social Oldbook:20; Juego PregUTNados: 31.*
- Respecto a competencia de programación local, la participación de los alumnos fue incrementando año a año:
 - En 2013 participaron 21 alumnos de primer año, sobre un total de 75 alumnos.
 - En 2014 participaron 51 alumnos de primer año, sobre un total de 115 alumnos.
 - En 2015 participaron 57 alumnos de primer año, sobre un total de 183 alumnos.
- Se alentó a que los estudiantes presenten estos trabajos en reuniones/encuentros que tienen espacios para estudiantes, esto los motivó más aún y se concretaron varias participaciones, incluso en algunos casos siendo seleccionados y premiados [15] - [16].
- El desarrollo de estas estrategias constituyó también un desafío para los docentes y promueve la motivación y la integración de contenidos y herramientas entre los formadores.

- Los docentes han presentado las propuestas en diferentes reuniones y congresos de difusión, lo que los ha llevado a afinar las propuestas y pudiendo también compartir lo generado con otros docentes.
- Se generaron espacios y organizaron actividades para dar difusión a los productos generados: En las distintas asignaturas relacionadas se propusieron actividades que requirieron el uso de estas herramientas. En particular *MatDis* se utiliza en varias clases prácticas de MD y el análisis de la herramienta final depurada es utilizada en programación como ejemplo a examinar y analizar [17]. El juego de *pregUTNados* se han presentado en ferias y en espacios de difusión de la facultad, en especial en charlas con futuros aspirantes y con ingresantes. De esta manera los alumnos son invitados a mostrar su trabajo a los ingresantes del próximo año, comentando los pasos realizados y su progreso, aportando a su autoestima y motivando a otros alumnos.

Los resultados descriptos ut supra motivaron el incremento de articulación horizontal entre asignaturas y la generación de secuencias didácticas transversales, con consignas, problemas y soluciones propuestos, resueltos y analizados en distintos momentos y en distintas materias ([18], [19] [20], [21]).

El trabajo aunado entre los docentes de AEDD y su interrelación con otras áreas pertinentes permitió brindar soluciones a ciertas problemáticas académicas (integración de asignaturas, desarrollo de habilidades profesionales, etc.) que, de quedar aisladas, posiblemente no sean resueltas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Luego de aplicar esta metodología en el transcurso de varias cohortes ha resultado evidente que la utilización de nuevas herramientas mejora sensiblemente la comunicación y la interacción alumno-docente y alumno-alumno, lo cual facilita un seguimiento más profundo del avance académico del alumno.

A su vez, la incorporación de actividades tipo “juez en línea” incrementa la cantidad de práctica fuera de clase y fomenta el desafío a resolver problemas de creciente complejidad. Esto redundo en la mayor familiaridad y adopción de técnicas de análisis, diseño de soluciones y su posterior implementación algorítmica.

Gracias a la realización los trabajos prácticos con resolución por etapas se guía al alumno en el evolución del proyecto para llegar a un resultado similar a sus expectativas iniciales de producto “de calidad” utilizando los conocimientos, habilidades y herramientas que un profesional de Sistemas debe aplicar en su trabajo diario.

El seguimiento de los productos tecnológicos generados por los alumnos (sitio juez, cuestionarios, tareas de práctica), sumado a un trabajo de observación en clases y de análisis integral por parte del equipo, permite atender cuestiones que de otra forma se transformarían en deserción universitaria “muy” temprana.

Finalmente, y más allá de cuestiones netamente académicas y técnicas en la enseñanza, estas nuevas estrategias desarrolladas adelante en AEDD lograron mejorar en mucho aspectos personales de los alumnos tales como la motivación, la predisposición a enfrentar nuevos desafíos, así como también su respuesta positiva a actividades entre pares y trabajo en grupo. Estos aspectos sociales, si bien no forman parte de la currícula, resultan esenciales en la formación integral de todo profesional.

5. Referencias

- [1] Resolución Ministerial N° 786/09) : Contenidos curriculares básicos, carga horaria mínima y estándares para la acreditación de carreras.
http://www.coneau.gob.ar/archivos/Res786_09.pdf
- [2] CONFEDI <http://www.ing.unrc.edu.ar/archivos/CONFEDI-DocumentoSantaFe.doc>
- [3] GONZALEZ, A.; MADOZ, M.C. (2013). Utilización de TIC para el desarrollo de actividades colaborativas para la enseñanza de la programación". RedUNCI. Red de Universidades con Carreras en Informática - TE&ET 2013.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27525>
- [4] MORALES BUENO, P. y FITZGERALD, V. (2004). Aprendizaje Basado en Problemas. Revista Theoria, Vol. 13 ISSN 0717-196X pág.145-157.
- [5] GONZALEZ, E., GONZALEZ, J.M., REY, V. (2012). Enseñanza-aprendizaje académico y científico, ¿quién sabe dónde ejerceremos!. Actas de las Jornadas de Innovación Educativa, Universidad de Vigo, pag.175-184.
- [6] PERRENOUD, P (2008). Construir las competencias, ¿es darle la espalda a los saberes? Revista de Docencia Universitaria REDU. Formación centrada en competencias (II). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/240819>.
- [7] Algoritmos y Estructuras de datos
http://areas.intranet.frsf.utn.edu.ar/application_areas/uploads/DISI/imagenes/files/Planificacio_n_de_Catedra_AEDD_2015.pdf
- [8] <https://campusvirtual.frsf.utn.edu.ar/>
- [9] "URI - juez en línea" <https://www.urionlinejudge.com.br/>
- [10] SERRANO, J. M. y PONS, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1).
<http://redie.uabc.mx/vol13no1/contenido-serranopons.html>
- [11] Revista Colegio de Ingenieros Especialistas de la Provincia de Santa Fe, N° 36 (2015), pág. 21-23. https://issuu.com/cielasantafe/docs/cie_36_2
- [12] CASTELLARO, M. y otros (2014). Las Competencias Estudiantiles de Programación y las Tecnologías, como nuevos medios para la Formación e Integración. Ponencia presentada en el CoNaIISI 2014-2do. Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONFEDI). San Luis. Argentina.
- [13] CASTELLARO, M. y ALBERTO, M. (2009). Aportes desde la articulación e integración de cátedras a la Formación experimental. Ponencia presentada en: Te & Et 2009- IV Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Argentina. Proceedings: Trabajos en Educación en Tecnología, ISBN: 978-950-34-0573-4.
http://teyet.info.unlp.edu.ar/archivos/Articulos_Aceptados_para_exposicion.pdf
- [14] PREGUNTADOS: <https://preguntados.com/>
- [15] GARCIA LOZANO, D.; GALLINO, L. (2014) Implementación de una Red Social como Primera Experiencia de Programación. Ponencia presentada en *el 8vo Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería en Sistemas de Información (CNEISI 2014)*. Santa Fe. Argentina.
- [16] BEBER, F.; BLANC, C.; PERREN, M. (2015). Programación en 1° Año: Desarrollo de una Herramienta para el Cálculo de Aproximaciones Numéricas. *9no. Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería en Sistemas de Información - CENEISI 2015*. Resistencia. Argentina.
- [17] ALBERTO, M.; FRAUSIN, A. (2011). Uso de recursos tecnológicos en la resolución de problemas. Memorias de la XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática

(CAEM 2011).ISBN 978-85-63823-01-04. Recife. Brasil.

<http://www.gente.eti.br/lematec/CDS/XIIICIAEM/artigos/551.pdf>

[18] CASTELLARO, M.; ALBERTO, M. y otros (2014). Secuencias didácticas para trayectos formativos usando recursos tecnológicos en línea. Ponencia presentada en el II Congreso Argentino de Ingeniería (CADI). Tucumán. Argentina.

[19] ALBERTO M. y otros (2015). Integración de la Enseñanza de Matemática y Programación para resignificar conceptos y modelar situaciones. Ponencia presentada en la XXIX Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa-29 RELME 2015. Panamá.

[20] ROSSI, J. (2015). Refuerzo mutuo entre la enseñanza de abstracción modular para la resolución computacional de problemas y la enseñanza de la teoría de números. Ponencia presentada en Jornadas de Investigadores Tecnológicos (JIT 2015) UTN. Venado Tuerto. Argentina.

[21] AMBORT, D. ; CASTELLARO, M.; GOLOBISKY, F. (2013). Una propuesta integradora de práctica de programación con instancias de aprendizaje individual y grupal, y fortalecimiento de competencias emprendedoras. Ponencia presentada en el 1er Congreso Nacional de carreras de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (RIISIC) perteneciente al CONFEDI- CoNaIISI 2013. Córdoba. Argentina.
<http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/Programa>

PROCESO DE DESARROLLO DE SERIOUS GAMES. DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO, JUGABILIDAD E INMERSIÓN

Ing. Felipe Evans; Ing. Adolfo Spinelli; Ing. Esteban Zapirain; Dra. Stella Maris Massa; Ing. Fernando Soriano

fevans@fi.mdp.edu.ar; spinelliadolfo@gmail.com; estebanzapirain@gmail.com;
smassa@fi.mdp.edu.ar; pedrofernandosoriano@gmail.com

Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) - Facultad de Ingeniería –
Universidad Nacional de Mar del Plata

Resumen— En este trabajo se presenta el proceso de creación de un tipo de videojuego para educación, los denominados "serious games". Se propone una adaptación de la metodología MPOBA enfocada en el desarrollo de Objetos de Aprendizaje desde un Diseño Centrado en el Usuario (DCU). Se incluyen además las características propias de este tipo de software como lo son la jugabilidad y la inmersión.

Como punto de partida y en todas las fases, los stakeholders son docentes, estudiantes, expertos en el área de conocimiento y gamers. Nos enfocamos en potenciar la adquisición de competencias propias del siglo XXI incorporando las específicas del contenido educativo en los serious games.

Esta propuesta conjuga los tres aspectos: pedagógico, del juego y del software ausentes en la mayoría de los trabajos científicos en el campo. Presentamos además una metodología sistemática para cada una de las etapas del desarrollo.

Consideramos que la incorporación de los principios del DCU en la construcción de los serious games, con las adaptaciones pertinentes, permitirá relevar elementos significativos en el diseño de estos videojuegos proporcionando a los estudiantes mejores experiencias a partir de un mayor grado de implicación de todos los actores de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Palabras clave— *Serious games, desarrollo de videojuegos, diseño centrado en el usuario, competencias del siglo XXI.*

1. Introducción

Padilla Zea [1] afirma que si las instituciones educativas vienen adoptando el juego como método de enseñanza e incorporando nuevas tecnologías en el aula, por qué no pensar entonces, ¿será una realidad que podamos conseguir que los alumnos mejoren su aprendizaje usando videojuegos?.

Prensky, es uno de los principales promotores de dicha integración, iniciativa que ha llamado el Digital Game Based Learning [2] es decir, el aprendizaje basado en juegos digitales. El autor que propone que mediante el uso videojuegos se podría favorecer el desarrollo de

competencias como: la competitividad, la cooperación, la resolución de problemas, entre otras.

Trabajos como los de Gros [3] y González Sánchez [4], argumentan que la mayoría de los videojuegos educativos a la fecha de sus trabajos, han sido desarrollados poniendo mayor énfasis en el aspecto educativo que en el lúdico, perdiendo la eficacia por olvidar en su diseño la jugabilidad e inmersión. Pero la diversión en un videojuego no es algo, como un ingrediente que se incluye en él. La diversión es un resultado [5].

Koster [6] define la diversión como un efecto de aprender algo nuevo, algo que obtenemos o ganamos. Ese sentimiento de diversión es un mecanismo de feedback positivo que nos impulsa a repetir la actividad una y otra vez.

Entre los numerosos tipos de videojuegos que existen, son de especial interés para este proyecto los “juegos serios” (*serious games*). Los Serious Games (en adelante SG) son aplicaciones interactivas creadas con una intencionalidad educativa, que proponen la explotación de la jugabilidad como experiencia del jugador. Presentan a los jugadores retos y misiones que implican tomas de decisiones, resolución de problemas, búsqueda de información selectiva, cálculos, desarrollo de la creatividad y la imaginación, etc., logrando el efecto inmersivo en el juego, como una prolongación de la experiencia vital del usuario [7].

En el mundo de los videojuegos y de los SG en particular, hay dos atributos fundamentales: jugabilidad e inmersión que pueden garantizar una experiencia exitosa del usuario [4].

La jugabilidad hace a un juego fácil y divertido de usar, poniendo énfasis en el estilo y la calidad de interacción usuario-videojuego, estando afectado este por la usabilidad, la narrativa e historia, la intensidad interactiva, el grado de realismo, etc [13].

La inmersión es la capacidad para creerse lo que se juega, e integrarse en el mundo virtual mostrado en el juego. Desde el punto de vista del diseño, depende del equilibrio entre los retos propuestos y las habilidades necesarias del jugador para superarlos [4]. Si además consideramos las características de la inmersión que según el autor son la conciencia, concentración, realismo, destreza, cercanía sociocultural, vemos que hay que tener muy presente al usuario en el diseño del videojuego.

2. Procesos de Desarrollo de Videojuegos

Gonzalez Sanchez, en su tesis doctoral [4] y en otros trabajos [18], [19] y [20], sostiene que el desarrollo de videojuegos consta de tres fases, de forma análoga a una película de cine: pre-producción, producción, y post-producción. Con algunas diferencias según el autor respecto de que actividades pertenecen a cada fase, en general menciona:

- Fase de Pre-producción: Se desarrolla el diseño conceptual y se definen aspectos no tangibles o poco elaborados, que luego se utilizarán para la especificación y planificación del videojuego. Un entregable de esta fase podría ser la versión de diez páginas del documento de diseño del videojuego (GDD) propuesto por Rogers [21].
- Fase de Producción: El esfuerzo se centra en el diseño y construcción del videojuego, finalizando esta fase con el lanzamiento del producto. Durante esta fase se va actualizando y detallando el GDD hasta llegar a su versión final [21].
- Fase de Post-producción: Corrección de errores, ajustes y mejoras.

En la industria de videojuegos, no hay establecida y adoptada una metodología que englobe todo el proceso de desarrollo y asegure su calidad [4]. Sin embargo, existen muchos esfuerzos por mejorar la fase de producción buscando optimizar las tareas desde una óptica de agilidad,

tratando de disminuir los tiempos para lograr testear el producto lo antes posible. Algunos de éstos procesos son:

- GUP [22]: El Game Unified Process toma como base la metodología RUP (Rational Unified Process) para aprovechar la comunicación de los equipos y el desarrollo iterativo, incorporando la Programación Extrema [23] para agilizar las tareas de desarrollo.
- Procesos Ágiles y Scrum [24]: Con el fin de recibir feedback del usuario, e involucrar al equipo de test lo antes posible dentro del ciclo de desarrollo, utiliza procesos ágiles de desarrollo de software [25] y Scrum [26]. El concepto de Keith se basa en realizar un gran esfuerzo inicial para obtener una versión básica del producto, sobre la cual ya se pueda testar y obtener feedback, a partir de la cuál se mejora y completa el producto en siguientes iteraciones.

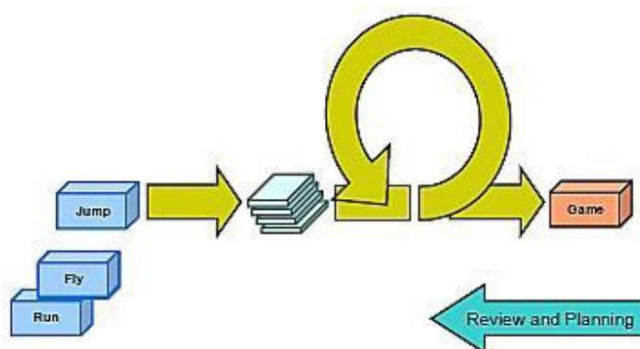


Figura 2: Modelo de Keith para la producción de videojuegos. Tomado de [24]

2.1. Procesos de Desarrollo de Serious Games

Existen en la literatura varios procesos de Desarrollo de SG, a continuación describimos algunos de ellos.

a) EMERGO [27]: Esta metodología y sus herramientas (Figura 3), guía el desarrollo de SG basados en escenarios. Los autores definen este tipo de juegos como un entorno simulado de tareas modeladas sobre situaciones de la vida real que a menudo incluye una secuencia de aprendizaje, toma de decisiones, estrategias de resolución de problemas, razonamiento inteligente y otras habilidades cognitivas complejas. Sin embargo no está basado en el DCU como para garantizar los requisitos buscados.

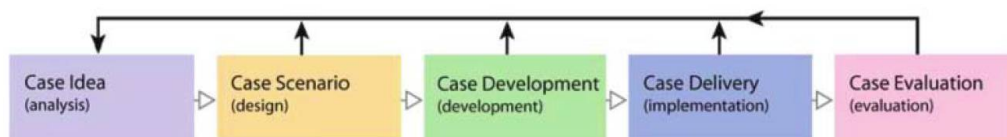


Figura 3: Modelo EMERGO. Tomado de [27]

b) EdoS – Environment for the Design of SG [28]: En un proceso basado en un formato interactivo, definido en base a tres modelos predecesores que permite diseñar SG para la enseñanza de competencias relacionadas con la ingeniería. Los modelos predecesores son:

- Modelo de objetivos pedagógicos,

- IMS-LD-SG, una extensión de IMS-LD [29] para SG, y
- Modelo de tareas CTT (Conciur Task Tree). Este proceso se centra en la componente pedagógica, dejando de lado la jugabilidad e inmersión que se busca en los SG actuales.

c) Proceso de diseño de Seis Pasos [30]: Se aplica en el desarrollo de SG para enseñar competencias profesionales. Como los anteriores, primero se definen los objetivos pedagógicos, pero el diseño del juego de basa en prototipos de baja fidelidad (Figura 4).

En el proceso se proponen evaluaciones, pero solo de los escenarios pedagógicos, no del juego y su jugabilidad.

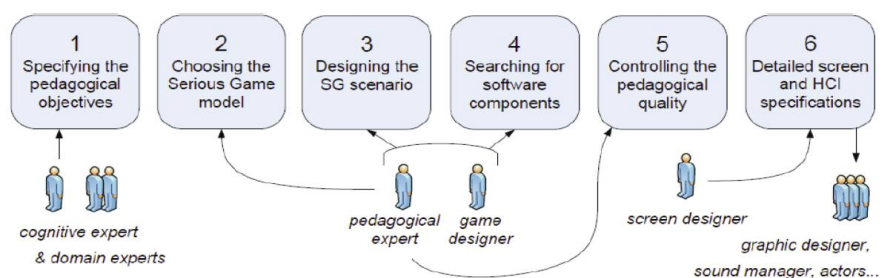


Figura 4: Proceso de diseño de seis pasos. Tomado de [30]

d) Proceso de Diseño de Videojuegos para Sistemas VGSCS [1]: método incremental de diseño de videojuegos educativos con actividades colaborativas basado en los principios de la ingeniería de software. Tiene dos objetivos, proporcionar a los profesores de una herramienta para que los alumnos alcancen los objetivos educativos de una manera atractiva, y segundo, provee un sistema de monitoreo del proceso de aprendizaje que llevan adelante los alumnos.

Dada la complejidad de la herramienta propuestas por la autora, los diferentes modelos se dividen en 4 grupos: 1) modelos para definir y monitorear el proceso educativo, 2) modelos para definir y monitorear el contenido lúdico, 3) modelos de relación entre contenidos lúdicos y educativos, 4) modelos de usuario para monitorear el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Estos procesos de desarrollo han sido creados para que los docentes generen sus propios SG. Para ello, se les provee de una serie de herramientas que les permitan construir por sí mismos o con costos razonables este tipo de videojuegos. Lamentablemente esto se logra sacrificando el nivel de inmersión, pues al primar el objetivo pedagógico, éste queda plenamente visible restando jugabilidad.

Resolver esta falencia implica el desarrollo de un SG con la inmersión de un videojuego comercial, donde los objetivos pedagógicos estén implícitos en el producto. Para ello es preciso hacer uso de los procesos de desarrollo creados para los videojuegos comerciales.

Como el SG, en cuanto al proceso de desarrollo no se diferencia de otros videojuegos salvo en su especificación (donde a los requerimientos del software y del juego, se suman los requerimientos pedagógicos), se debe proponer un proceso de elicitación que permita la construcción de un SG sin importar el tipo o el contenido, y prestando especial atención a la inmersión, los objetivos pedagógicos y el área de conocimiento del videojuego.

En este sentido, puesto que los SG, se deben crear a partir de requerimientos tanto tecnológicos como educativos, y son un producto en el que el usuario o jugador tiene un rol

relevante, deberían ser diseñados siguiendo los principios del diseño centrado en el usuario (DCU).

2.2. Modelos de Proceso para el desarrollo de software educativo centrados en el usuario

En palabras de Granollers, "serán los usuarios, en su condición de personas que utilizan los sistemas interactivos con la finalidad de conseguir determinadas tareas, y no los técnicos informáticos y/o los diseñadores, quienes decidirán cuando un sistema es fácil de utilizar o no lo es, lo cual establece, en definitiva, la calidad percibida de dichos sistemas." [15]. El mismo autor aclara, no confundir "implicar al usuario en el diseño del sistema" con "realizar el diseño del sistema pensando en el usuario". Es por ello que consideramos, que ante el desarrollo de sistemas interactivos, dónde la jugabilidad y la inmersión son claves, no podemos relegar la participación del usuario, y convertirlo junto a otros stakeholders en el foco de atención durante todo el proceso de desarrollo. En ello consiste el Diseño Centrado en el Usuario - DCU [15].

El DCU es un proceso cíclico (Figura 1) en el que las decisiones de diseño están dirigidas por el usuario y los objetivos que pretende satisfacer el producto, y donde la usabilidad del diseño es evaluada de forma iterativa y mejorada incrementalmente [16]. Nadie como los stakeholders (usuarios y expertos) para entregar especificaciones y requerimientos (sobre jugabilidad en caso de videojuegos), como así también para evaluar los resultados del diseño [15].

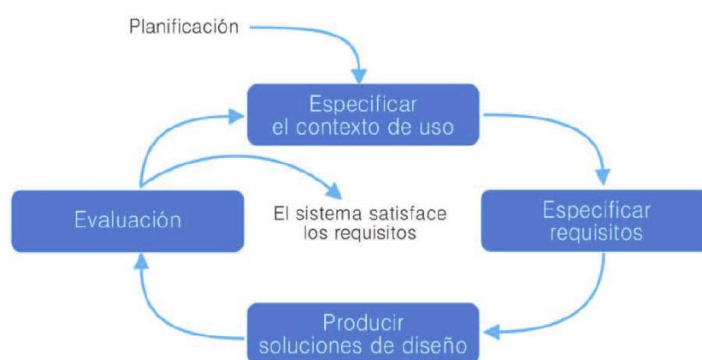


Figura 1: Modelo de proceso DCU [17]

El DCU, también puede ser visto como una filosofía de diseño que se relaciona con otras metodologías y técnicas que comparten un objetivo común: conocer y comprender las necesidades, limitaciones, comportamiento y características del usuario, involucrando en muchos casos a usuarios potenciales o reales en el proceso [16].

Entre los numerosos ejemplos de Modelos de Proceso que incorporaran herramientas del DCU, nos centramos en dos casos : Modelo de diseño de videojuegos centrado en el jugador [4] y en el Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje (MPOBA)([31].

a) El Modelo de diseño de videojuegos centrado en el jugador [4]: Es un proceso que considera la usabilidad, accesibilidad y calidad de uso. Incluye el desarrollo del producto usando prototipos incrementales de forma iterativa (Figura 6). Resalta que es crucial conocer a los jugadores y establecer un perfil del mismo tomando como base la jugabilidad durante todo el proceso de desarrollo.

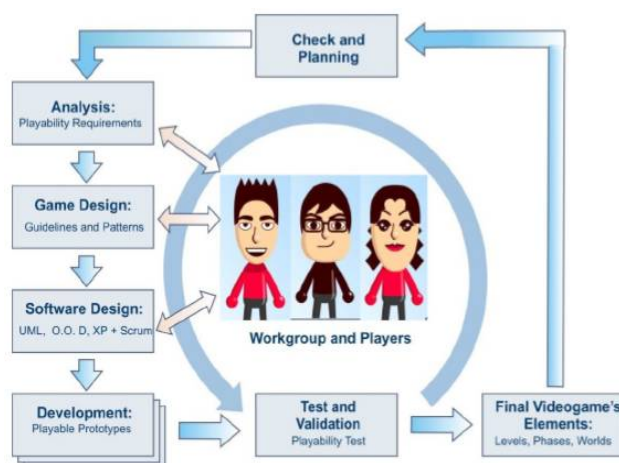


Figura 6: Modelo de diseño de videojuegos centrado en el jugador, tomado de [4]

b) MPOBA [31]: El Modelo de Proceso contempla en cada una de sus fases iterativas los aspectos tecnológicos y pedagógicos de un Objeto de Aprendizaje (OA).

Un OA es considerado como una unidad independiente que engloba el objetivo de aprendizaje con los contenidos involucrados en éste, las actividades diseñadas para alcanzar dicho objetivo y una evaluación de los saberes referidos al mismo [31].

El modelo provee de una serie de criterios de valoración de un OA de acuerdo a las funcionalidades, los estándares y el contexto educativo de implementación.

En el modelo MPOBA se han caracterizado y seleccionado las técnicas pertenecientes al campo de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) según criterios relevantes para la integración desde una perspectiva de la Ingeniería de Software. Está organizado en una serie de fases que se ejecutaran repetidamente durante el desarrollo de un OA determinado (Figura 7).

Es de particular importancia en el contexto de esta investigación el concepto de asset: es el bloque básico de construcción de un recurso de aprendizaje. Los assets son una representación electrónica de un medio de comunicación: texto, imágenes, sonidos o cualquier dato que pueda ser mostrado en el OA. Es importante indicar que un asset puede ser construido por varios assets.[32][33]

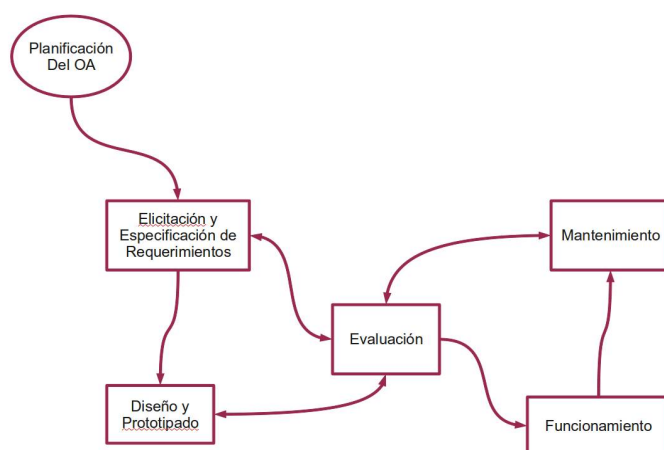


Figura 7: Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje [31]

2.3 Líneas de Producto de Software

Las Líneas de Producto de Software (LPS) tienen algunas características que las convierten en un modelo de desarrollo de software particular e innovador a la vez. En primer lugar, se han pensado para lograr una reutilización eficiente del software, pero más que centrarse en las técnicas, se centra en la gestión de las personas y del proceso.

Se pueden definir como un conjunto de sistemas de software, que comparten un conjunto común de características (features), las cuales satisfacen las necesidades específicas de un dominio o segmento particular de mercado, y que se desarrollan a partir de un sistema común de activos base (core assets) de una manera preestablecida. [34]

La metodología general de trabajo en las LPS se compone de dos procesos retroalimentados que operan en paralelo, la Ingeniería de Dominio y la Ingeniería de Producto. El proceso de Ingeniería de Dominio es análogo al análisis de requerimientos que permite especificar las funcionalidades y restricciones de los sistemas de software. La Ingeniería de Producto consiste en el proceso de construcción del producto final, que por medio de un conjunto de tareas de codificación y pruebas llevan a disponer de un software operativo y listo para entregarse al cliente o usuario final.[35]

En las LPS, la Ingeniería de Dominio, además de su habitual tarea de captura de información y representación del conocimiento, también tiene la tarea de crear los elementos comunes de software reutilizables para cualquier nuevo producto denominados *core assets* o activos comunes. Por otro lado, la Ingeniería de Producto, que se encarga del desarrollo de los productos finales para el usuario, a través de la reutilización de los activos y los planes de producción. La fuerte integración de estos dos procesos permite una retroalimentación constante en doble sentido de los activos de software, gracias a la información recogida durante el desarrollo del producto.[34]

3. Modelo de proceso para el desarrollo de videojuegos de la categoría Serious Game (MPDSG)

Los videojuegos son quizás el ejemplo de la actualidad más sofisticado y extendido, de un software con interacción persona-ordenador de alto nivel.

La IPO es una disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos. En este sentido, los videojuegos deberían diseñarse considerando los conceptos y metodologías propios de la IPO.

Tal como se indicó en el apartado 2, los modelos citados para el desarrollo de un SG se basan en un template o framework. Resultan ser herramientas para que el docente construya su videojuego. Por lo tanto estas soluciones no resultan ser un modelo de proceso completo de construcción para SG para un grupo de desarrollo cuando el género del mismo no se enmarca dentro de los templates o frameworks. Esto limita a los SG a tener baja inmersión y limitada jugabilidad.

El proceso de desarrollo que presentamos en este artículo, se basa en una combinación de líneas de producción de software (LPS) [34], el proceso de DCU [17], y el modelo MPOBA [31]. De cada uno de estos procesos rescatamos sus virtudes, que combinadas colaboran a la construcción de un SG con calidad y a la vez cumpliendo con los objetivos de jugabilidad e inmersión. Los puntos destacados que se tomaron de cada proceso son:

- La metodología de LPS se aplica como marco general para la construcción de éste, y todos los SG que el equipo construya en el futuro, con fuerte énfasis en la reusabilidad (core assets),
- mediante el enfoque DCU se validan los atributos de jugabilidad e inmersión y
- el modelo de proceso MPOBA permite organizar y validar el correcto diseño de los elementos de aprendizaje, considerando los assets y los SG como un OA.

Puesto que la creación de SG es en definitiva una serie de múltiples productos, y no un trabajo esporádico y único, el utilizar LPS nos permite poder diseñar, desarrollar, gestionar y mantener un grupo de objetos en común (core assets) para el desarrollo de cualquier SG. Es decir, como valor agregado, se contará con una base de activos reutilizables (core assets) que permitirá en proyectos futuros la reducción de esfuerzos.

En este modelo, es importante destacar que los expertos vinculados al desarrollo de un SG son: los expertos en jugabilidad, los expertos en pedagogía (docentes) y los expertos del contenido o dominio que atraviesa el videojuego. Las necesidades de los tres grupos deben complementarse para que el SG sea atractivo e inmersivo, permitiendo al estudiante lograr las competencias buscadas en un ambiente realista.

Nos enfocamos en potenciar la adquisición de competencias propias del siglo XXI incorporando las específicas del contenido educativo en los serious games. [36]

Así, esta propuesta conjuga los tres aspectos: pedagógico, del juego y del software ausentes en la mayoría de los trabajos científicos en el campo. La naturaleza iterativa del proceso, permite validar en cada etapa del desarrollo todos los activos del dominio (core assets), los elementos significativos del juego, y una validación integral como OA.

El proceso MPDSG (Figura 8) es naturalmente iterativo, e inicia con la Ingeniería de dominio.

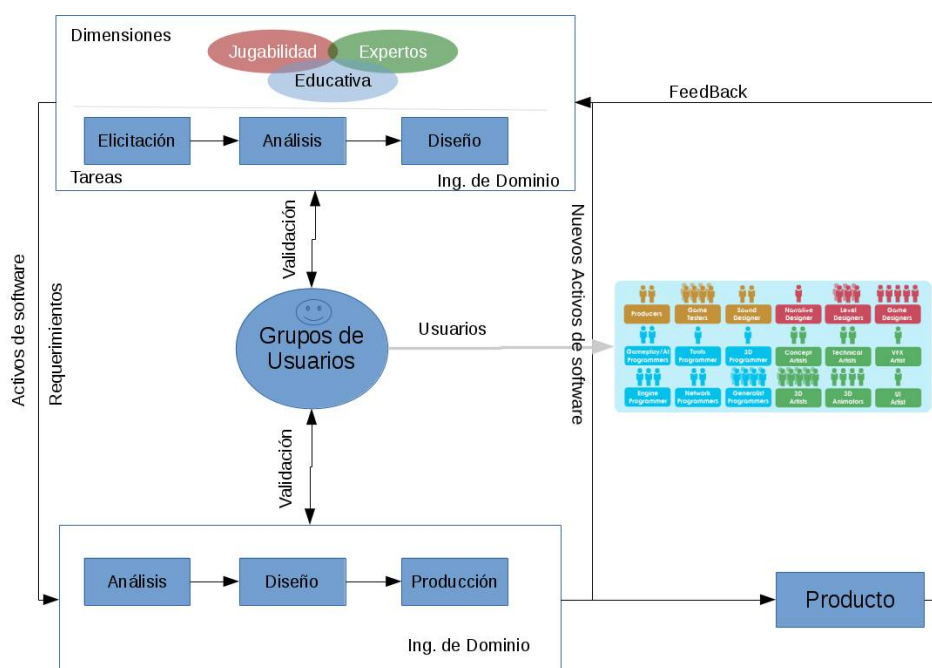


Figura 8: Modelo de proceso MPDSG

Como se considera al SG un OA, se comienza la extracción de requerimientos mediante entrevistas con docentes, con el fin de definir los objetivos y las competencias a desarrollar en el tema seleccionado. También se realizan reuniones con expertos en contenido o dominio de conocimiento los cuales definirán las tareas o desafíos reales a solucionar. Estas tareas o desafíos, a su vez, se validan con el docente para ver si son pertinentes con los objetivos y competencias a desarrollar. Esta validación cruzada de requerimientos, mejora la calidad y claridad en la definición de los core assets reusables vinculados a la parte menos lúdica del producto.

En la medida que se van definiendo las necesidades de los docentes y expertos, se desarrollan actividades con los expertos en videojuegos (gamers) o jugabilidad en las que se aplican técnicas de divergencia de la creatividad [37], con el objeto de : crear la historia, definir el género del videojuego, y la jugabilidad del videojuego, y que logre en la persona que lo juegue, aprender los objetivos establecidos. Nuevamente, todas las conclusiones son validadas por los otros expertos.

De esta iteración entre la Ingeniería de dominio, ilustradores, libretistas y músicos se va generando el material que será validado por los distintos expertos. Posteriormente se pasa a la etapa de desarrollo del juego (Ingeniería de producto). Mediante una planificación ágil se gestiona el desarrollo iterativo e incremental de las escenas[23][24][26]. Al final de cada iteración, se obtiene una versión del producto que, como todos los entregables del proceso, se valida con los expertos mediante las metodologías del modelo de proceso MPOBA[31].

4. Resultados y discusión : el objeto de aprendizaje “el videojuego”

“Power Down the Zombies” (Figura 9) es un videojuego desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la UNMdP. Se encuentra en la categoría SG y su objetivo educativo es: “mejorar la toma de decisiones relativas al uso racional, eficiente y consciente de la Energía; como así también poder evaluar los impactos medioambientales y sociales de los usos tecnológicos de la energía y reflexionar críticamente sobre el uso que debe hacerse de los recursos naturales”. Su ámbito de aplicación es la asignatura “Introducción a la Física” de 4º año de las Escuelas Secundarias de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.



Figura 9: “Power Down the Zombies”. Logo del videojuego

Este proyecto fue seleccionado en el marco de la edición 2015 del Programa “Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo”, acorde a lo indicado en la Resolución Ministerial N°117/15, dictada el 28 de diciembre de 2015. Dicho Programa pertenece a la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación.

La metodología implementada para el desarrollo del serious game es la descrita en el apartado 3.

El objetivo educativo está inmerso en una fantástica historia de supervivencia en un mundo post- apocalíptico en el que un científico busca la cura para una invasión zombie. La narrativa fue elegida luego de un sondeo acerca de las historias de moda entre los adolescentes. El modo de juego es “single player” y el género es una combinación de “Tower defense” y “survival”.

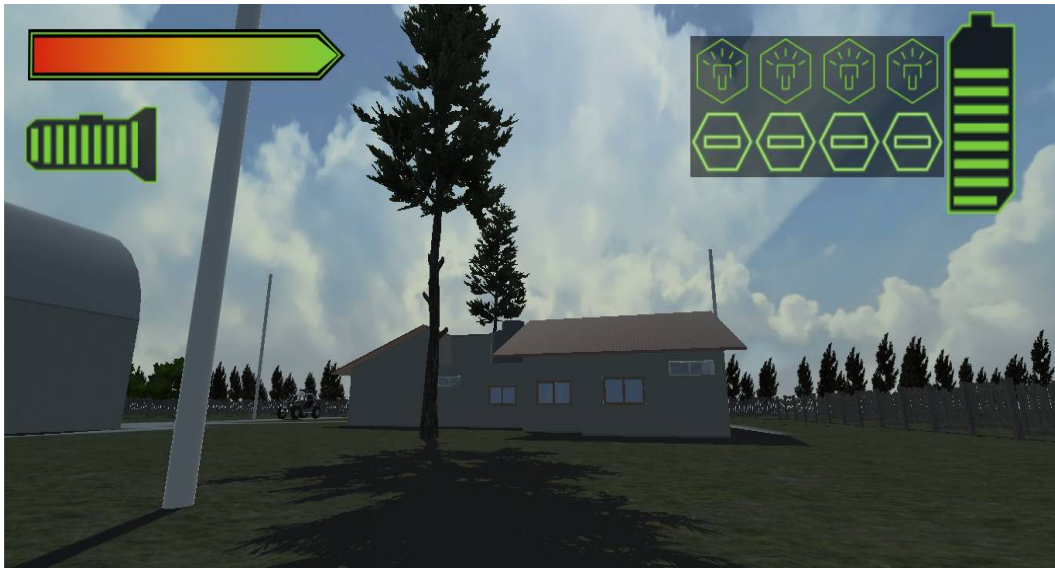


Figura 10: Escena del día – Versión pre-alfa

El juego consta de dos fases bien definidas, una de preparación de las defensas (durante el día – Figura 10) y otro en el que ocurren los ataques (durante la noche – Figura 12). El juego transcurre dentro de una fortaleza donde viven los humanos y el entorno a la misma desde donde se originan los ataques. Existe una relación entre la energía destinada al confort y el número de defensores: ésta debe estar en equilibrio con la energía destinada a la defensa.

Entre otras cuestiones, la propia mecánica de juego está embebida en el concepto de conservación de energía por lo que resulta necesario: informarse sobre energías alternativas teniendo en cuenta tanto sus ventajas como sus desventajas, revisar estadísticas, realizar cálculos y fomentar el ahorro de la energía como concepto, enfrentarse a los distintos tipos de tecnologías de cada producto con su respectivo consumo energético (Figura 11), y visualizar los rangos óptimos de confort de hoy en día para un aprovechamiento de los recursos.



Figura 11: Árbol posible de tecnologías a usar

La historia además contiene secuencias de acción donde los zombies sensibles a la luz intentan apoderarse del refugio generando mayor inmersión en el estudiante.

El videojuego contiene además una “caja de herramientas didácticas” para el docente:

- a) informe con las decisiones que tomó cada estudiante en cada sesión de juego,
- b) orientaciones para la puesta en marcha de sesiones educativas con el videojuego.

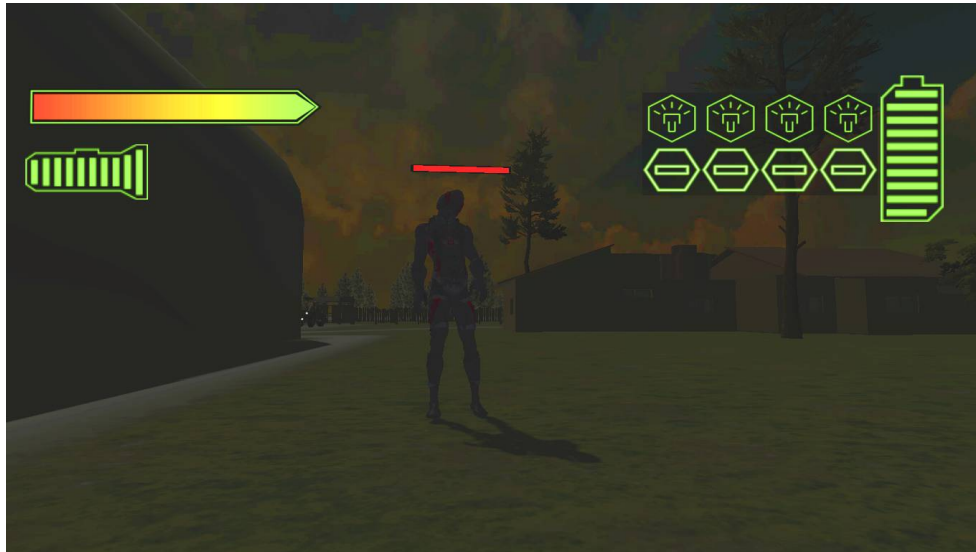


Figura 12: Escena de la noche – Versión alfa.

5. Conclusiones y recomendaciones

En este artículo hemos presentado un Modelo de proceso de creación de software, puntualmente de videojuegos para educación, los denominados SG. Además para ilustrar se presentan los resultados de la aplicación de dicho modelo en el desarrollo del SG :“Power Down the Zombies” .

Consideramos que la incorporación de los principios del Diseño Centrado en el Usuario en la construcción de los Serious Game, con las adaptaciones pertinentes, permitirá relevar elementos significativos en el diseño de estos videojuegos proporcionando a los estudiantes mejores experiencias a partir de un mayor grado de implicación de todos los actores de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Además contar con un modelo para el desarrollo de serious games, contribuirá con la difusión de buenas prácticas en un sector en expansión y permitirá la apertura de líneas de investigación, en procura de técnicas y procesos de desarrollo en dominios donde el trabajo multidisciplinario es fundamental.

6. Referencias

- [1] PADILLA ZEA, N. (2011). *Metodología para el Diseño de Videojuegos Educativos sobre una Arquitectura para el Análisis de Aprendizaje Colaborativo*. Tesis de doctorado Universidad de Granada. España.
- [2] PRENSKY, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. New York: McGraw-Hill
- [3] GROS, B. (2009). *Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje*. Comunicación 7(1) p.251-264.
- [4] GONZÁLEZ SANCHEZ, J. L. (2010). *Jugabilidad: Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- [5] MICHAEL, D. et. al. (2006). *Serious Games: games that educate, train and inform*. Thomson Course Technology, Boston, MA
- [6] KOSTER, R. (2013). *Theory of Fun for Game Design*. 2da Ed. O'Reilly Media
- [7] DEL MORAL PÉREZ, M. E. (2013). *Advergaming & edutainment: fórmulas creativas para aprender jugando*. Ponencia inaugural del Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIBE). Cáceres. España. Disponible en <http://www.bubok.es/libros/231265/ACTAS-DEL-II-CONGRESO-INTERNACIONAL-DE-VIDEOJUEGOS-Y-EDUCACION>. Recuperado el 9 de marzo de 2016.
- [8] FELICIA, P. (2009). *Videojuegos en el aula. Manual para docentes*. European Schoolnet
- [9] GROS, B. (2000). *La dimensión socioeducativa de los videojuegos*. Edutec-e: Revista Electrónica De Tecnología Educativa 12
- [10] LACASA, P. et. al (2007). *Aprendiendo con los videojuegos comerciales. Un puente entre ocio y educación*. EA España y Universidad de Alcalá de Henares.
- [11] GARCÍA FERNÁNDEZ, F. (2005). *Videojuegos: un análisis desde el punto de vista educativo*. Disponible en http://www.irabia.org/departamentos/nntt/proyectos/futur/futura06/Analisis_educativo.pdf. Recuperado el 15 Abril de 2016
- [12] MÉNDIZ, A. et. al. (2002). *Videojuegos y educación: Una revisión crítica de la investigación y la reflexión sobre la materia*. Informe, Ministerios de Educación y Ciencia de España.
- [13] USABILITY-FIRST. (2009). *Usability First*. Disponible en <http://www.usabilityfirst.com/glossary/playability>. Recuperado el 15 de Abril de 2016
- [14] NIELSEN, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston, MA: AP Professional.
- [15] GRANOLLERS, T. (2004). *MPIu+a. Una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares* (Tesis Doctoral). Universitat de Lleida.
- [16] MONTERO, F. et. al. (2009). *Playability as Extension of Quality in Use in Video Games*. 2nd International Workshop on the Interplay between Usability Evaluation and Software Development. Uppsala.
- [17] YUSEF, H. et. al. (2009). *Informe APEI sobre usabilidad*. Informe APEI 3.
- [18] ROLLINGS, A. MORRIS, D. (2003). *Game Architecture and Design*. New Riders.
- [19] CALLELE, D. et. al. (2005). *Requirements engineering and the creative process in the video game industry*. *Requirements engineering*. 13th IEEE International Conference on Volume p.240-250. IEEE Press.

- [20] BETHKE, E. (2003). *Game Development and Production*. Wordware Publishing.
- [21] ROGERS, S. (2010). *Level UP! The Guide to Great Video Games Design*. John Wiley & Sons.
- [22] FLOOD, K. (2003). *Game unified Process (GUP)*. Recuperado el 2009, de gamedav.net.
- [23] BECK, K. (1999). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. Addison-Wesley Professional.
- [24] KEITH, C. (2007). *Agile Game Development Tutorial*. Game Developers Conference.
- [25] CHIN, G. (2004). *Agile Project Management: How to Succeed in the Face of Changing Project Requirements*. MACOM.
- [26] TAKEUCHI, H. NONAKA, I. (1996). *Scrum: The New Product Development Game*. Harvard Business Review.
- [27] NADOLSKI, R. et. al. (2008). *EMERGO: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education*. Simulation & Gaming 39(3) p.338-352.
- [28] PATTERNÓ, F. et. al (1997). *ConcurTaskTrees: A Diagrammatic National for Specifying Task Models*. Proceedings of the IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction p.362-369. ACM Press.
- [29] IMS, (2003). *IMS Learning Design Best Practice and Implementation Guide - Version 1.0 Final Specification*. Disponible en http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldvlp0/imsld_bestv1p0.html (recuperado en el 2011). Recuperado el 5 de abril de 2016
- [30] MARFISI-SCHOTTMAN, I. (2010). *Tools and methods for efficiently designing serious games*. En: 4th European Conference on Game-Based Learning. p.226-234.
- [31] MASSA, S. M. (2012). *Objetos de aprendizaje: Metodología de Desarrollo y Evaluación de la Calidad*. Tesis de doctorado Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- [32] FERNÁNDEZ-MANJÓN, B., MORENO-GER, P., SIERRA, J.L. y MARTÍNEZ-ORTIZ, I. (2007). *Uso de estándares aplicados a TIC en Educación*. Informe No 16. Instituto de Tecnologías Educativas (ITE) Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE), Madrid: Ministerio de Educación. España.
- [33] SCORM 2004 4th Edition Specification (2009). Disponible en <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm/scorm-2004-4th>. Recuperado el 30 de marzo de 2016.
- [34] CLEMENTS, P. et. Al (2001). *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley
- [35] PRESSMAN, R. (2010). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. 7ma Ed. Mc Graw Hill.
- [36] CHURCHES, A. (2014). Taxonomía de BLOOM para la era digital. Disponible en <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomCuadro>. Recuperado el 7 de Abril 2016
- [37] DE BONO, E. (2006). *El pensamiento lateral*. Editorial Paidós Ibérica S.A



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

TUTORÍA Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

Ana María Graffigna, Facultad de Ingeniería UNSJ, amgraffigna@unsj.edu.ar

María Valeria Soria, Facultad de Ingeniería UNSJ, soriavaleria@gmail.com

Adriana Vanina Jofré, Facultad de Ingeniería UNSJ, adrianavjofre@hatmail.com

Resumen— El ingreso a la Universidad constituye un momento vital que demanda al estudiante la conquista de la autonomía como característica indispensable para la integración al contexto institucional. Las prácticas tutoriales se organizan en torno a esta demanda, promoviendo el desarrollo de crecientes niveles de seguridad personal, que permiten que el dispositivo tutorial pueda ir retirándose. En este sentido, el proceso se orienta a acompañar al estudiante en la organización de tiempos, espacios y actividades académicas en las primeras experiencias universitarias.

Sin embargo, es posible advertir que tales acciones resultan en ocasiones insuficientes para integrarse a la vida académica en la Facultad de Ingeniería, justamente porque la formación de ingenieros precisa de un vínculo particular con el objeto de conocimiento, que se comienza a construir en el ciclo básico, pero que incide sustantivamente en el desarrollo laboral. Esto es así porque el ingeniero es un profesional cuyo ámbito de desempeño se encuentra atravesado por la innovación tecnológica. EL conocimiento, por tanto, se presenta como algo dinámico y cambiante, que la formación de ingenieros debería abordar desde esta perspectiva epistemológica en el inicio de la carrera. El desafío es cómo acompañar a los estudiantes ingresantes para que sean protagonistas de sus propios aprendizajes, convirtiéndose en gestores del conocimiento.

El presente trabajo presenta una reflexión descriptivo propositiva de la realidad abordada y enfatiza la relevancia de abordar gestión del conocimiento en la formación de ingenieros, posicionando a la tutoría como facilitadora de tales procesos.

Palabras clave— *gestión del conocimiento, tutoría, formación de ingenieros.*

1. El conocimiento en la formación de ingenieros

Se El desarrollo del conocimiento científico tecnológico ha sido vertiginoso y en el siglo XXI ha significado una revolución que ha redundado en un crecimiento exponencial de saberes.

Ese conocimiento emerge de un campo académico-productivo del que los ingenieros son protagonistas. En efecto, es posible advertir la consolidación de grupos de investigación en el campo científico tecnológico, cuyos productos se integran a la comunidad científica internacional. Las políticas de investigación en los últimos 10 años han promovido la generación de conocimientos orientados al desarrollo del sector económico productivo por la vía del desarrollo tecnológico, esto ha significado un incremento de investigadores nóveles y

como consecuencia de ello mayor producción y difusión de conocimiento emergente de tales políticas.

“Un procedimiento muy interesante y sugerente para la conceptualización de las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación es lo que propone Argentina con la estrategia de focalización, que supone la identificación de oportunidades de intervención en entornos territoriales específicos a partir de la articulación de tecnologías de propósito general (TPG) con sectores productivos de bienes y servicios, en lo que se define como núcleos socio-productivos estratégicos (NSPE)” Casas, R. y otros, 2014 [1]

Las convocatorias a investigación de las propias universidades, tanto como las implementadas por la agencia de promoción científico tecnológica y el Ministerio de Ciencia y Técnica promueven el involucramiento de ingenieros en la producción de conocimiento; de igual modo es posible advertir un apoyo creciente del sector empresarial a la investigación y el desarrollo (I+D) por la vía de la inversión de parte de sus ingresos en la optimización de los procesos de producción. Los ingenieros son actores sociales que conviven con el desarrollo científico-tecnológico y parte de su perfil profesional implica bien el desarrollo de nuevos conocimientos, tanto como la interacción con innovaciones tecnológicas para resolver problemas del campo profesional.

“La implementación de políticas de desarrollo local y regional que generen empleo, arraigo y mejora de la calidad de vida requiere también la participación de las universidades y los institutos de ciencia, tecnología e innovación tanto del sector público como del privado” García Delgado, D; Casalis, A., 2013 [2]

El conocimiento está tan ligado al desarrollo científico tecnológico, que ciertamente los egresados tendrán que continuar con su formación de manera formal o informal una vez que hayan egresado. Este desafío implica para los ámbitos de formación promover habilidades para resolver problemas, tanto como desarrollar herramientas que permitan el acceso al conocimiento de manera autónoma y encontrar soluciones creativas e innovadoras frente a problemáticas cotidianas o divergentes.

“El papel del profesor debe cambiar en el sentido de que ya no es suficiente simplemente impartir contenidos, o lo que es lo mismo, enseñar. Es crucial para los profesores estimular las habilidades de pensamiento crítico, promover un adecuado tratamiento de la información, y fomentar las prácticas de trabajo en colaboración para preparar a los alumnos para un mundo nuevo en el que no se garantiza un trabajo de por vida, y donde la gente cambia de profesión varias veces en su vida.” Granados Romero y otros, 2014 [3]

Frente a este panorama es posible preguntarse ¿cómo puede la Universidad asegurar que sus egresados se integrarán efectivamente al mundo del trabajo y al desarrollo científico-tecnológico? Este es el gran desafío de la formación de ingenieros, por lo que desde este trabajo se asume la posición de que es necesario desarrollar habilidades para la gestión del conocimiento, asumiendo la perspectiva de que el saber profesional no es único ni estático, sino por el contrario, dinámico, cambiante y atravesado por la historia.

“La forma de enfocar la docencia dentro de la Universidad puede contribuir a la creación de estudiantes pasivos, o por el contrario, estudiantes implicados, a través de los segundos ciclos, doctorados, másters y posgrados, así como en la transferencia de estudiantes al sector industrial, a las administraciones públicas o en la generación de empresas” Gros, 2012 [4].

2. La gestión del conocimiento en los primeros años de formación

Las carreras de ingeniería están organizadas siguiendo una lógica deductiva, lo que dificulta asumir una perspectiva epistemológica compleja, ya que el trayecto formativo inicial, denominado Ciclo básico, está integrado por conocimientos de ciencias o disciplinas instrumentales (Cálculo, Álgebra, Física, Química) para el abordaje de problemas profesionales, pero que no siempre se enseñan desde esta perspectiva. En las propuestas curriculares de los últimos años es posible advertir que la estructura de los planes de estudio integra asignaturas complementarias que pretenden acercar los problemas de la formación profesional desde el inicio de la carrera.

Estas asignaturas persiguen que los estudiantes se sientan demandados a ir en la búsqueda del conocimiento, por lo que se diseñan estrategias metodológicas que aportan al desarrollo de esas competencias. Los estudiantes muchas veces no entienden por qué necesitan conocer algunas disciplinas (física, química, álgebra, etc.) para ser ingenieros, por ese motivo las asignaturas complementarias tanto como las estrategias tutoriales se orientan a fortalecer habilidades en ese sentido y cargar de significado estos conocimientos, promoviendo la curiosidad por resolver situaciones desde distintos caminos. El propósito es posicionar al estudiante desde los primeros años como un ingeniero en formación cuyo desafío es resolver problemas para los cuales tiene que ir a buscar el conocimiento.

3. Tutoría y gestión del conocimiento

3.1 Acerca del proceso tutorial en la Facultad de Ingeniería

Antes de plantear el lugar de la tutoría en la gestión del conocimiento, se hace necesario presentar algunas notas acerca del proyecto tutorial en la Facultad de Ingeniería de la UNSJ. La Tutoría de pares de la FI tiene por objetivo el acompañamiento de los estudiantes en el ingreso de la carrera con el fin de promover conductas autónomas y evitar el desgranamiento y deserción institucional. Es importante aclarar que los Tutores no intervienen en la formación pedagógica (ya que esa función está a cargo del equipo de cátedra) pero sí en la facilitación de estrategias para el cursado.

Este proceso tutorial está sistematizado en encuentros semanales o quincenales donde se abordan distintas temáticas programadas en función de los tiempos institucionales y las demandas que debe responder el estudiante en función del calendario académico, pretendiendo así la integración de los estudiantes a la Facultad.

Este abordaje, si bien tiene un plan de temáticas organizado de manera secuencial, se va adaptando a las demandas del grupo o las dificultades que los tutores observan en la medida que los ingresantes se desarrollan e identifican como estudiantes universitarios.

Es necesario destacar que hay variables individuales, grupales y sociales que intervienen y atraviesan todo el proceso de aprendizaje. Estas variables presentes desde el inicio de la vida universitaria tienen que ver con estilos de aprendizaje, personalidad, habilidades, destrezas, que se construyen a lo largo de la propia historia escolar de cada estudiante, tanto como con las características institucionales, las propias de la carrera elegida, los estilos personales del docente, la modalidad de enseñanza de cada uno, entre otras.

Por ello, la acción tutorial se construye en un espacio de intercambio vincular, favoreciendo instancias de información y reflexión para el desarrollo de habilidades y recursos que faciliten la resolución de conflictos implicados en el aprendizaje universitario.

Los Tutores pares, se convierten en un recurso institucional valioso para la ambientación, inserción y continuidad de los ingresantes en la facultad.

3.2 La tutoría como mediadora en la gestión del conocimiento

La tutoría promueve la apropiación del conocimiento ya que despliega procesos de mediación entre el estudiante, el docente y el conocimiento. Esta acción implica animar, orientar y facilitar una situación de aprendizaje pretendiendo una participación activa del estudiante, quien debe ser protagonista de su propio proceso.

Frente a diferentes estilos pedagógicos de enseñanza (que varían según el docente, la materia, la carrera, etc.) muchas veces, se enseñan contenidos pero sin lograr una interacción sustantiva con el estudiante, lo que puede provocar que muchos se pierdan en el proceso.

Por ello es que habiendo transitado por el mismo proceso y conociendo las características de los docentes y la didáctica de sus clases el Tutor puede favorecer en el grupo la búsqueda de recursos que faciliten el aprendizaje, por ejemplo acercamiento al material bibliográfico, libros, tecnologías. Entendiendo que el material didáctico puede ser abordado de diferentes maneras en función de los estilos de aprendizaje del alumno.

En otros casos, la tutoría promueve la interacción con los docentes, comunicando algunas situaciones significativas del grupo o de algún alumno en particular en torno a la apropiación del conocimiento. Esto dependerá del docente, de la apertura al diálogo y al deseo de que los contenidos sean significativos para sus alumnos

3.3 Promover la autonomía

El desarrollo de autonomía en el joven que ingresa a la universidad implica la capacidad de insertarse a la cultura académica de una manera responsable y personal, siendo consciente de las decisiones y consecuencias que él mismo toma durante la formación en la carrera.

El cambio del Nivel secundario a la Universidad es muy significativo para el estudiante quien en muchos casos transita una educación estructurada donde las acciones personales parecen responder a las demandas de otros (padres, docentes, directivos), más que a la propia motivación. Estas características denotan en los ingresantes ciertas dificultades para la gestión del conocimiento.

La acción tutorial favorece la orientación y facilita la información necesaria para tomar decisiones coyunturales en la construcción de la autonomía.

La autonomía necesariamente está acompañada de la información, ya que para tomar decisiones se necesita conocer las opciones o variables disponibles y esa información generalmente no se desarrolla en las cátedras sino que se aprende de la interacción institucional.

4. Estrategias coyunturales para acceder al conocimiento y perspectivas tutoriales

En muchos casos se hace notorio el bagaje cultural y formativo que traen algunos estudiantes de la educación secundaria en relación a otros. A veces, los conocimientos específicos o técnicos que aprendieron en el secundario, son limitados para la universidad por lo que en muchos casos se despiertan vivencias de incapacidad y fracaso que pueden desencadenar en

abandono. Frente a estas situaciones es que se pretende facilitar el desarrollo de competencias y gestión de aprendizajes que respondan a estas problemáticas.

Como consecuencia de ello, desde el sistema de tutorías se han desarrollado actividades específicas, con el formato de taller, orientadas al fortalecimiento de herramientas que faciliten la apropiación del conocimiento: Uso estratégico de calculadora científica, Construcción de mapas conceptuales integradores, esquemas, resúmenes, etc.

Los talleres constituyen un modo diferente de aproximar a los estudiantes al conocimiento, ya que su abordaje implica la configuración de los saberes desde una perspectiva integradora diferente, que no se agota en los materiales curriculares proporcionados por los docentes, aunque los incluyen.

El taller de uso de la calculadora científica propone el desarrollo de una competencia instrumental que permite a los estudiantes, de manera transversal, operar dinámicamente con los saberes disciplinares.

Otra estrategia, ha sido la invitación a talleres para el desarrollo de destrezas que permitan comunicar el conocimiento aprendido, específicamente estas actividades abordan estrategias para rendir un examen oral, o espacios para promover el vínculo de la formación con el mundo laboral

Todas estas actividades se registran sistemáticamente y sus producciones se discuten al interior de los equipos de cátedra con el objeto de promover la reflexión crítica en torno a los aprendizajes de los estudiantes.

La tutoría pretende aportar a que los estudiantes sean activos gestores del conocimiento a partir del fortalecimiento de las posibilidades formativas y los estilos de aprendizaje personales. El esfuerzo se orienta tanto a desarrollar condiciones organizacionales para que el estudiante se integre a la Universidad, como a generar dispositivos que le permitan apropiarse de los saberes.

Entendiendo que el conocimiento está sujeto a las condiciones reales del contexto institucional, los propios procesos de aprendizaje de los estudiantes, los recursos disponibles y las metas establecidas es que el sistema de Tutorías pretende acompañar, orientar y estimular el proceso personal del ingresante para gestionar su acceso al conocimiento..

5. Acerca de la metodología

Esta presentación no es una investigación en el sentido estricto del término, sin embargo constituye una reflexión descriptivo propositiva de la realidad abordada que, partiendo de una perspectiva epistemológica e integrando marcos referenciales relativos al problema, describe y analiza nuevos modos de interpretar el conocimiento que circula en la formación de ingenieros.

6. Referencias

[1] Casas, R., Corona, J. M., & Rivera, R. (2014). Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina: entre la competitividad y la inclusión social. Kreimer, Pablo; Velho, Lea; Vessuri, Hebe y Arellano, Antonio (coords.) Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y el conocimiento. México: Red Cyted/FCCyT/Siglo XXI México.

- [2] García Delgado, D., & Casalis, A. (2013). Modelo de desarrollo y universidad en Argentina. Análisis crítico y contribución de la extensión universitaria al desarrollo local y regional. + E, 1(3), 24-31.
- [3] Granados Romero, J., López Fernández, R., Avello Martínez, R., Luna Álvarez, D., Luna Álvarez, E., & Luna Álvarez, W. (2014). Las tecnologías de la información y las comunicaciones, las del aprendizaje y del conocimiento y las tecnologías para el empoderamiento y la participación como instrumentos de apoyo al docente de la universidad del siglo XXI. Medisur, 12(1), 289-294. Recuperado de <http://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2751>
- [4] Gros, B. (2012). La universidad amenazada: la innovación puede marcar la diferencia. Volver del revés la universidad: Acciones para el futuro próximo, 127. UOC. Barcelona.
- [5] Ariza, M. R., & Ferra, M. P. (2009). Motivar a aprender en la universidad: una estrategia fundamental contra el fracaso académico. Aportaciones de la investigación y la literatura especializada. Revista Iberoamericana de educación, 50(5), 5.
- [6] Gómez, D. R. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica.
- [7] Graffigna, A. M., Berenguer, M. C., & Moyano, A. (2007). Tutorías, necesidades del alumno y demandas de la institución. Jornadas Nacionales de Tutorías y Orientación en Educación Superior, Universidad Agustín Maza, Mendoza.
- [8] Murcia, J. A. M., Rojas, N. P., & Coll, D. G. C. (2008). Influencia del apoyo a la autonomía, las metas sociales y la relación con los demás sobre la desmotivación en educación física. Psicothema, 20 (4), 636-641.
- [9] Pozo, J. I., Monereo, C., & Castelló, M. (2001) "El uso estratégico del conocimiento" en Coll, C.; Palacios, J. y Marchesi, A. (coord.). Psicología de la educación escolar. Madrid: Alianza Editorial; 211-258.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESCRITURA Y ORALIDAD EN INGENIERÍA E INDUSTRIAS COMO FORTALECIMIENTO ACADÉMICO INTERDISCIPLINARIO.

Richter, Johana; FIO-UNaM, johanacr775@gmail.com

Senn, Jorge; FIO-UNaM, jorgesenn1@gmail.com

Urbina Leandro; FIO-UNaM, leandrourbina@gmail.com

Resumen— El siguiente trabajo tiene la finalidad de compartir la experiencia de racionalizar, reflexionar y trabajar sobre problemáticas puntuales de la expresión escrita y oral, realizada en tres etapas, en la asignatura Ingeniería e Industrias¹, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIO-UNaM). Estos talleres se llevaron a cabo porque se evidenció con claridad los inconvenientes que presentaban los alumnos en el momento de expresarse, tanto por escrito, como de manera oral. Ambas formas de expresión afectadas en el estudiante, lo limitan en su progreso académico. Por ello, desde la cátedra se decidió iniciar una serie de talleres; el primero de ellos abordó cuestiones básicas de la escritura y de la representación corporal, el segundo taller desarrolló ejes centrales de la oralidad incluyendo lo lúdico y en un tercer momento se aplicaron ambas habilidades en el marco del trabajo integrador de la asignatura. Los objetivos generales de estos encuentros-taller, son que los alumnos logren identificar la importancia de saber expresarse con adecuación y coherencia, en sus explicaciones pertinentes con relación a los contenidos de la asignatura y que puedan manifestar sus ideas de manera contextualizadas. La experiencia representó un avance positivo y necesario para colaborar con las habilidades comunicativas de los alumnos.

Palabras clave—*alumnos, escritura, oralidad*

1. Introducción

Llamamos al trabajo aula-taller a diferentes actividades que se relacionan a los temas abordados a la asignatura, el objetivo es realizar la actividad, compartirla con el grupo de alumnos y reflexionar sus respuestas. Además tiene el fin de presentar varias actividades que se deben iniciar, desarrollar y finalizar en el marco áulico para que el alumno comprenda para qué está realizando una actividad y cuál es su devolución. Estos talleres se fueron aplicando desde el año 2015, y siguen siendo llevados a la práctica bajo la observación y jerarquización de las necesidades que se identifican en el cuerpo áulico. Para compartir y contextualizar este trabajo se explicará, que somos un equipo docente interdisciplinario que actúa según la faceta en la que cada uno se ha especializado. Es por ello, que una habilidad del estudiante, no lo puede lograr un sólo docente, sino es el aporte de diversas visiones interdisciplinarias. Un alumno puede ser elocuente, pero su verbosidad puede no tener una significación técnica, ni aún relacionante con la asignatura; otro alumno puede tener inconvenientes para exponer sus

¹ Ingeniería e Industrias: asignatura correspondiente al segundo año de todas las carreras, de carácter de formación complementaria

ideas de manera escrita pero su construcción mental del significado está estructurada y necesita del orden sintáctico para que tenga un valor referencial en el campo de la ingeniería. Otros, muy pocos, pero existentes, temen la extensión de la hoja en blanco como lo explica Barthes (2003)[1], este momento oportuno y decisivo para la escritura es un paso no sólo psicomotriz, sino cognitivo de un proceso propio de los pensamientos superiores del ser humano como lo señala Vygotsky (1990)[2]. Estas facetas descritas a grandes rasgos y contextualizadas en un determinado campo de acción, nos lleva a trabajar bajo un estilo didáctico-pedagógico diferente, denominado por Bourdieu (1988)[3] espacio social con poder simbólico, que es el aula-taller. Desde esta pedagogía del conocimiento, el aula-taller requiere una modalidad de planificación distinta a la tradicional, sistemática por los tiempos pero motivante por los espacios de expresión, que le permiten al alumno, manifestarse en sus habilidades comunicativas con mayor tranquilidad. Uno de los objetivos que se deben considerar es la creación de un ambiente adecuado para que el alumno logre producir sus ideas, sabiendo con claridad por qué lo hace, para qué lo hace y quién será el receptor.

2. Materiales y Métodos

Para proceder a la explicación de dichos talleres se presentará la planificación de cada uno de ellos y el desarrollo con el cual se fueron realizando las actividades. La primera jornada de taller áulico presentó el siguiente cronograma, previamente analizado y puesto en diálogo entre los autores del trabajo:

La clase se inicia a las 9hs de la mañana todos los días miércoles y tiene una duración de hasta 3 horas. Por ello se creyó conveniente incentivar a los alumnos a que llegaran minutos antes de las nueve. Hasta las nueve en punto se les ofreció un número de rifa, con el cual, al final del taller se sortearía un mate tallado a mano. Este acto, de recompensa a la responsabilidad, tiene varios fines, reconocer el esfuerzo del alumno, el interés por una buena ubicación, la relación alumno-docente que se puede establecer con unos minutos antes de la formalidad, preguntas que surgen sobre los trabajos realizados en la asignatura previamente, consultas tutoriales, y la perspectiva de valorar el horario como una carta de presentación a futuro en su trabajo, ya que nuestra idiosincrasia no promueve la puntualidad.

El primer taller se inicia con una representación lúdica de una parte del proceso de elaboración de la yerba mate. Se prepara el aula para que en su centro se habilite un pasillo, casi al final del mismo se representará la recepción de la yerba, tal cual es cosechada de la planta y de la manera en la cual llega a la empresa como producto natural. Se solicitó a tres alumnos que deseaban representar a los tareferos² de nuestra zona. Los alumnos se organizaron y una vez que los tallos y las hojas estuvieron en el piso, los alumnos, comenzaron su trabajo, con la única diferencia que se les proveyó de guantes para que protegieran sus manos. Se les dio un tiempo determinado, y luego llevaron en una bolsa de arpillera lo cosechado para ser pesado en una balanza. Otros alumnos, que se fueron integrando, realizaron los cálculos del costo de la mano de obra correspondiente a los kg de yerba cosechados, y lo que la empresa debería pagarles a valores actuales, esta cifra fue de 12 pesos. Al terminar este ejercicio, se distinguieron el color y la forma que tomaron los guantes utilizados, para demostrar así la realidad del trabajo, el esfuerzo que demanda y el desgaste físico que ocasiona. Este ejercicio responde al paradigma de Perkins (2010)[4] en aprender el juego del aprendizaje ¿Cuál fue uno de los aspectos que se pretendió que los alumnos aprendan después de una clase expositiva en la que se explicó el proceso de la yerba mate en las Industrias? Que el alumno, utilice el tacto; conozca la planta y que al representar el

² Tarefero: nombre característico que se le da a la persona que cosecha la yerba mate en forma manual

proceso cada uno juegue a tener un determinado rol. Los alumnos que miraban el desarrollo de este proceso para describirlo después, no estaban pasivos, porque debían controlar si sus compañeros respondían positivamente a lo enseñado en clase o resolvían de una manera espontánea, o realmente no habían comprendido.



Figura 1. Alumnos en el momento de la representación de parte del proceso yerbatero.

El segundo ejercicio se basó en la distribución de plantines de yerba mate, uno para cada grupo de alumnos, para que desarrollen una breve descripción de la materia prima.

Algunas consignas fueron: ¿Cómo es la planta? ¿Ya la conocía o no? ¿Cuáles son sus propiedades según lo explicado en la clase anterior? ¿Qué se necesita para que la misma logre su desarrollo? ¿En qué estado se encuentra el material recibido? Estas preguntas, algunas directas, otras no, como el objetivo que el alumno logre relacionar el tópico generativo, con las otras metas de comprensión. En este caso en específico, primero el alumno debe ser consciente si conoce o no la materia prima de análisis, el plantín de yerba mate. Para que este plantín se desarrolle bien, pueden integrar conocimientos de física y química, pues pueden palpar y analizar el grado de humedad con las herramientas necesarias que posee dicho objeto. En cuanto a las propiedades, en la clase anterior, el docente a cargo desarrolló científicamente una entrevista realizada a un investigador nacional sobre el tema de los beneficios de esta planta, por lo que se deseaba verificar si esta información fue significativa o no la recordaban.



Figura 2. Alumnos trabajando con los plantines de yerba mate.

En el momento del receso de 15 minutos se compartió con ellos cómo era su rutina para elaborar y compartir dicha infusión. Luego, cuando se volvieron a acomodar en sus lugares, se les solicitó que comentaran qué pasos realizaban para hacer un buen mate y qué les parecía el sabor de la yerba que ingerían en el momento de la clase. Esto se recalca porque en la mesa central se dispusieron para compartir diferentes marcas y tipos de yerba mate de nuestra zona, inclusive algunas saborizadas. El objetivo era comparar lo que siempre se ingiere, con una propuesta distinta y poder exponer oralmente, de forma dialógica una postura sobre los distintos sabores. ¿Por qué se trabajó con cada equipo de mate personal y no se hicieron grupos más grandes? Hay dos razones por las cuales se decidió que cada grupo se identifique con sus propios gustos, pero ante todo, el profesor a cargo, en la clase anterior había explicado los factores que pueden incidir al compartir el mate con personas desconocidas o en grupos muy numerosos, entonces se siguió una lógica-teórica; en segundo lugar, al ser más personalizado el proceso, la elección de la yerba a usar fue más selectivo desde lo individual.

Como tercer paso tuvieron que realizar un diagrama de bloques y luego un diagrama de flujo con la información obtenida de la representación y de las explicaciones pertinentes de la clase anterior del proceso de yerba mate.

Cuando la mayoría de los alumnos habían entregado el diagrama se sorteó el mate regional.

El segundo taller se enfocó en el fortalecimiento de la oralidad, para ello en la primera etapa los alumnos participaron en una competencia. Primero, debían encontrar 12 números de seis dígitos en una sopa de números, las primeras resoluciones comenzaron a los 4 minutos 30 segundos, después de los siete minutos los alumnos en forma masiva comentaban que habían resuelto todo el ejercicio. A continuación, se les brindó una sopa de letras, con términos específicamente matemáticos y físicos, comenzando a resolver todo el ejercicio también en situación de competencia, pero esta vez, los primeros resultados aparecieron a partir de los 6 minutos. Entonces, se plantea la pregunta ¿por qué en un ámbito donde lo alfanumérico y aún más lo numérico tiene un lugar de poder simbólico más fuerte? De esta forma se explica cómo la escritura debe ser aprendida en cada nivel, así como la complejidad de los ejercicios y las fórmulas químicas en los diferentes niveles académicos.

El segundo ejercicio se basó en el juego de roles como lo explica Perkins (2010)[4], consistente en ver la diferencia entre ser conductor y ser el acompañante, lo que nos permite asumir un rol determinado. Para ello, se los organizó en grupos de 5 a 6 alumnos. Cada grupo

recibió un problema determinado, el mismo, debía ser dramatizado y cada alumno debería, con sus actitudes, preguntas y respuestas dar los indicios de su rol. Los siguientes son los problemas repartidos por grupo:

1-Ud. es un gerente y debe comunicar a sus operarios que la empresa debe hacer una reducción de personal, explicar la situación y las causas.

2-El grupo del Departamento de Cuentas de la empresa TAI solicita la implementación de una sala comunitaria, para compartir un café durante la mañana en un horario determinado; deberán convencer a su gerente que este tiempo estará medido, controlado, y además será beneficioso para promover los vínculos profesionales.

3-El grupo de las secretarias debe convencer a las autoridades para incorporar en la recepción de la empresa un cambio de ambiente, el cual incluya un cuadro, con colores más alegres, una lámpara metálica y plantas de hojas anchas y redondas.

4-El Gerente de la empresa DAR debe decidir si invierte en 80 cajas de Alfajores ALCON de 50 unidades a 300 pesos o en 100 cajas de 50 unidades de turrone SUCOR a 350 pesos. Cada representante de las distribuidoras ¿qué dirá cada representante de las distribuidoras a fin de concretar el negocio de forma ventajosa?

5-Pertenecen al Centro de Estudiantes de la Facultad de Ingeniería y deben luchar para que no se cierre el comedor al cual concurren diariamente, ¿qué solución propondrían para continuar, por lo menos con una comida diaria?

6-Soy gerente, y se elimina el incentivo anual para los trabajadores de la empresa DIOR, un viaje a las islas del sur, tres noches en un hotel 5 estrellas y una campera de cuero original, ¿Cómo lo comunico? ¿Lo trato de compensar con otra oferta? ¿Cuál?

Los alumnos se organizaron y en cada grupo cada estudiante asumió el rol con el que más se sentía identificado, y con ello se llevaron a cabo las dramatizaciones. Al finalizar, sus puestas en escena, se reflexionó que la oralidad es una habilidad que debe practicarse desde diferentes visiones. Tal vez, antes en la escuela tradicional, lo más importante, era que un alumno sepa entonar bien una poesía, o enunciar bien un signo de admiración en un texto narrativo, hoy la oralidad es parte de un proceso comunicacional fundamental para la realización profesional. Sus proyectos y sus planes se darán a conocer por medio de sus convicciones orales, por ende la postura, la voz, el tono, etc. son aspectos preponderantes para lograr una buena comunicación.



Figura 3. Alumnos dramatizando conflictos empresariales.

La tercera fase del taller se focalizó en el Trabajo Integrador³ que los alumnos deben comenzar a desarrollar a partir del primer cuatrimestre de clase, lo continúan en el segundo y lo exponen finalmente ante el equipo docente de la cátedra. En esta fase, los estudiantes deben visitar una empresa, observar sus instalaciones, hacer entrevistas, representar por medio de diagramas de bloques de flujo el proceso. Para ello deben incorporar teoría, parafraseo, párrafos autónomos y defender su trabajo por escrito y oralmente. Por lo tanto, el grupo de trabajo, debe movilizarse en estas tres habilidades lectura-escritura-oralidad, desde la construcción del trabajo hasta su defensa.

Para hacer una evaluación integrada y reflexiva se presenta una grilla que es aplicada especialmente por los docentes.

Ingeniería e Industrias
Planilla de evaluación

Grupo: Oberman
Empresa: Oberman

Desempeño individual Hora de inicio: 16:28 Hora de finalización:

Integrantes	Tiempo	Expresión oral			Claridad concepto			Postura			Observaciones
		R	B	MB	R	B	MB	R	B	MB	
Rosenbach	7	X				X		X			Muy bajo
Parcello	10	X				X		X			Muy bajo
J.L. Franco	8		X			X			X		
xx	1			X						X	

Figura 4. Grilla de evaluación integral de los docentes.

Desempeño Grupal (Evaluación del grupo)

Grupo Nr.	Organización Grupal			Med. Audiov/ Materiales			Cap. de síntesis			Integralidad del tema			Participación Integrantes		
	R	B	MB	R	B	MB	R	B	MB	R	B	MB	R	B	MB
6	X					X		X		X			X		

Observaciones... Colocamos MB en Med Audiov/ Materiales porque presentamos el tema con gran cantidad de imágenes, buen diseño e información

Figura 5. Grilla de autoevaluación que se le otorga al grupo.

³ El Trabajo Integrador, es un trabajo práctico que se desarrolla grupalmente a lo largo de todo el cursado. Se basa en la realización de visitas técnicas a alguna empresa de la zona (a elección de los alumnos), sobre la cual deben desarrollar un importante número de actividades, relacionadas con los contenidos que se van desarrollando a lo largo del año. Al final del cursado, cada grupo debe realizar una presentación pública de su trabajo, utilizando diversos medios ilustrativos disponibles. Dicha presentación es evaluada por el equipo docente, así como una instancia de auto-evaluación de cada grupo. El Trabajo Integrador posee el peso y valor de un examen parcial.

GRUPO 2	COMENTARIOS
POSTURA	Parados y ordenados.
PRESENTACIÓN DEL TEMA	no se pudo desarrollar todo debid
FLUIDEZ EN LA EXPRESIÓN	podria haber estado mejor
DESARROLLO Y CONOCIMIENTO DEL TEMA POR MEDIO DE LA ORALIDAD	conocimiento amplio pero expresion complicada.
USO DE MULETILLAS	muchas muletillas usadas
COORDINACIÓN DE LOS INDIVIDUOS PARA LA EXPOSICIÓN	falta de coordinación debido a nervios.
MANEJO TECNOLÓGICO	mas o menos.
ARMONÍA DE LA EXPOSICIÓN CADA INDIVIDUO RESPETA SU TIEMPO	cada uno respeto su tiempo pero hubieron interuenciones
CIERRE DEL TEMA	por ahi se cerró muy de golpe

Figura 6. Grilla que completan los alumnos después de su experiencia expositiva.

3. Resultados y Discusión

Partiendo de una base en una didáctica diferente de la enseñanza tradicional para la escritura académica, se puede decir que los resultados fueron positivos, En la primera fase, los alumnos tuvieron muy buena predisposición para trabajar en equipo para la representación del proceso yerbatero. Se identificó que se encontraban motivados ante la propuesta de seleccionar la yerba con la cual harían su nueva infusión, la novedad, la crítica y la libertad de decir cuál es el sabor sin ser criticados En otras palabras se aproxima como grupo interdisciplinario al proceso de lecto-comprensión y expresión oral, desde otra visión, desde lo lúdico, ante la actitud formal y estructural de la expresión oral. Esto no significa que se plantee una libertad en el decir y en las normas propias del lenguaje y la comunicación, sino que se plantea que el estudiante debe interpretar que su saber es importante para trabajar en un ambiente donde se sienta estable anímicamente y logre activar los mecanismos que la neurociencia estudia, mover el cuerpo, hablar, decir, conversar, cómo ver la figura de la autoridad, cómo es la futura realidad demandante de la sociedad, entre otros. El intercambio comunicativo con otros sujetos en el campo laboral es una herramienta fundamental dentro de los recursos humanos. No hubo resistencia para escribir lo que observaron, sí se debe destacar que fue un tema de debate la devolución de las escrituras por los términos utilizados. Para ser concretos 21% del total de los alumnos participantes de la asignatura manifestaron un estilo con dificultades en su escritura, no en la coherencia y cohesión sino en el estilo de la redacción. El estilo debía ser formal, pues dicha información les serviría posteriormente para la elaboración del diagrama de flujo. Al elaborar un texto narrativo no descriptivo del tema, los alumnos en consecuencia no lograron realizar el ejercicio siguiente. En algunas ocasiones es importante no sólo, en la carrera de ingeniería aclarar que el saber decir es un acto del pensamiento que debe ser cuidado, las personas, hoy se ocultan tras el cansancio, el estrés, o la famosa frase “Soy de esta manera”, pero esto origina que el ambiente laboral se contamine de cierta sinergia competitiva desleal

En la segunda fase fue muy interesante la posición que tomaron los alumnos ante la problemática, los roles fueron bien destacados, el jefe que buscaba sus beneficios en la propuesta de sus empleados. Fue positivo ver los interrogantes que elaboraron, las posturas de negación o contratación, hubo algunos de ellos que sí memorizaron el texto y otros que no

pudieron pasar sin una hoja en mano, pero se destaca el movimiento corporal y las demandas creativas que cada grupo ofreció. Este ejercicio de roles demuestra quién es líder en un grupo, pero a la vez desarrollar las habilidades de otros que están en el anonimato y que paulatinamente quieren que se los escuche; ésta es una manera de escuchar qué propuestas pueden presentar los futuros ingenieros para una sociedad consumista.

En la última fase, en la integración de lo escrito con lo oral y lo visual, se puede decir que a condiciones anteriores los alumnos manifestaron tener más conocimiento en cuanto a sus aspectos orales, como muletillas, posturas, movimientos corporales para acompañar los medios audiovisuales, los tiempos que cada uno debía hablar, no repetir lo que una proyección está diciendo sino explicarla. Pero si bien una cuestión es saber, otra es aplicarla y en sus evaluaciones personales expusieron que necesitan más de la práctica, que sea un ejercicio más el hablar frente a los demás sobre los temas de ingeniería pero debatiendo, que cada uno exponga de manera que sienta seguridad desde su punto de vista.

4. Conclusiones y recomendaciones

Como conclusión, se puede indicar que el trabajo de escritura y oralidad en la asignatura Ingeniería e Industrias es un gran aporte a la enseñanza integral de la Ingeniería, porque se evidencia constantemente las deficiencias de comunicación que presentan los alumnos y se pueden intervenir en los momentos oportunos. No son talleres alejados, descontextualizados, que el alumno los percibe como una jornada diferente, sino que comprendieron con el tiempo, que el sistema educativo y la situación laboral o las oportunidades de becas para seguir perfeccionándose son exigentes en estas áreas, entonces ya no es una imposición para que mejoren su profesionalismo, sino que lo ven como una estrategia más de sus habilidades laborales. También, es sumamente positivo que las jornadas estén diagramadas en tres fases, previamente planificadas por el grupo de trabajo, con fechas estimadas donde se pueden vincular temas más accesibles a trabajar con el juego, lo visual y el tacto. El diálogo constante del equipo de trabajo hace que cada ejercicio presente un objetivo no sólo para el alumno, sino para la asignatura en sí.

5. Referencias

- [1]ROLAND BARTHES (2003) *El grado cero de la escritura*. Buenos Aires. Siglo veintiuno.
- [2]MOLL LUIS (COMP) VYGOTSKY (1990) *Connotaciones y aplicaciones de la Psicología sociohistórica en la educación*. Grupo Español. Aique.
- [3]PIERRE BOURDIEU (1988) *Intelectuales, política y poder*. Buenos Aires. Gedisa.
- [4]DAVID PERKINS (2010) *El aprendizaje pleno*. Buenos Aires. Paidós.



III CAD I
IX CAEDI
2016



MODELO DE FORMACIÓN POR COMPETENCIAS EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN: UNA EXPERIENCIA EN DISEÑO DE SISTEMAS

Germán Gaona, Facultad Regional Resistencia- UTN, gg_rcia@yahoo.com .ar

Valeria C. Sandobal Verón, Facultad Regional Resistencia- UTN,

vsandobal@frre.utn.edu.ar

Gustavo Torossi, Facultad Regional Resistencia- UTN, gmtorossi@yahoo.com.ar

Resumen— En el artículo se presentan la experiencia y los resultados de la aplicación acotada del modelo de aprendizaje basado en competencias para la formación de ingenieros en la materia Diseño de Sistemas, perteneciente al 3º nivel de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, de la Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional. El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería en su cuadernillo “Competencias en Ingeniería” del año 2014 propone un esquema de 10 competencias genéricas, desde la cátedra se propuso la incorporación de actividades que permitan el desarrollo de competencias de comunicación efectiva y de aprendizaje continuo y autónomo, además de seguir profundizando las competencias de identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería; y el desempeño efectivo en equipos de trabajo. Este tipo de metodología se implementa puntualmente para el tema “Diseño de elementos de interfaz”, como prueba piloto. La recogida de datos se realizará a través de una encuesta a los alumnos, planilla de seguimiento de cada uno de los grupos conformados, como así también la observación de los docentes de la cátedra como evidencia del tipo de desempeño directa.

Palabras clave— *formación ingenieros, competencias, diseño de sistemas, diseño de elementos de interfaz*

1. Introducción

La educación superior en el mundo muestra una tendencia hacia los modelos de formación por competencias, las universidades latinoamericanas y en particular las argentinas, comenzaron a transitar el camino de migración hacia este enfoque, centrado en el alumno y su aprendizaje, cambiando el rol del docente y la enseñanza tradicional. En este sentido, la Facultad Regional Resistencia (FRRe) perteneciente la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) ha comenzado con el proceso de formación de sus docentes, con miras a su aplicación gradual en las carreras de ingeniería.

Aunque el origen de la formación por competencias, se remonta a finales de la década de 1980, su impulso se dio desde comienzos de los años 2000, este nuevo paradigma tiene algunos principios comunes, compilados por Tobón [1] que la caracterizan, algunos de ellos son listados a continuación:

- Lograr la pertinencia educativa, articulando los intereses de la institución y los del medio en donde se encuentra inserta.
- Asegurar la calidad del aprendizaje entre los procesos de formación y los perfiles del egresado.
- Formar por competencias, utilizando los contenidos sólo como medio.
- Priorizar el rol de los docentes como guías y no sólo como transmisores de contenidos.
- Internalizar el cambio de modelo en los educadores a través de formación y reflexión, no por un simple cambio de currículo.

Además de estos principios, se considera necesario dejar en claro el significado de la palabra competencia, pues suele usarse informalmente como sinónimo de destreza, habilidad, pericia, aptitud o capacidad, si bien son conceptos afines, hay que diferenciarlos. Distintos autores proponen variantes según el contexto; aquí se prefiere la definición propuesta por Earnest [2] y enuncia que una competencia “es una declaración que describe la demostración integral de un conjunto de habilidades y actitudes relacionadas que son observables y medibles, necesarias para llevar a cabo un trabajo de forma independiente en un nivel de pericia prescrito”. El carácter de la demostración o actuación integral implica un enfoque holístico de saberes, que el estudiante debe poner de manifiesto, es decir, se considera la conjugación del saber ser, el saber hacer y el saber conocer.

Las competencias pueden clasificarse según Tobón [1] en: (i) *básicas* las cuales se definen como aquellas que son necesarias para poder vivir en sociedad, (ii) *genéricas* se consideran aquellas que son comunes por varias profesiones y (iii) *específicas* aquellas que están totalmente relacionadas con la profesión.

En los últimos años varios organismos han elaborado sus compendios de las competencias que un ingeniero debería desarrollar, en [3] se comparan aquellas realizadas por el Consejo de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET, por su siglas en inglés) y por la Agencia de Acreditación para los Programas de Estudio en Ingeniería, Informática, Ciencias Naturales y Matemáticas (ASIIN, por sus siglas en alemán), la primera de ellas pertenece a los Estados Unidos y la segunda a Alemania, que a su vez se vincula con la Red Europea para la Acreditación de la Educación en Ingeniería (ENAE). El marco comparativo utilizado para dicho análisis clasifica a las competencias en (i) *profesionales y metodológicas*, (ii) *personales*, (iii) *sociales y comunicacionales* y (iv) *de actividad e implementación*; los autores logran distribuir las competencias especificadas por ambos organismos de acreditación en las tres primeras clasificaciones, sin embargo no logran encontrar alguna que se adapte a la última, que justamente tiene un enfoque integrador de las anteriores.

En la Argentina, y con aportación directa a nivel iberoamericano, el Consejo de Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), elaboró un documento que especifica diez competencias de egreso del ingeniero argentino, es decir, aquellas que son transversales a todas las ingenierías y las agrupa en (i) *competencias tecnológicas* y (ii) *competencias sociales, políticas y actitudinales* [4].

Para el trabajo que aquí se presenta, se buscó profundizar y aplicar las siguientes competencias:

- C1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- C2. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de ingeniería.
- C3. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- C4. Comunicarse con efectividad.
- C5. Aprender en forma continua y autónoma.

Donde, C1 y C2 son parte del primer grupo y C3, C4 y C5 son parte del segundo grupo.

En relación a la evaluación de la aplicación de la estrategia se realizó una encuesta con preguntas del tipo cerradas y abiertas, éstas últimas de opinión. Desde el punto de vista de la

recogida de evidencias se seleccionó: evidencia del tipo de desempeño y directa a través de la observación; por el lado de evidencias de conocimiento por un lado se trabajó en las del tipo de conocimiento base como ser presentaciones orales, preguntas orales dentro y fuera de desempeño; y desde el punto de vista circunstancial las preguntas fuera de desempeño y comunicación informal.

2. Materiales y Métodos

Como se mencionó, la experiencia se realizó en la materia de Diseño de Sistemas (DS) y en particular en la unidad Diseño de elementos de interfaz. A modo de caracterización de los actores involucrados en la experiencia resulta necesario mencionar que la misma se realiza con alumnos de 3° año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI), donde se combinan alumnos que cursan por primera vez y recursantes. Un rasgo particular de esta cátedra es la gran cantidad de estudiantes asisten que generalmente varía entre los 65 y 80 alumnos en una sola comisión. Sin embargo, este año en que se decidió modificar las estrategias en el dictado de la materia, disminuyó notablemente la cantidad de alumnos, siendo de 46 inscriptos (40 efectivos). Esta situación de alguna manera facilita la nueva implementación y permite obtener resultados de impacto en una muestra de alumnos.

El alumnado se caracteriza por:

- Hay un 57% de alumnos que cursan por primera vez la materia; mientras que el 43% restante la recursaron al menos una vez.
- Del total de alumnos hay 15 que se encuentran cursando a término la materia, esto representa un 33%.
- Teniendo en cuenta el año de ingreso, hay un 54% que inició sus estudios hace menos de 5 años, un 17% entre 5 y 10 años; y un 13% comenzó hace más de 10 años.

Una de las primeras decisiones que se tomaron al iniciar la planificación para la experiencia de formación por competencias, fue la de seleccionar un subconjunto de entre las 10 competencias existentes en [4], pues la premisa era facilitar la aplicación de esta estrategia. A pesar de que todas las competencias son apropiadas para las ingenierías, cuestión que se suponía, se logró reducir su número a 5, fundamentalmente en base al análisis de las capacidades esperadas y su pertinencia con la asignatura, a continuación se describe dicho análisis.

La *competencia C1* se considera muy adecuada, ya que hace hincapié sobre capacidades inherentes a un ingeniero en sistemas, pero en particular atañe a las materias integradoras como DS, cabe destacar especialmente la “capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución”, en la que se contemplan a su vez habilidades de diseño a través de modelos, teniendo en cuenta restricciones y recursos de diferente índole. También se puede señalar la “capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas.”

La *competencia C2* está vinculada a la anterior pues incluye capacidades de búsqueda, selección y utilización (o su supervisión) de técnicas y herramientas de ingeniería aplicadas, entre otros, al diseño e implementación de una solución. En la elaboración de software es indispensable el uso de herramientas que faciliten el desempeño de las actividades diarias, la etapa de diseño se integra en este proceso de elaboración a través del empleo articulado de herramientas automatizadas que asisten el diseño (por ejemplo, herramientas CASE)

La *competencia C3* atañe al trabajo en equipo y se trata de estimular en la mayoría de las cátedras de la carrera, se considera importante para el desempeño profesional de un ingeniero en sistemas, pues por lo general trabajará en conjunto con otras personas en diferentes proyectos y disciplinas. Las capacidades esperadas giran en torno a las habilidades de balance entre lo individual y el colectivo, poniendo énfasis en el respeto hacia los demás integrantes

en varios aspectos, como por ejemplo, el cumplimiento de compromisos, la escucha activa, la comunicación de ideas de forma clara y la contemplación de diferentes puntos de vista. Es una competencia que muchas veces resulta decisiva para el éxito de una organización y el desafío consiste en internalizar estas habilidades que generalmente son tomadas superficialmente por los estudiantes.

La *competencia C4* considera dos grandes capacidades, por una parte, la elección de la estrategia adecuada de comunicación de acuerdo a los objetivos y los interlocutores, esta juega un rol destacado para el trabajo en equipo, pero además en cualquier otro ámbito en el que el ingeniero deba desempeñarse. La otra capacidad, se vincula a la interpretación y producción de textos técnicos o presentaciones más elaboradas. En DS, a pesar de ser una asignatura de 3er nivel, se suelen notar ciertas falencias en la comunicación, particularmente para la segunda capacidad mencionada.

La *competencia C5* implica reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo, asumiendo que es una profesión en constante evolución, debiéndose adquirir como un hábito de por vida. Esto a su vez se apoya en la autonomía del aprendizaje, estableciendo una estrategia de aprendizaje, su evaluación y promoviendo el espíritu investigador. El contenido disciplinar de DS se considera fundamental para el egresado, y sus principios son válidos por un periodo tiempo “amplio”, sin embargo los detalles de su aplicación deben actualizarse con frecuencia.

Una vez acordadas las competencias a formar en los estudiantes, fue necesario analizar qué estrategias y actividades se iban a elegir a tal efecto, a continuación se especifica una clasificación genérica de acuerdo a [5] y [6], con un ejemplo de implementación específica

E1. Exposición dialogada

Se dicta una breve clase introductoria sobre el tema principal (por ej. “Interfaz Gráfica de Usuario”), marcando aquellos conceptos importantes, fomentando la discusión con los alumnos.

Actividades del alumno:

- a. Escucha atenta y toma de apuntes
- b. Planteo de inquietudes y verbalización de ideas previas

E2. Preguntas literales / exploratorias

Las preguntas se realizan luego de la clase introductoria con el objetivo de recabar parte de la información faltante, las preguntas pueden ser literales, es decir que se encuentran explícitamente respondidas en el material de referencia, por ejemplo: “¿Qué estilos de interacción puede encontrarse? Describir cada uno de ellos.”; también pueden ser preguntas exploratorias, intentan fomentar el análisis sobre el tema, averiguar significados e implicancias, por ejemplo: “Si quisiéramos evaluar la calidad de una interfaz de usuario en relación a la facilidad de uso, ¿Qué atributo evaluaríamos? Defínelo. Mencione algunas métricas que pueden utilizarse.”.

Actividades del alumno:

- a. Búsqueda de información.
- b. Lectura de textos en castellano e inglés
- c. Análisis y comprensión
- d. Presentación y discusión breve

E3. Aprendizaje Basado en Resolución de Problemas

Los problemas se formulan para fomentar el aprendizaje activo del estudiante, a través de escenarios que plantean una situación acotada y basada en algún aspecto de la realidad, enfocados por lo general en abordar una competencia, por ejemplo, en un escenario que describe la operatoria básica de una firma de abogados que desea informatizar su agenda de contactos, se solicita entre otros: “Diseñar la interfaz con el

usuario para uso y manipulación de los datos referentes a los profesionales.”, el entregable en este caso sería un prototipo de las ventanas, utilizando los controles más apropiados según el caso, su resolución es grupal.

Actividades del alumno:

- Comprensión del alcance del problema
- Búsqueda de información acotada
- Lectura de textos en castellano e inglés
- Análisis y comprensión
- Discusión grupal
- Resolución de problemas dirigidos
- Presentación de la solución

E4. Aprendizaje basado en proyectos

Su objetivo es fomentar el desarrollo de varias competencias de forma integral, sobre un escenario de complejo que plantea una solución real, específicamente en DS se solicitan dos proyectos parciales de entrega cuatrimestral (Trabajo Práctico Integrador-TPI), ambos se realizan sobre el trabajo final de Análisis de Sistemas (asignatura integradora de 2do nivel), dicho trabajo consiste en una especificación de requerimientos de software completa. La primera entrega a finales del primer cuatrimestre tiene como consigna principal la elaboración de todas la interfaces de usuario correspondientes usando herramientas comerciales permitiendo la navegabilidad de las mismas, la segunda entrega solicitada la elaboración de los modelos en lenguaje UML usando herramientas CASE. En ambos casos deben integrar todos los saberes adquiridos hasta el momento, más algunos nuevos.

Actividades del alumno:

- Comprensión del alcance del proyecto
- Búsqueda de información
- Lectura de textos en castellano e inglés
- Análisis y comprensión
- Desarrollo de modelos o implementaciones en herramientas reales
- Elaboración de trabajos o informes
- Coloquio

La Tabla 1 muestra las estrategias elegidas y qué competencias genéricas intentan desarrollar.

Tabla 1: Relación competencia/estrategia

Competencia/Estrategia	E1	E2	E3	E4
C1			X	X
C2			X	X
C3		X	X	X
C4	X	X	X	X
C5		X	X	X

Al trabajar en el aprendizaje basado en competencias y al ser una nueva forma de dictar la materia, es necesario evaluar el impacto de la implementación. Tobón [1] sugiere tomar tres dimensiones de la evaluación, estas son: *autoevaluación* que la realiza el alumno valorando su propia formación basada en las competencias propuestas; *coevaluación*: los compañeros de grupos evalúan a un estudiante en particular tomando como referencia las evidencias presentadas y los criterios definidos; y *heteroevaluación*: la realiza el docente mediante una

valoración de fortalezas y aspectos a mejorar de cada uno de los alumnos, tomando como referencia la observación general de desempeño y evidencias específicas.

Para aplicar la *heteroevaluación* se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- *Seguimiento grupal* de la participación de los alumnos en las clases considerando las propuestas y los problemas de resolución dirigida formuladas por el docente.
- *Evaluación del TPI:*
 - *Elaboración de la solución:* existen dos instancias de revisión: una tutoría y una evaluación definitiva del trabajo completo: en la primera se verifica el avance en el desarrollo del mismo, enfocándose en las partes principales del trabajo (diseño de pantallas más relevantes, utilización de controles visuales) y se responden a dudas planteadas por los alumnos. En la evaluación definitiva se consideran las soluciones propuestas, la aplicación adecuada de principios, técnicas y herramientas.
 - *Presentación de la solución:* se toman en cuenta los siguientes criterios: *preparación:* considerando la elaboración y la organización de la exposición realizada; *expresión oral* de los integrantes del grupo en cuanto a la utilización de términos específicos; cabe destacar que los lineamientos son generales de manera intencional buscando que cada grupo seleccione las estrategias de comunicación que mejor se adapten a la situación y los destinatarios; y *sustentación teórica* en base a la exposición realizada y las respuestas ante los interrogantes propuestos por los docentes. Los dos últimos criterios se evalúan de manera individual y el primero de forma grupal.

Desde el punto de vista del impacto de la *autoevaluación*, a los alumnos se les realizó una encuesta donde algunas de las preguntas estaban dirigidas a conocer el nivel de entendimiento por parte de los alumnos de la metodología propuesta; por otro lado saber si pudieron identificar las habilidades que se buscaban en la aplicación de la metodología; como así también saber si las habilidades propuestas son consideradas importantes por los alumnos para su desarrollo profesional; teniendo en cuenta que son competencias sugeridas para el egreso de las carreras de ingeniería.

Un punto importante en la evaluación es la determinación de las evidencias. Las mismas pueden ser de desempeño (relacionadas con el saber hacer), de conocimiento (es el conocimiento y comprensión que tiene el alumno de la competencia) y de producto (resultados puntuales del alumno).

En relación a las evidencias se utilizará:

- La evidencia de desempeño y dentro de la misma la evidencia directa como la observación, a través de las respuestas de los alumnos vertidas en clase y la recorrida por parte del docente en el momento de la resolución de las actividades desarrolladas en forma presencial.
- La evidencia de conocimiento se tomará en cuenta las presentaciones orales realizadas por los alumnos de los temas especificados como así también durante el coloquio del trabajo integrador. Asimismo, se considerarán las preguntas fuera de desempeño y la comunicación informal como parte de la evidencia de conocimiento circunstancial, la cual tendremos en cuenta las preguntas relacionadas con el temario a desarrollar, como de los ejercicios tipos propuestos y del trabajo práctico integrador.

Utilizando una aproximación muy simplificada a lo que describe Villa [7] en relación a niveles de dominio y descriptores utilizados para evaluar competencias, se propone en particular para la presentación de la solución los siguientes niveles de dominio (ND) y sus descriptores:

- ND1: (Preparación) *El grupo prepara la presentación seleccionando la estrategia de comunicación, los temas centrales y las herramientas informáticas apropiadas de acuerdo al contexto, los destinatarios, el tiempo y los recursos didácticos disponibles.* Los descriptores serían: 1: No preparó la clase con anticipación, se nota improvisación en su desarrollo y falta de coordinación, 2: Se nota cierta preparación, sin embargo, hay falencias en el desarrollo de la misma, 3: Preparación completa de la clase, administración justa de los tiempo y optimización de los recursos disponibles adecuándose a los destinatarios
- ND2: (Expresión oral) *Se expresa de manera convincente, concisa, clara y precisa.* Los descriptores estarían dados por: 1: No es capaz de articular de manera convincente, para expresarse debe recurrir medios de apoyo escrito, limitándose a una lectura continua, no logrando captar la atención del destinatario, 2: Se dirige a los destinatarios de manera correcta, aunque recurriendo intermitentemente a medios de apoyo, 3: Cuenta con una expresión oral convincente, raramente necesita de medios de apoyo y capta totalmente la atención del público
- ND3: (Sustentación teórica) *Ante la interpelación del profesor por decisiones de diseño presentadas justifica en base a los conceptos teóricos adecuados.* Los descriptores son: 1: No conoce el trasfondo teórico del tema planteado, 2: Justifica con ayuda del docente los requerimientos planteados, 3: Justifica sólidamente las decisiones tomadas.

3. Resultados y Discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones aplicadas en las actividades realizadas por los estudiantes.

En el seguimiento grupal de la participación de los alumnos en las actividades vinculadas a las estrategias E1, E2 y E3 se vislumbró una clara iniciativa de los grupos conformados por alumnos que realizan la cursada por primera vez (desarrollan la carrera en tiempo y forma, ya que ingresaron en el año 2014). Por otro lado, en los grupos restantes se notó una menor participación por motu proprio, siendo nula en unos pocos casos, a menos que se les interpelara explícitamente. Específicamente para la estrategia E3, se apreció una notable mejora en la calidad de la resolución de los ejercicios y problemas planteados, en comparación con años anteriores, consideramos que los motivos se relacionan con el desempeño propio de los alumnos de este año, la “obligatoriedad” de la lectura, el análisis y presentaciones realizadas para completar las actividades propuestas por la cátedra y la cantidad de alumnos que es alrededor de un 45% menor al promedio de los años anteriores.

En lo concerniente a las actividades comprendidas en la estrategia E4 (TPI), los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios en 8 de 9 grupos, particularmente se destacaron en la preparación y división de tareas, tomaron decisiones de diseño que creyeron oportunas, justificándose sólidamente, incluyeron cuestiones que hacen a la usabilidad del sistema (como ser: pantallas responsivas, ayudas en línea, recuperación de contraseñas, entre otros). El desempeño en cuanto a las preguntas realizadas, en un gran porcentaje fue resuelto de manera satisfactoria, en algunos alumnos se notó la falta de vinculación entre la teoría y la práctica y en otros la comprensión profunda de algunas técnicas.

Para más detalle, se muestran a continuación las rúbricas utilizadas:

Tabla 2: Evaluación de ND1 de manera grupal

ND1	Descriptor		
	1	2	3
Grupos	No preparó la clase con anticipación, se nota improvisación en su desarrollo y falta de coordinación	Se nota cierta preparación, sin embargo hay falencias en el desarrollo de la misma	Preparación completa de la clase, administración justa de los tiempo y optimización de los recursos disponibles adecuándose a los destinatarios
1		X	
3			X
4			X
5		X	
6		X	

Tabla 3: Evaluación de ND2 de manera individual (donde A es alumno)

ND2	Descriptor		
	1	2	3
Grupos	No es capaz de articular de manera convincente, para expresarse recurre a medios de apoyo escrito, limitándose a una lectura continua, no logra captar la atención del destinatario	Se dirige a los destinatarios de manera correcta aunque recurriendo intermitentemente a medios de apoyo	Cuenta con una expresión oral convincente, raramente necesita de medios de apoyo y capta totalmente la atención del público
1	A4	A1, A5	A2, A3
3		A3, A4, A6	A1, A2, A5
4		A1, A2, A3, A4, A5	
5		A1, A2, A3	A4
6		A2, A4, A5, A6	A1, A3

Tabla 4: Evaluación de ND3 de manera individual (donde A es alumno)

ND3	Descriptor		
	1	2	3
Grupos	No conoce el trasfondo teórico del tema planteado	Justifica con ayuda del docente los requerimientos planteados	Justifica sólidamente las decisiones tomadas
1	A4	A1, A5	A2, A3
3		A3, A4, A6	A1, A2, A5
4		A1, A4, A5	A2, A3
5		A1, A2, A3, A4	
6	A1	A4	A2, A3, A5

En cuanto a las encuestas, se les solicitó a los alumnos que sólo completaran las mismas aquellos que habían asistido a clases desde el primer día, para asegurar que presenciaron la presentación del nuevo modelo a implementar. La encuesta realizada no tuvo carácter obligatorio, y la cátedra recurrió nuevamente a la responsabilidad de los alumnos al momento de completarla, finalmente un total de 25 alumnos cumplieron con la consigna, lo que representa el 54% de los alumnos que asisten a clases.

La encuesta realizada cuenta con dos preguntas relacionadas directamente con el trabajo de Cukierman [8] donde se hace especial énfasis en lo que se denominan “soft skills”, que en este artículo se denominan competencias sociales, políticas y actitudinales. El autor propone mejoras a su experiencia, entre las que se puede mencionar: describir claramente la estrategia a desarrollarse, inclusión de presentaciones introductorias antes de cada tema y del desarrollo de las actividades, incluir las “soft skills” como parte de la evaluación, y preguntar en las encuestas de alumnos su opinión sobre la importancia de estas habilidades como profesional y si la experiencia realizada les permite desarrollar esas habilidades.

Como primera instancia, se buscó obtener respuestas sobre el desempeño docente en la aplicación de la nueva metodología, por un lado se les preguntó a los alumnos sobre si la nueva metodología había sido explicada con claridad por los docentes. Las posibles respuestas eran: “totalmente de acuerdo”, “de acuerdo”, “fuerte desacuerdo”; y se adiciona la opción “no contesta” al momento de realizar las estadísticas. En esta primer pregunta, el 72% de los alumnos está “de acuerdo” en que las indicaciones de la nueva metodología han sido explicadas con claridad, el 28% restante expresa que está “totalmente de acuerdo”. Por otro lado, se indagó sobre las actitudes que los alumnos percibieron de los docentes en relación a la estimulación durante el dictado de clases, en este sentido respondieron como lo muestra la Figura 4, donde un mismo alumno podía seleccionar más de una opción.

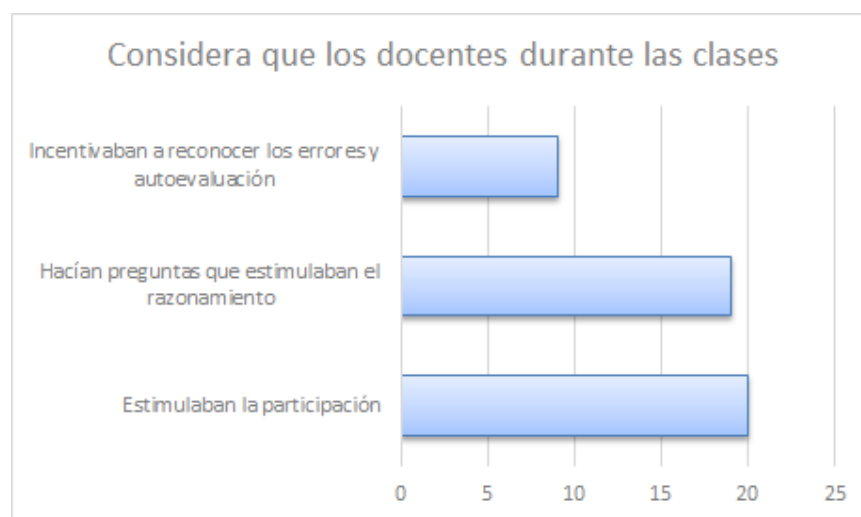


Figura 4: Resultados obtenidos en la pregunta sobre la actuación docente

Además de conocer el nivel de entendimiento de la metodología que se desarrollaría, también resultó necesario saber si los alumnos percibieron la importancia de esta en su formación, el 56% de los alumnos respondieron que están “totalmente de acuerdo” en que considera valiosa la metodología para su formación.

Relacionado con la competencia C5 se realizaron las preguntas que se muestran en la Tabla 5, con sus correspondientes opciones y porcentajes de respuestas:

Tabla 5: Porcentajes obtenidos en las respuestas en relación a la competencia C5

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Fuerte desacuerdo
Los problemas trabajados lo estimularon a estudiar fuera de la clase para resolver los mismos	40%	52%	4%
Los problemas trabajados lo estimularon a buscar en la red material bibliográfico aplicable a los temas	32%	56%	8%

Cabe la aclaración que en ambos casos se contabiliza 1 caso en donde no se seleccionó ninguna respuesta.

Luego, se hizo especial hincapié en preguntar sobre habilidades específicas. En este sentido la pregunta fue “¿Cuál de las siguientes habilidades consideras que fueron desarrolladas por la metodología propuesta?”, con opciones de selección múltiple.



Figura 5: Resultados obtenidos en la pregunta sobre las habilidades desarrolladas por los alumnos

Por el lado de las competencias sociales, políticas y actitudinales C3, C4 y C5. Las respuestas relacionadas con estas competencias fueron: comunicación efectiva de forma oral y escrita donde el 44% lo consideró importante, trabajo en grupo de forma correcta lo valorizó el 60% de los alumnos, elaborar y fundamentar mis propias hipótesis explicativas tuvo una aceptación del 40% y el de discutir con mis compañeros respetando otras opiniones fue seleccionado en un 60%.

Desde el punto de vista de las competencias genéricas -tecnológicas C1 y C2 las opciones eran:

- Expresarme utilizando términos técnicos específicos, donde el 40% sugiere que desarrolló esa habilidad.
- Conozco los principios más importantes para el diseño de interfaz, el 68% manifiesta que los conoce.

- Conozco la manera adecuada de utilizar los controles estándar en interfaces gráficas de escritorio y web, en un 68% los alumnos expresan que la metodología los ayudó.
- Comprendí los criterios básicos para el diseño de informes impresos, el 68% responde que comprendió estos criterios con la metodología desarrollada.

Las últimas dos preguntas abiertas que están directamente relacionadas con la percepción de los alumnos sobre posibles mejoras y aspectos positivos de la metodología implementada. En relación al primer punto se mencionaron: *“Suelen ser bastantes temas que leer en poco tiempo, y por lo tanto, se pasan por alto muchos conceptos o ideas al leer; en esos casos, estaría bueno dividir temas por grupo y que cada uno explique en detalle aquello que le toca, y en lo cual se enfocó más”*. Donde se sugiere la división de los temas en los grupos de la clase para un mayor entendimiento y cobertura de los temas. Existieron opiniones de la bibliografía, tales como *“Que se pueda contar con más bibliografías de consulta”*, *“Un punto en contra podría ser que todo el material se encuentra en inglés, pero a su vez, sirve como aprendizaje, cosa que el día de mañana nos va a servir en nuestro futuro profesional”*. Uno de los alumnos realizó un comentario sobre que no encuentra adecuada la metodología implementada teniendo en cuenta que en su grupo hay alumnos que además de estudiar trabajan y requieren de tiempo extra para completar las actividades.

En cuanto a los aspectos positivos en los comentarios mencionados se distinguen:

- Trabajo grupal, participación, investigación: *“fomenta la participación y la investigación”, “trabajo en grupo”, “fomenta el debate entre pares, enseñando a cada uno de los estudiantes a expresar su punto de vista, escuchar otros y aceptarlos, mejorarlos y comprenderlos”,*
- Incentivación por mantenerse al día con la materia: *“Lo destacable es incentivar desde temprano el estudio de la materia, con la investigación de temas importantes e interesantes. Y así mantener a los alumnos al día y a la expectativa de la materia”*
- Involucramiento del alumno en el dictado de las clases: *“involucra en un nivel mayor al estudiante con los temas dados”, “buscar información por cuenta propia genera más dudas, por lo que aumenta el nivel de participación en clase”, “contribuyó al desarrollo de las clases, ya que asistía a ellas con conocimientos previos sobre el tema a tratar”,*
- Formación de criterios y fundamentación propia: *“crea una dinámica que incentiva a leer el material para poder formar un argumento sólido”, “aplicada a materias como éstas fortalece el criterio personal y la búsqueda del conocimiento (en contraposición con la simple adquisición del mismo)”*
- Mayor comprensión de los temas: *“facilita el entendimiento de los temas”, “hay variedad de respuestas, que complementan o completan las explicaciones”, “Otro punto a favor fue no se nos dejó sencillamente con lo que cada uno haya sido capaz de entender, sino que se tomaban todas las ideas en una puesta en común, más el aporte del profesor, que aclaraba las dudas”*

4. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos pueden mencionarse las siguientes conclusiones:

- Una característica que favoreció a la aplicación de esta prueba piloto se relaciona con la baja cantidad de alumnos que cursan en este ciclo, efectivamente 40, pues en promedio suelen existir alrededor de 80 estudiantes por comisión.
- Entre los aspectos positivos recabados a través de la encuesta de alumno pueden mencionarse:
 - Más del 50% de los estudiantes expresó que estimulado en cuanto a la competencia C5, por lo tanto la cátedra pretende contrastar los resultados

- obtenidos en los parciales del año pasado y este año, para comprobar si el aprendizaje continuo y autónomo mejora el rendimiento académico de los alumnos.
- Cuando se indagó sobre las habilidades que los alumnos consideran que pudieron desarrollar durante el transcurso de las actividades, la mayoría de las habilidades específicas resultaron favorecidas, salvo la utilización de términos técnicos específicos y la elaboración de hipótesis explicativas.
 - Las respuestas vertidas en las preguntas abiertas nos llevan a pensar que la estrategia implementada fue acertada, mayormente en las competencias sociales, políticas y actitudinales.
 - En cuanto al desempeño del alumno observado por el docente (en las actividades de la estrategia E4), se notó un muy buen rendimiento a nivel grupal, tanto que ninguno de los grupos fue calificado con el menor descriptor. En este sentido, en la evaluación individual se verificó la alta calidad de algunos grupos que se condice con las características de cada uno de sus integrantes.
 - Una cuestión pendiente de mejora es la evaluación, ya que generalmente se aplicaron instrumentos similares a los existentes:
 - Sin embargo, se implementó un esquema de rúbricas simplificado acotado a las presentaciones de los TPI, en contraste con aquellos muy minuciosos descritos por Villa et al en [7]. Cabe aclarar, que incluso con dicha simplificación la evaluación demandó 40 minutos en promedio por grupo, con dos docentes abocados a esta tarea.
 - En relación a los tipos de evaluación se dejó para una futura implementación la coevaluación.
 - Actualmente en la UTN existen algunos factores que desalientan la formación por competencias y que deberían modificarse gradualmente para acompañar el cambio:
 - La organización de cátedras posee una configuración tradicional, en la que las clases teóricas y prácticas se dictan separadamente.
 - Los planes de carrera deberían adecuarse a este nuevo modelo de manera de otorgarle un marco de trabajo con los lineamientos a seguir.

5. Referencias

- [1] TOBÓN, S. T., PRIETO, J. H. P., & FRAILE, J. A. G. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson educación.
- [2] EARNEST, J., & DE MELO, F. E. (2001, August). *Competency-Based Engineering Curricula—an innovative approach*. In International Conference on Engineering Education. August (pp. 6-10).
- [3] MAY, D., & TERKOWSKY, C. (2014, April). What should they learn? A short comparison between different areas of competence and accreditation boards' criteria for engineering education. In 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1046-1050). IEEE.
- [4] DOCUMENTOS DE CONFEDI. (2014). *Competencias en Ingeniería*. Universidad FASTA Ediciones.
- [5] PIMIENTA PRIETO, J.H. (2012). *Estrategias de Enseñanza Aprendizaje. Docencia Universitaria basada en competencias*. México: Pearson Educación.

- [6] MANS TEIXIDÓ, Claudi & Otros (2006) (2006). *Guía para el diseño de un perfil de formación: Ingeniería Química*. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.
- [7] VILLA, A., & POBLETE, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. Bilbao: Mensajero/ICE Universidad de Deusto.
- [8] CUKIERMAN, U. R., & PALMIERI, J. M. (2014, December). *Soft skills in engineering education: A practical experience in an undergraduate course*. In Interactive Collaborative Learning (ICL), 2014 International Conference on (pp. 237-242). IEEE.

Articulación académica mediante oscilaciones de sistemas de un grado de libertad

Carlos Alberto Vera, Departamento de Ing. Mecánica – Facultad Regional Bahía Blanca –
Universidad Tecnológica Nacional. cvera@frbb.utn.edu.ar

Liberto Ercoli, Departamento de Ing. Mecánica – Facultad Regional Bahía Blanca –
Universidad Tecnológica Nacional. libercoli@frbb.utn.edu.ar

Virginia Azurmendi, Departamento de Ing. Mecánica – Facultad Regional Bahía Blanca –
Universidad Tecnológica Nacional. vazurmendi@frbb.utn.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo se describe la articulación horizontal que llevan adelante las asignaturas Mecánica Racional y Cálculo Avanzado, pertenecientes al tercer nivel del diseño curricular de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (FRBB – UTN). Tomando como eje de estudio las oscilaciones de un grado de libertad, se resuelve el problema de un oscilador armónico excitado por una fuerza periódica senoidal (caso de Mecánica Racional) y luego el mismo oscilador excitado por una fuerza periódica no senoidal (caso de Cálculo Avanzado). Se pone especial énfasis en la comparación de los resultados que se obtienen en cada caso, a los efectos de que los estudiantes puedan acentuar conceptos tales como excitación armónica, espectro de amplitud, sistemas oscilatorios amortiguados libres y forzados, solución transitoria, solución permanente, todo ello relacionando los conceptos vertidos desde asignaturas diferentes del mismo nivel de la carrera. Se concluye sobre las ventajas y mejoras observadas en el proceso enseñanza-aprendizaje al compartir nomenclatura y conceptos de ambas asignaturas desde la visión de diferentes docentes.

Palabras clave— *Articulación en docencia, materias integradoras, Mecánica Racional, Cálculo Avanzado.*

1. Introducción

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) ha sido pionera en introducir el concepto de integración curricular en sus carreras de grado. Los diseños curriculares vigentes, que con modificaciones reconocen sus orígenes en los implementados entre 1994 y 1995, han logrado grandes reconocimientos, destacándose especialmente las observaciones positivas durante los procesos de acreditación que sufrieron desde 2003 hasta el presente.

Basada en las experiencias recogidas en los primeros ciclos lectivos de aplicación, la Referencia [1] redefine un diseño curricular innovador en el cual “la formación se genera permanentemente alrededor de la problemática profesional, en lo que se llama núcleo integrador de la carrera, estableciéndose relaciones horizontales y verticales con disciplinas científicas y técnicas paralelas, en un crecimiento espiralado especialmente integrador”.

Desde entonces, la universidad ha implementado sucesivas capacitaciones y jornadas, provocando que la concepción acerca de la necesidad de mantener y potenciar acciones integradoras haya calado hondo en el cuerpo docente, generando no sólo la búsqueda

integración horizontal y vertical, sino también una cultura de la articulación entre asignaturas no integradoras.

Uno de los aspectos que se busca potenciar con las articulaciones entre asignaturas es evitar solapamientos innecesarios mediante el aprovechamiento de contenidos en común, promoviendo el aprendizaje significativo [3-5].

La carrera Ingeniería Mecánica debió modificar en 2004 su diseño curricular debido al primer informe de acreditación de las carreras de ingeniería. El mismo estableció a través de un pormenorizado análisis del currículum en desarrollo y del plan de estudios algunas objeciones, entre las cuales señaló "... la deficiencia en la formación de análisis de Fourier...", incorporándose por lo tanto la asignatura Cálculo Avanzado en el tercer nivel.

En este nivel, espacio de las materias tecnológicas aplicadas del diseño curricular, la articulación se da entre las asignaturas a través de la materia integradora Ingeniería Mecánica III, y en forma directa entre Mecánica Racional y Cálculo Avanzado, que entrelazan contenidos físicos, matemáticos y computacionales.

En este trabajo se muestra una de las experiencias de articulación académica entre estas dos asignaturas. El tema elegido, vibraciones mecánicas de sistemas de un grado de libertad, resulta de interés por constituir la base del diagnóstico de máquinas, del mantenimiento predictivo y de la aislación activa y pasiva de máquinas y estructuras en el campo de la Ingeniería Mecánica. Asimismo, se comparten contenidos conceptuales en ambas asignaturas ya que este tipo de sistema permite el análisis y la modelación teórica de problemas complejos mediante su discretización, que pueden cubrir desde un sistema de suspensión de automóvil hasta modos de vibración de estructuras civiles complejas.

2. Articulación entre asignaturas

La teoría del sistema mecánico amortiguado que se muestra esquemáticamente en la Figura 1 se encuentra en el texto de la asignatura Mecánica Racional [6].

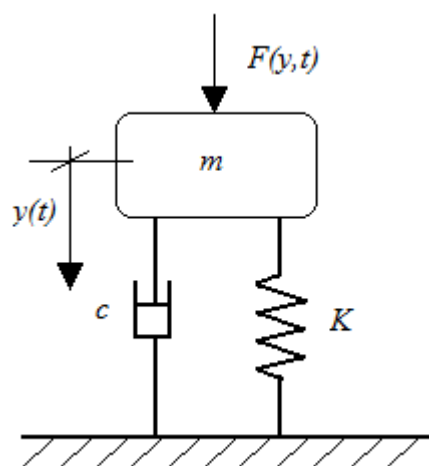


Figura 1. Esquema del sistema en estudio.

En este sistema masa (m) - amortiguador (c) - resorte (K), actúa una fuerza externa $F(y,t)$.

La ecuación diferencial no homogénea que describe el movimiento del sistema es:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + K y = F(y,t) \quad (1)$$

Con las condiciones iniciales:

$$y(0) = y_0; \quad \frac{dy}{dt}(0) = V_0 \quad (2)$$

La solución general del problema de condiciones iniciales (1-2) será la composición de una solución de la ecuación diferencial homogénea y de una solución particular. En este trabajo se desestima la solución correspondiente a la homogénea por cuanto el amortiguamiento presente producirá su decaimiento en forma exponencial en pocos ciclos del movimiento. El régimen descrito por esta parte de la solución se conoce como estado transitorio, jugando un rol importante en el arranque, pero de escaso interés durante el funcionamiento de las máquinas.

La solución particular describe el estado permanente del movimiento, ya que la fuerza externa es la responsable de mantener la vibración durante el funcionamiento en régimen de los equipos.

Cuando la fuerza externa es una función de ambas variables (espacial y temporal), el análisis matemático del problema se torna complejo en general, ya que resulta un problema no lineal o de coeficientes variables. En este trabajo se supondrán distintos tipos de fuerzas externas de excitación asumiendo que dependen del tiempo exclusivamente.

2.1. Fuerza externa senoidal

El caso de una fuerza senoidal utilizado en Mecánica Racional corresponde a la situación práctica que se muestra esquemáticamente en la Figura 2, en la cual la fuerza rotante es producida por el estado de desbalanceo del rotor y su componente en la dirección del movimiento toma la forma

$$F(t) = F_0 \cos \omega_f t \quad (3)$$

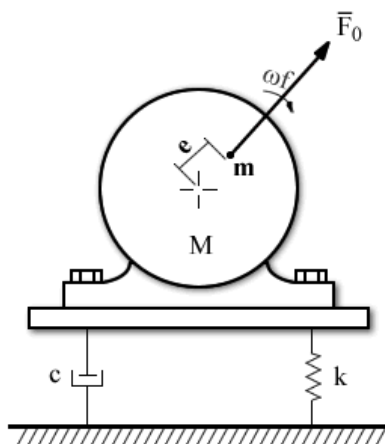


Figura 2. Esquema de un rotor desbalanceado

Para este caso, la solución particular de (1) que describe el estado permanente del movimiento resulta

$$y(t) = C \cos(\omega_f t - \phi) \quad (4)$$

donde

$$C = \frac{F_o/K}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega_f}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left(2 \frac{c}{c_c} \frac{\omega_f}{\omega_n}\right)^2}} \quad (5)$$

$$\phi = \arctan \left(2 \frac{c}{c_c} \frac{\omega_f}{\omega_n} \left/ \left[1 - \left(\frac{\omega_f}{\omega_n} \right)^2 \right] \right. \right) \quad (6)$$

En las que C representa la amplitud de la vibración o respuesta del sistema mecánico, y el ángulo ϕ la diferencia de fase entre la fuerza aplicada (entrada) y la vibración resultante (salida) en el estado permanente del sistema amortiguado. Su representación gráfica en el dominio temporal es

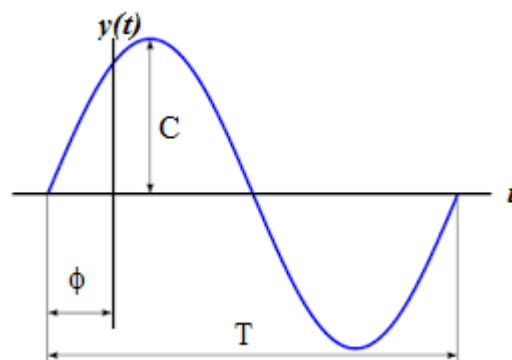


Figura 3. Respuesta en el tiempo para una excitación senoidal.

Y el correspondiente espectro en frecuencias

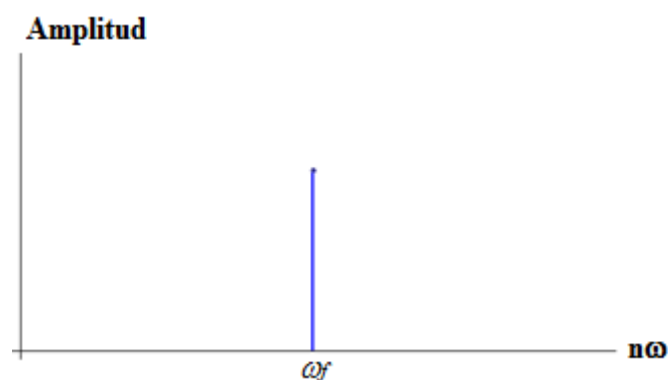


Figura 4. Espectro en frecuencias de (4)

2.2 Fuerza externa del tipo periódica no senoidal

Este tipo de sollicitación se asocia en la práctica al funcionamiento máquinas alternativas, cuyo esquema se muestra en la Figura 5 y se utiliza en Cálculo Avanzado para aplicar series de Fourier.

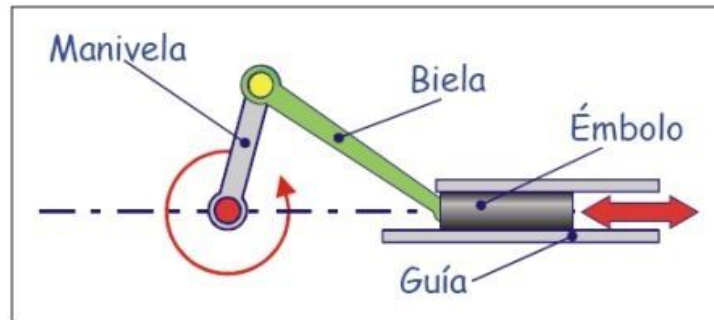


Figura 5. Esquema de un mecanismo biela-manivela

Un ejemplo clásico de este tipo de excitaciones es la función periódica conocida como “diente de sierra” cuya gráfica se observa en la Figura 6.

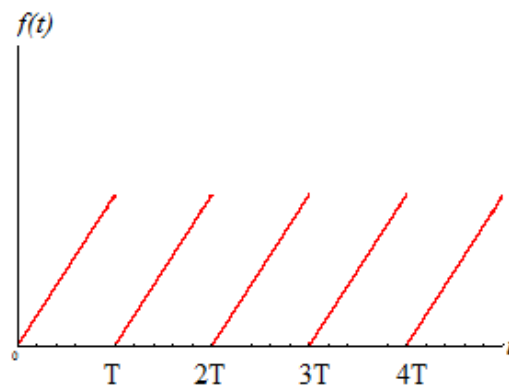


Figura 6. Esquema de una excitación “diente de sierra”

A diferencia del caso 2.1, ahora la solución particular para el estado permanente no resulta una función seno o coseno pura sino una serie trigonométrica, superposición de oscilaciones armónicas con diferentes frecuencias circulares todas múltiplo de la frecuencia circular forzada de la excitación (ω_f).

Para obtener la solución particular, primeramente se desarrolla la excitación $f(t)$ no senoidal en una Serie de Fourier para luego resolver sí el problema. De esta manera queda ahora

$$f(t) = a_0 + \sum_{i=1}^n [a_n \cos(n\omega_f t) + b_n \sin(n\omega_f t)] \quad (7)$$

Reemplazando en la ecuación (1) se debe resolver ahora, para el estado permanente, la siguiente ecuación

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + K y = a_0 + \sum_{i=1}^n [a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)] \quad (8)$$

en la que se propone como solución particular $f_p(t)$ la serie

$$f_p(t) = A_0 + \sum_{i=1}^n [A_n \cos(n\omega t) + B_n \sin(n\omega t)] \quad (9)$$

Resolviendo para A_0 , A_n y expresando la solución en la forma “ángulo – fase” ésta deriva en la obtención del espectro de frecuencias de la respuesta. Nótese que a diferencia del caso anterior ahora aparecen las diferentes frecuencias circulares que conforman la solución del problema (antes única), lo que predice que la excitación puede provocar fenómenos no deseados como consecuencia de algún múltiplo de la frecuencia circular fundamental.

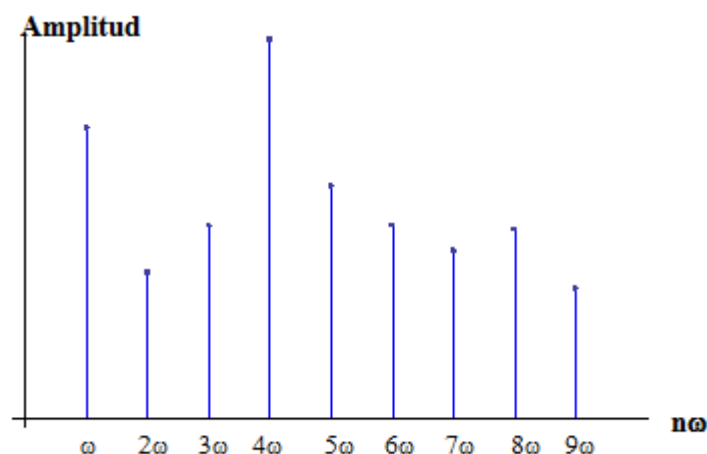


Figura 7. Espectro en frecuencias para la excitación representada en la Fig. 6.

Resulta importante destacar que los espectros en frecuencia vibratoria de las maquinarias se obtienen en la práctica del ingeniero mecánico a través de un algoritmo computacional denominado Transformada Rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés), constituyendo la herramienta primordial de la técnica conocida como Mantenimiento Predictivo.

3. Fundamentos y metodología de la articulación

Según la [1] la integración se puede producir por dos tipos de relaciones entre los contenidos de una misma o de distintas materias: *de aplicación*, cuando un saber aprendido en una materia o situación se aplica en otra, o *de necesidad*, cuando existe una limitación para la interpretación de la solución o la resolución de un problema marca la necesidad de iniciarse en ciertos contenidos científicos o técnicos.

Como se ha visto en el apartado precedente, la articulación descrita en el presente trabajo es del tipo de aplicación. Este criterio de integración es el más sencillo desde el punto de vista tradicional. Aquí, un conocimiento general previamente desarrollado a través de un estudio teórico como es el caso de las vibraciones mecánicas de un grado de libertad, se aplica a la interpretación y solución de dos casos concretos, como son los dos tipos de fuerzas actuantes utilizadas.

A diferencia del criterio de integración de necesidad, que se basa en otorgar significación a un saber que va a estudiarse relacionando el estudio de problemas generales de la profesión con estructuras científicas o técnicas básicas; el criterio de integración de aplicación resulta muy adecuado aplicarlo en los últimos años de la carrera, cuando el estudiante ha desarrollado capacidad de interpretación de situaciones y modelización de fenómenos utilizando estructuras científicas.

La actividad de integración se realiza a través del tema oscilaciones de sistemas de un grado de libertad. La cátedra Mecánica Racional describe la teoría de vibraciones de un grado de libertad, libre y forzada. Uno de los ejemplos de estudio es el de una fuerza externa variable en el tiempo de tipo alternada, conocida como senoidal. Aquí aparecen conceptos tales como “*frecuencia circular natural*”, “*frecuencia circular natural reducida*”, “*resonancia*” y “*espectro de amplitud*”. Como una continuidad de este tema y para la aplicación directa de series de Fourier, en Cálculo Avanzado se resuelve el ejemplo de vibraciones forzadas pero ampliando la función excitación, la que ahora es periódica no senoidal y que para su resolución debe previamente ser desarrollada a través de esta importante teoría.

En este tipo de problemas los docentes de ambas asignaturas comparten nomenclaturas y definiciones, indicando para qué caso particular coinciden las soluciones. A diferencia del caso de vibraciones senoidales, el problema de la excitación más compleja presenta la variante relacionada con el espectro de amplitud, el que representa la amplitud de todas las armónicas que conforman la respuesta del sistema mecánico a la misma. La teoría de vibraciones es por ello óptima para poder demostrar el valor de la teoría de series de Fourier en la obtención de las armónicas de una señal de excitación, lo que le permite al estudiante una visión más amplia de la física del problema.

Las estrategias didácticas utilizadas para la integración por ambas asignaturas consisten en clases expositivas dialogadas de teoría, seguidas de prácticas de aplicación y resolución de problemas. Los estudiantes profundizan y relacionan mediante las soluciones y sus respectivas gráficas, las que obtienen con el software de cálculo simbólico *Mathematica*.

En ese sentido es de destacar que se trabaja también en la importancia de la aplicación de las matemáticas en la formación del ingeniero, que deviene de una naturaleza práctica, orientada a la resolución de problemas concretos [2]. Por ello, los estudiantes parten de conocimientos físicos adquiridos en Mecánica Racional para luego modelizar y proponer soluciones a problemas de oscilaciones con diferentes tipos de excitación, en las que deben recurrir a propiedades que otorga la teoría de series de Fourier, desarrollada en Cálculo Avanzado.

Esta metodología refuerza la idea de “*articulación horizontal*” entre las asignaturas de un mismo nivel, con la cual los estudiantes que cursan ambas asignaturas durante el mismo año (la mayoría de la población del 3° nivel de la carrera en cuestión) refuerzan de manera positiva los temas que van estudiando. También promueve el desarrollo de una “*competencia crítica*” entendida como una capacidad de reconocer, analizar y validar el uso de los contenidos teóricos (tanto físicos como matemáticos) en un contexto más cercano al real, hasta incluso con el mundo laboral.

Es interesante destacar que tanto el proceso y la metodología utilizada permite a los estudiantes una visión más integral del contenido físico del problema, también desarrollar sus destrezas de cálculo y hasta puede también orientarlo en la forma interdisciplinaria de abordar un trabajo, ya que claramente al articular una teoría física con una teoría matemática se visualiza de forma sencilla un problema complejo (vibraciones de un grado de libertad excitadas por fuerzas no senoidales) interpretando mucho mejor su solución.

Si bien la metodología utilizada no ha sido mensurada aún por ambas cátedras (lo que se propone como un trabajo a futuro) es un esfuerzo más en la búsqueda de la mejora de la formación interdisciplinaria que requiere un profesional de la ingeniería del siglo XXI. Para ello y partiendo de un tema concreto de la asignatura Mecánica Racional, se promueve y estimula la necesidad de articular conceptos matemáticos desde otra cátedra, Cálculo Avanzado, como condición para la solución de problemas.

No menor es el incentivo a los estudiantes que proporciona esta articulación en la dirección de la utilización del uso de la matemática superior en asignaturas de la rama de las denominadas “*tecnologías básicas*”. Es así como la matemática superior desarrollada en Cálculo Avanzado hace de complemento ideal para la interpretación de fenómenos físicos de esas asignaturas. Se puede también indicar que en la dirección opuesta, desde Cálculo Avanzado se prioriza el desarrollo de muchos temas de esas asignaturas para dar “*sentido y utilidad*” a la matemática superior.

4. Conclusiones

Se ha descripto una experiencia de articulación entre dos asignaturas de la carrera Ingeniería Mecánica de la FRBB – UTN.

La teoría de Mecánica Racional para las oscilaciones de sistemas de un grado de libertad representa una herramienta óptima para brindar un marco profesional a la práctica de series de Fourier en Cálculo Avanzado, mediante la utilización de funciones que poseen un alto significado en la profesión del ingeniero mecánico.

Se observa una especial incentivación al estudio del tema elegido para la actividad de articulación, debido a que permite a los alumnos profundizar mediante la asociación de conceptos, un importante aspecto de su futura profesión.

También resulta importante el incentivo a la resolución de los problemas mediante la herramienta computacional. Este aspecto es de un impacto muy alto y permite a los estudiantes que realicen comparaciones para los diferentes tipos de excitación que son motivo de estudio.

Como propuesta a futuro, las cátedras proponen adicionar a la experiencia la comprobación experimental de los resultados obtenidos en clase con pruebas sobre modelos, a realizarse en los laboratorios de la Facultad.

Se concluye que el tratamiento de los temas de ambas asignaturas bajo una misma teoría, con nomenclatura y procedimientos en común, genera un mayor compromiso de los alumnos y facilita el entendimiento y aprendizaje de los mismos.

5. Referencias

[1] BUTTIGLIERO, H.D. (1997). Materias integradoras: observaciones y recomendaciones para 1997. *Nuevo diseño curricular. Universidad Tecnológica Nacional, Rectorado.*

[2] GÓMEZ URGUELLÉS Joan. (2004). La ingeniería como escenario y los modelos matemáticos como actores. XVI. Anales *Símpoio Iberoamericano de Enseñanza Matemática “Matemáticas para el Siglo XXI*. Setiembre 15 – 17. Universidad Jaume I, Castellón, España.

[3] VERA, C. A.; ERCOLI, L. (2010). Aplicaciones de Mathematica en la enseñanza de problemas de contorno. Anales *Primer Congreso sobre los métodos numéricos en la enseñanza, la ingeniería y las ciencias EMNUS*. Agosto 18-20. Facultad Regional Haedo – UTN.

[4] ERCOLI, L.; GIRON, P.G.; PIOVAN, M.T.; AZURMENDI, V. (2010). La integración entre asignaturas en la enseñanza de la ingeniería: caso de estudio sobre proyectos interanuales. Actas *Congreso Mundial Ingeniería*. Octubre 17-20. Buenos Aires,.

[5] VERA C.; DOTTI F.; ERCOLI L. (2015). La utilización de Mathematica como herramienta en la enseñanza del cálculo en ingeniería. Actas *XIX EMCI Nacional y XI Internacional - Educación Matemática en Carreras de Ingeniería*. Octubre 14 – 16. FR San Nicolás - UTN.

[6] ERCOLI, L.; AZURMENDI, V. (2014). Mecánica Racional. edUTecNe, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-1896-23-3.

http://www.edutecne.utn.edu.ar/mec_racional/mec_racional.html



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ACCIONES EN LAS ASIGNATURAS DEL AREA MATEMATICA PARA PROMOVER APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS MEDIANTE LA RESOLUCION DE PROBLEMAS

María Alejandra Méndez, Facultad de Ingeniería, UNRC, amendez@ing.unrc.edu.ar

Héctor Fabián Romero, Facultad de Ingeniería, UNRC, fromero@ing.unrc.edu.ar

Julio Cesar Barros, Facultad de Ingeniería, UNRC, jbarros@exa.unrc.edu.ar

Jorge Daghero, Facultad de Ingeniería, UNRC, jdaghero@ing.unrc.edu.ar

Gabriel Paisio, Facultad de Ingeniería, UNRC, gpaisio@ing.unrc.edu.ar

María Nidia Ziletti, Facultad de Ingeniería, UNRC, mziletti@ing.unrc.edu.ar

Jorge Mario Morsetto, Facultad de Ingeniería, UNRC, jmorsetto@ing.unrc.edu.ar

Adrián Barone, Facultad de Ingeniería, UNRC, abarone@ing.unrc.edu.ar

Jorge Agustín Adaro, Facultad de Ingeniería, UNRC, aadaro@ing.unrc.edu.ar

1. Resumen

En este trabajo se presentan las conclusiones acerca de las acciones emprendidas en las asignaturas del área matemática de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Nacional de Río Cuarto. La propuesta desarrollada abarca prácticas de lectura y escritura disciplinar, como así también el análisis de los tipos de conocimientos promovidos en las asignaturas del área.

El proyecto fue llevado a adelante por los docentes que se desempeñan en las asignaturas de los dos primeros años de la carrera, cuyo objetivo general fue posibilitar la inclusión de los estudiantes al lenguaje disciplinar promoviendo prácticas asociadas a la resolución de problemas que conllevan habilidades y destrezas en el lenguaje propio de esta disciplina potenciando su poder cognitivo.

Como producto de las acciones realizadas se elaboró un material de estudio, donde se replantean los tipos y la distribución de actividades para lograr aprendizajes en los estudiantes de creciente complejidad estructural.

En el presente trabajo se particularizan algunas actividades desarrolladas en el marco de esta propuesta, mostrándose las conclusiones y las proyecciones realizadas acerca de los grados y tipos de conocimiento desarrollados por los estudiantes: declarativo o proposicional, procedimental, condicional y funcional.

Palabras clave: *resolución de problemas, lenguaje matemático, enseñanza-aprendizaje.*

2. Introducción

Los docentes que llevamos adelante el presente trabajo nos desempeñamos en las asignaturas del área matemática de los dos primeros años de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

El inicio de una carrera universitaria impone numerosos cambios a los jóvenes que han completado el tercer nivel de educación. Las instituciones educativas, suelen hablar de integración a la vida universitaria para interrelacionar los procesos que necesitan sostener los

estudiantes en los aprendizajes de contenidos, en la adaptación a las nuevas reglas y concepciones de la institución y a veces a un nuevo estilo de vida, al menos para aquellos que abandonan su lugar de origen al comenzar sus estudios universitarios.

En estudios realizados en nuestra Facultad [1], se muestra que durante el primer año de la carrera se localizan los mayores índices de deserción, dando cuenta que esta etapa sigue representando un embudo por el que una porción menor pasa según lo establecido, otra es sumida en un vórtice que los mantiene por unos años en esta condición y una tercera porción se pierde en el intento.

Los mismos relevamientos indican que las dificultades académicas son el principal factor que influye en la decisión de abandonar la carrera. Así mismo, una porción importante, elige otra institución educativa y tiene continuidad en las nuevas elecciones. Los problemas académicos de los que hablamos tienen características comunes a otras disciplinas aunque advertimos aspectos específicos del área matemática, que es desde donde surge esta propuesta.

Los estudiantes que egresan del nivel medio han interactuado, en general, con textos de matemática donde los conceptos matemáticos se desprenden de ejemplos, luego se trabajan sobre otros casos particulares para luego finalizar con una síntesis sobre el concepto mismo, sus propiedades y generalidades. En conexión con estas estructuras crece entre los estudiantes la idea que en matemática se aprenden procedimientos que responden a procesos mecánicos sin justificación aparente.

Los textos universitarios de matemática utilizados en Ingeniería tienen una propuesta que difiere de la descripta para el nivel anterior. Los conceptos matemáticos son objeto de estudio, con lo cual ellos se definen, describen y se enuncian detalladamente sus propiedades. En estos procesos se usa léxico preciso, encontrando términos que en el contexto matemático tienen atribuciones levemente distintas al uso cotidiano, al que se adiciona el lenguaje simbólico como una nueva herramienta del lenguaje. Los textos universitarios también abarcan tramas argumentativas y desarrollos de demostraciones dentro de las discusiones que profundizan los conceptos tratados.

Los docentes, solemos atribuir a nuestros estudiantes la mayoría de las dificultades que se presentan en los procesos de enseñanza- aprendizaje. Desde este trabajo, consideramos valioso, para lograr cambios sustentables, revisar nuestras prácticas docentes. En este sentido, los docentes del área matemática, mediante el trabajo colaborativo en nuestras reuniones periódicas, elegimos como metodología para desarrollar en el aula, la resolución de problemas. Coincidimos, además, que esta práctica está atravesada por la búsqueda de la inclusión de nuestros estudiantes en la cultura del lenguaje coloquial y/o simbólico, propio de la matemática. El fundamento de esta elección es que la resolución de problemas permite operativamente trabajar con el lenguaje de la matemática y simultáneamente posibilita ensamblar las diferentes complejidades del pensamiento.

3. Origen de la Propuesta

Nuestras actuales prácticas centran la propuesta en clases donde los docentes, presentamos los conceptos y realizamos explicaciones con diferentes modos de abordar un concepto.

Estas prácticas están impregnadas del lenguaje matemático, donde escribimos en el pizarrón o mostramos en escritos ya elaborados los conceptos centrales, la simbología asociada a cada concepto, los ejemplos y la resolución de algunos ejemplos o de actividades de ejercitación. En este último aspecto es donde solicitamos escritura a los estudiantes. Hay espacios de tiempo, durante las clases, destinados a que los estudiantes elaboren propuestas escritas de ejercitación de conceptos y resolución de problemas. Estas son tratadas y discutidas en el

pizarrón, donde prestamos particular atención a la escritura en el lenguaje simbólico específico.

Sin embargo otras operaciones características del hacer matemático como: definir, demostrar, justificar, deducir; solo son mostradas en la exposición del docente esperando que de estos modelos los estudiantes aprendan. Estos importantes procesos en matemática, que están fuertemente atravesados por el lenguaje, tienen particularidades que deben ser comprendidas para que representen un aprendizaje significativo para los estudiantes.

Si bien, los docentes recomendamos la lectura de los textos sobre los contenidos desarrollados durante la clase, la mayoría de las veces, no particularizamos los objetivos a alcanzar en esa lectura. En las clases siguientes, no realizamos otras actividades específicas que nos permitan evaluar el aprendizaje logrado. Las actividades de escritura realizadas por los estudiantes durante las clases tienen que ver con propuestas de ejercitación práctica y resolución de problemas. En este caso hablamos de escritos que comprenden mayoritariamente procedimientos o procesos lógicos matemáticos que utilizan el lenguaje simbólico pero donde los conceptos no necesariamente son enunciados en lenguaje coloquial.

No son habituales en las cátedras del área matemática las actividades que demanden la lectura de un texto para una posterior elaboración de un escrito, salvo las evaluaciones parciales o finales. En general, las evaluaciones son las instancias exclusivas donde los docentes leemos las producciones de los estudiantes y nos enfrentamos al manejo que han logrado de los contenidos y del lenguaje matemático.

Todos los aspectos descriptos ponen de manifiesto nuestras concepciones y representaciones docentes acerca del aprendizaje y la enseñanza, donde implícitamente se puede inferir que consideramos que leer y escribir es un medio y no un fin en sí mismo.

En este trabajo mostramos las acciones implementadas tendientes a construir aprendizajes en los estudiantes a través de actividades vinculadas con el lenguaje, tanto en lo atinente a la forma oral, como a la lectura y a la escritura, usando como herramienta la resolución de problemas. La propuesta abarca el abordaje a través de las formas más tradicionales, como son la elaboración de nuevas prácticas que requieren la creación de guías y/o textos y la producción de videos relacionados con los contenidos destinados a los estudiantes.

4. Marco Teórico

El marco general de las acciones emprendidas se fundamenta en establecer una taxonomía general, a través de la cual los docentes evaluemos el grado del aprendizaje alcanzado. Hernández Pina y otros [2], marcan que estas taxonomías constituyen una referencia para centrar el análisis del alcance de los estudios realizados por los estudiantes en relación a los contenidos y procesos. En este aspecto, elegimos la taxonomía SOLO (Structured Observed Learning Outcome) trabajada por Biggs y Collins [3], que permite clasificar y evaluar el resultado de una tarea de aprendizaje, estableciendo que a medida que los estudiantes aprenden, los resultados de su aprendizaje muestran fases similares de creciente complejidad estructural. Hay dos cambios principales: *cuantitativos*, en la cual se considera como aumenta la cantidad de detalle en las respuestas de los estudiantes y *cualitativo*, donde se tiene en cuenta los detalles que se integran en un modelo estructural.

La propuesta de Biggs y Collins distingue los siguientes niveles de conocimiento que se pueden observar en las respuestas: *pre estructural*, *uniestructural*, *multiestructural*, *relacional* y *abstracto ampliado*. Esto da lugar a distinguir los diferentes estratos de respuestas que se observan en las producciones de los estudiantes. Por otra parte, siendo el conocimiento el objeto de la comprensión, distingue entre *conocimiento declarativo o proposicional*,

conocimiento procedimental, condicional y funcional. Esta propuesta puede ser organizada como se muestra en la Tabla 1, que permite el análisis de las actividades que proponemos los docentes como así también los niveles de respuesta de los estudiantes.

Tabla 1. Categorías establecidas para evaluar el grado de comprensión de los contenidos.

Niveles de respuesta →	Preestructural	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto Ampliado
Tipos de conocimientos ↓					
Declamativo					
Procedimental					
Condicional					
Funcional					

Fuente: elaboración propia

Nuestra meta como docentes es que nuestros estudiantes *comprendan* los contenidos curriculares, solo que deberíamos acordar qué entendemos por *comprensión*. En este trabajo cada vez que se haga referencia a la palabra comprensión, la entenderemos como la integración y la relación de objetos que aparentemente no muestran interrelación. Como una manera de evaluar la comprensión con el sentido anterior, es un buen ejercicio explicar a otra persona los contenidos, adaptarlos o utilizarlos. Adherimos a que los niveles más altos de abstracción cognitiva están indicados por verbos como: *teorizar, hipotetizar, generalizar y reflexionar*. Mientras que en un nivel de inferior complejidad los verbos que indican el grado de conocimiento son: *aplicar, comparar, relacionar, contrastar, analizar, explicar*.

De manera más o menos consciente los docentes esperamos que nuestros estudiantes relacionen los temas, los puedan explicar y adaptar a diferentes contextos. Además, los profesionales de la Ingeniería, deben poseer capacidades de análisis, evaluación y decisión, utilizando a la matemática como conocimiento básico que pueda ser extrapolado a diferentes áreas. El conocimiento teórico alcanzado en la asignatura deberá poder ser aplicado en la resolución de problemas específicos de la práctica profesional, guardando la coherencia entre los hechos, los procesos y los contenidos puestos en acción y propósito.

Así, dentro de nuestras cátedras, aplicamos el paradigma desarrollado por G. Polya [4], quien en particular, en sus estudios estuvo interesado en el proceso del descubrimiento, o cómo es que se derivan los resultados matemáticos.

En nuestra experiencia advertimos que para entender una teoría, se debe conocer cómo fue descubierta, por lo mismo en nuestras clases propendemos a enfatizar en el proceso de descubrimiento aún más que simplemente desarrollar ejercicios apropiados. Para involucrar a nuestros estudiantes en la solución de problemas, aplicamos los cuatro pasos del método de Polya: 1. Entender el problema, 2. Configurar un plan, 3. Ejecutar el plan, 4. Mirar hacia atrás.

La profundidad de los conocimientos adquiridos por los estudiantes, y su grado de comprensión, depende del tipo de actividades propuestas. Por lo mismo es fundamental discriminar entre *ejercicio y problema*.

Los estudiantes, para llegar a la solución de un ejercicio, suelen aplicar una técnica ya establecida y más rutinaria. En cambio, en la resolución de un problema, reflexionan, ejecutan diferentes estrategias y hasta ponen en funcionamiento pasos originales que podrían no haber sido ensayados antes. Sin embargo, consideramos que hacer ejercicios es muy valioso en el aprendizaje de las matemáticas, porque ayuda -entre otras cosas- a aprender conceptos, propiedades y procedimientos, todos necesarios para ser aplicados cuando nos enfrentemos a la tarea de resolver problemas.

En consonancia con los autores, como Carlino [5], que afirman que numerosos factores relacionados con el uso del lenguaje son los que limitan la calidad y cantidad de los aprendizajes que alcanzan los estudiantes, consideramos que el desarrollo de propuestas pedagógicas que favorezcan la inclusión de los estudiantes en la cultura escrita de la disciplina conseguirá que ellos mejoren sus aprendizajes.

Esta concepción conlleva dos objetivos: de formar para escribir y leer como lo hacen los especialistas y de enseñar a leer y a escribir para apropiarse del conocimiento producido por ellos. En el marco de esta teoría la práctica de alfabetización equivale a ayudar a los estudiantes a participar en prácticas de lectura y escritura. Las experiencias desarrolladas en otras universidades permiten distinguir entre dos alternativas de trabajo. Los talleres de lectura y escritura a cargo de especialistas en lingüística o las propuestas de actividades dentro de las asignaturas a cargo de los docentes especialistas en la disciplina.

Posicionados como docentes con iniciativas para llevar adelante prácticas de escritura contextualizadas, adherimos a que el lenguaje de la disciplina lo podemos enseñar los especialistas en los contenidos, por ser partícipes de una determinada cultura académica en la que se encuentran nuestras asignaturas. No obstante los especialistas en lengua nos pueden ayudar a tomar conciencia del funcionamiento del lenguaje en matemática y los modos de operar como constructor del conocimiento de nuestros estudiantes.

5. Descripción de lo realizado

En nuestro trabajo en el aula implementamos la metodología de Polya, con cada uno de sus pasos. En lo relativo al primer estadio: *Entender el Problema*, motivamos a los estudiantes con preguntas. Comúnmente los problemas y el proceso de elaboración de preguntas se enuncian en lenguaje coloquial, con palabras, ya sea oralmente o en forma escrita. Así, para resolverlas, uno traslada las palabras a una forma equivalente del problema en la que usa símbolos matemáticos, resuelve esta forma equivalente y luego interpreta la respuesta.

Para que nuestros estudiantes logran alcanzar la habilidad de formular preguntas con el objetivo de conseguir la comprensión de un problema, elaboramos un desarrollo en clase que demanda la lectura del texto de la cátedra para interpretar un nuevo contenido en forma grupal. La actividad se combina con el requerimiento de elaborar preguntas para sintetizar las dudas generadas al leer el texto.

Esta propuesta permite conectar las preguntas elaboradas con los distintos niveles de comprensión alcanzados por los grupos de estudiantes. A modo de ejemplo:

Una pregunta tal como “¿qué quiere decir esta definición?”, está relacionada con una elaboración a nivel uniestructural del concepto matemático. Mientras que “¿cómo este grafico representa la definición?”, involucra un conocimiento que abarca más de una estructura conceptual.

Por otra parte podemos señalar diferentes niveles de conocimiento que demanda la lectura indicada en la actividad. Por ejemplo se observa que es más probable alcanzar un

conocimiento procedimental con la lectura de los pasos a seguir en un proceso matemático. Mientras que un conocimiento funcional requiere, además de la lectura, otras actividades que exijan distintos niveles de comprensión. Esta experiencia nos permitió compartir estrategias para enfrentar textos de disciplinas específicas como la matemática cuyos “discursos” resultan difíciles o ajenos a los estudiantes.

Entre algunas de las herramientas que compartimos con nuestros estudiantes podemos mencionar: la identificación del objetivo que se plantea el autor/res, la individuación de jerarquías, orden y diferencias que en los textos matemáticos pueden diferenciar: definiciones, axiomas, teoremas, demostraciones, ejemplos y aplicaciones prácticas.

El trabajo propuesto sobre la escritura está orientado a mostrar las características que ella asume dentro de los pilares estructurales de la matemática: la definición, el teorema y la demostración matemática. Poniendo de manifiesto que cada una de estas bases asume una función distinta y por tanto tiene asociada diferentes acciones: las definiciones señalan con precisión los conceptos de importancia en la teoría, los teoremas (o proposiciones) expresan exactamente lo que hay de verdadero en esos conceptos y las demostraciones revelan, en forma contundente, la verdad de esas afirmaciones.

Conjuntamente con estas prácticas de escritura y lectura, desde nuestra tarea como docentes, estimulamos que se profundice acerca de los pasos necesarios para la resolución de un problema, motivando la comprensión de los contenidos, haciendo preguntas tales como: ¿Entiendes todo lo que dice?, ¿Puedes replantear el problema en tus propias palabras?, ¿Distingues cuáles son los datos?, ¿Sabes a qué quieres llegar?, ¿Hay suficiente información?, ¿Hay información extraña?, ¿Es este problema similar a algún otro que hayas resuelto antes? En lo relativo a *Configurar un Plan*: ¿Puedes usar alguna de las siguientes estrategias? Simultáneamente, instamos a: trabajar por ensayo y error; buscar un patrón; hacer figuras, gráficos o diagramas; usar casos y modelos. Luego viene la etapa de *Ejecutar el Plan*, donde los estudiantes deberán implementar la o las estrategias escogidas. Una vez logrado este paso hay que plantearse las siguientes preguntas: ¿Es la solución correcta? ¿La respuesta satisface lo establecido en el problema? Si la estrategia empleada no conduce con éxito a la solución buscada, deberán ensayar nuevas estrategias.

6. Resultados y Discusión

Los tipos de problemas propuestos son del estilo de los que forman parte de las guías de estudio y los diferentes exámenes. El análisis realizado sobre los mismos mostró la necesidad de incorporar actividades que promuevan mayor activación de la comprensión de los conceptos matemáticos trabajados, disminuyendo los porcentajes de ejercicios declamativos y procedimentales. Esta afirmación se sustenta en la reflexión sobre las potencialidades y limitaciones de nuestras propuestas, en relación a la selección de algunos ejercicios, problemas o actividades solicitadas a los estudiantes en alguna de las evaluaciones, comparándolos con lo trabajado en las guías de estudios y/o trabajos prácticos. Los resultados de esta comparación fueron sistematizados según la Tabla 1, donde fue marcado en doble entrada los niveles de comprensión logrados en las respuestas de los estudiantes en la resolución de un problema seleccionado.

Paralelamente hemos incorporado el trabajo grupal en el aula, para realizar lecturas de textos con contenidos de nuestro programa. Valorando positivamente este trabajo, los docentes acordamos sobre la importancia de incrementar este tipo de dinámicas, profundizando nuestra observación de los procesos cognitivos que se movilizan a partir del trabajo grupal.

7. Conclusiones y recomendaciones

Rescatamos como positivo la síntesis y aplicabilidad lograda con la taxonomía elegida y con la metodología de resolución de problemas, que nos permitió establecer un método de análisis para evaluar el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes en relación al proceso de enseñanza aprendizaje.

Concluimos que si bien en el nivel universitario se busca alcanzar altos niveles de rendimiento académico, los mismos solo podrán ser logrados cuando los procedimientos de evaluación enfaticen en la comprensión de los contenidos en el sentido explicitado en el presente artículo.

De someter los problemas propuestos en nuestros exámenes, al análisis según la Tabla 1, concluimos que la mayoría de los mismos se agrupan en un nivel de respuesta multiestructural combinada con un conocimiento procedimental. Una pequeña proporción de los ejercicios de examen requerían de respuestas con abstracción amplia y conocimientos del tipo funcional. Por esta razón como producto de las acciones realizadas se reelaboraron Textos de Cátedra, donde se replantean los tipos y la distribución de actividades para lograr aprendizajes en los estudiantes de creciente complejidad estructural, donde se moviliza un mayor caudal de conocimientos del tipo condicional y funcional.

Las prácticas implementadas nos permiten entrever la relación entre lenguaje y pensamiento, y en este marco, el importante papel que la lectura y la escritura cumplen en la configuración de formas de razonar y de pensar. Lo que nos impulsa a creer que su inclusión vinculada a un contenido disciplinar son oportunidades de interés para alcanzar aprendizajes significativos.

Valoramos que la implementación de la presente propuesta se orientó a la creación de un buen ambiente de enseñanza y aprendizaje, que permitió la interacción del aprendiz con el docente y sus pares y donde se contemplaron actividades motivadoras para alcanzar (al menos) un nivel de conocimiento funcional de característica multiestructural.

8. Referencias

- [1] CHIECHER, A.; PAOLONI, P. y otros (2011). *Abandonadores de carreras de Ingeniería*. Río Cuarto. Documento de trabajo n° 10, Laboratorio MIG; p. 1 - 30.
- [2] HERNÁNDEZ PINA, F.; MARTÍNEZ CLARES, P. y otros (2009). *Aprendizaje, competencias una nueva mirada*. REOP. Vol. 20, No 3, 3^{er} Cuatrimestre, pp. 312-319
- [3] BIGGS, J.B.; COLLINS, K.F. (1982). *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy (structure of the observed learning outcome)*. New York: Academic Press.p 57-77.
- [4] POLYA, G. (1965). *Cómo Plantear y Resolver Problemas*. México. Editorial Trillas. p 103-107.
- [5] CARLINO, P. (2003). *Leer textos científicos y académicos en la educación superior*. Documento onlines disponible:
<http://www.aprendeonlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/article/viewFile/12289/11146>.(consultado 16/06/2016).

APLICACIÓN WEB PARA EL CÁLCULO DE PROPIEDADES TERMOQUÍMICAS

José Luis Farfán, Cátedra de Química Computacional - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, joseluis.pic1981@gmail.com

Carlos Mauricio Bustamante, I Cátedra de Química Computacional - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, carlosmbqca@gmail.com

Adriana Cecilia Olleta, Cátedra de Química Computacional - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, aolleta@fi.unju.edu.ar

Resumen— El presente trabajo muestra la construcción de un material didáctico orientado a la enseñanza y aprendizaje como así también a la investigación de la Termodinámica Estadística. De esta manera, el objetivo es facilitar a un potencial usuario una aplicación que integre y permita el cálculo de las diferentes funciones de partición y propiedades termodinámicas derivadas de ella. Además, mediante la misma, es posible el cómputo de parámetros cinéticos de reacciones en fase gaseosa. Los usuarios tendrán acceso a las distintas funcionalidades y recursos en función de la información que proporcionen a la aplicación. La interfaz de usuario con la que se proveerá la aplicación es del tipo Web, siendo así accesible e intuitiva de cara a los posibles usuarios, ya que se destaca por su claridad y fácil utilización. Como es lógico, la aplicación dispone de una base de datos en la que se gestionan y manejan todos los datos correspondientes a los diversos cálculos que se deseen realizar. Así pues, amén de tener que comunicarse la interfaz con la base de datos para la autenticación de usuarios, es posible la realización de consultas y modificaciones.

Palabras clave— *Aplicación Web, Propiedades Termoquímicas, Material Didáctico.*

1. Introducción

Actualmente, la química teórica es utilizada para estimar diversas propiedades termodinámicas, tales como entalpía, entropía, capacidad calorífica y energía libre de especies moleculares, partiendo del cálculo de las funciones de partición. De forma análoga, la predicción de las constantes de velocidad con la que ocurre una reacción química requiere de cálculos electrónicos de mecánica cuántica a fin de obtener los parámetros cinéticos.

Para determinar, las propiedades termodinámicas y cinéticas a partir de los resultados obtenidos de los cálculos mecano cuánticos, se utiliza la mecánica estadística. La termodinámica estadística nos permite relacionar las propiedades microscópicas de los átomos y moléculas individuales con las propiedades macroscópicas de los sistemas materiales.

Sin embargo, no siempre es fácil encontrar una aplicación general totalmente adaptada a nuestras necesidades. De esta manera, la aplicación web que se presenta en este trabajo está destinada a calcular propiedades termodinámicas y cinéticas de reacciones de interés atmosférico, a partir de los resultados de cálculos *ab initio*. Se pretende que sea una herramienta

de trabajo tanto para el público en general como para mejorar sustancialmente la investigación y la educación a través de los recursos que ésta nos facilita.

Se ha desarrollado con el objetivo de facilitar el tratamiento de los resultados cuánticos en estimar las propiedades moleculares de una reacción que ocurre en fase gaseosa. No está diseñada de manera tan acabada como algunos programas encontrados en la literatura [1-4] que incluyen numerosas características y muchas opciones informáticas para el cálculo de las constantes de velocidad de reacciones químicas.

Es adecuada su utilización como una introducción a la enseñanza de la mecánica estadística, la termodinámica y la cinética química. En tal sentido es útil tanto en la enseñanza como en la investigación.

El código fuente ha sido estructurado de forma tal que permite ser fácilmente extendido utilizando la programación Python [5] orientada a objetos.

2. Recursos Tecnológicos

2.1 Características Generales de la Aplicación Web

Se ha hablado anteriormente que este trabajo gira en torno a una aplicación Web, pero... ¿Qué es eso exactamente? Lo explicaremos brevemente: Son aquellas aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor Web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador.

De forma sucinta la arquitectura de una aplicación Web, es la siguiente: normalmente se encuentra estructurada como una aplicación de tres-capas. En su forma más común, el navegador Web ofrece la primera capa, un motor capaz de usar alguna tecnología Web dinámica (ejemplo: Python, PHP o Ruby on Rails, entre otros) constituye la capa del medio y por último, una base de datos constituye la tercera y última capa.

El navegador Web manda peticiones a la capa del medio que ofrece servicios valiéndose de consultas y actualizaciones a la base de datos y a su vez proporciona una interfaz para el usuario.

A partir de los siguientes puntos de este trabajo se desarrollará mucho más en profundidad todos estos conceptos así como la forma que estos fueron integrados en la aplicación.

2.2 Bases del proyecto

En este apartado comentaremos de forma clara y concisa todas las herramientas y tecnologías que hemos usado para llevar a cabo la aplicación.

Tecnologías empleadas

Apache

El servidor HTTP Apache [6] es un servidor web HTTP de código abierto multiplataforma (Unix, Microsoft Windows, Macintosh) que implementa el protocolo HTTP/1.1 y la noción de sitio virtual.

El servidor Apache es desarrollado y mantenido por una comunidad de usuarios bajo la supervisión de la Apache Software Foundation dentro del proyecto HTTP Server.

Apache presenta entre otras características altamente configurables, bases de datos de autenticación y negociado de contenido, pero fue criticado por la falta de una interfaz gráfica que ayude en su configuración.

Apache tiene amplia aceptación en la red: desde 1996, Apache, es el servidor HTTP más usado. En 2009 se convirtió en el primer servidor web que alojó más de 100 millones de sitios web.

Django

Django [7] es un lenguaje de dominio específico (DSL) de Python. Un DSL es un lenguaje de programación dedicado a un problema de dominio en particular, o una técnica de representación o resolución de problemas específicos. En este caso, Django es un framework web de código abierto escrito en Python que permite construir aplicaciones web más rápido y con menos código. El objetivo esencial de este marco de desarrollo es la creación de aplicaciones web sin complicaciones. Pretende ser sencillo, rápido, como ellos mismos afirman, “puedes concentrarte en escribir tu aplicación sin la necesidad de tener que reinventar la rueda”. En resumen Django permite: programación rápida de páginas y aplicaciones web. Esto último se debe a Python, un lenguaje sencillo, directo, de máxima eficiencia gracias a que la cantidad de código necesario para programar cualquier proyecto digital es realmente baja.

Basado en la filosofía DRY (Don't Repeat Yourself: No te repitas). Muchas aplicaciones web y proyectos digitales comparten numerosas líneas de código unos con otros. Django es el marco de desarrollo de refactorización de código casi por excelencia. Permite reutilizar programación de unas aplicaciones a otras sin la obligación de tener que repetir las mismas líneas de código entre distintos proyectos.

Django es un framework web de alto nivel basado en el paradigma Modelo-Vista-Controlador. No podría ser de otra forma en un marco de desarrollo que apuesta por la sencillez, la rapidez y la reutilización de código. Por tanto, por un lado están los datos (el modelo), por otro la interfaz de usuario (la vista) y la lógica de negocio (el controlador).

Base de datos embebida. Django utiliza por defecto SQLite, una base de datos usada por compañías tan importantes como Facebook o Bloomberg.

Sistema ORM de conexión a bases de datos (BD). ORM es el sistema por el que este marco de desarrollo se conecta y almacena sus datos en la BD. Dentro de este proceso son esenciales los Querysets, listados de datos del modelo que pueden ser leídos, ordenados y filtrados.

JavaScript

JavaScript [8] es un lenguaje interpretado, basado en objetos no tipado y liviano, utilizado para acceder a objetos en aplicaciones. Principalmente, se utiliza integrado en un navegador Web permitiendo el desarrollo de interfaces de usuario mejoradas y páginas Web dinámicas.

Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado dentro de las páginas Web. Para interactuar con una página Web se provee al lenguaje JavaScript de una implementación del DOM (Document Object Model: modelo en objeto para la representación de documentos). Sus características más importantes son: 1.- JavaScript es un lenguaje interpretado, es decir, no requiere compilación. El navegador del usuario se encarga de interpretar las sentencias de JavaScript contenidas en una página HTML y ejecutarlas adecuadamente. 2.- JavaScript es un lenguaje orientado a eventos. Cuando un usuario oprime sobre un enlace o mueve el puntero sobre una imagen se produce un evento. Mediante JavaScript se pueden desarrollar scripts que ejecuten acciones en respuesta a estos eventos. 3.- JavaScript es un lenguaje orientado a objetos. El modelo de objetos de JavaScript está reducido y simplificado, pero incluye los elementos necesarios para que los scripts puedan acceder a la información de una página y puedan actuar sobre la interfaz del navegador.

Hojas de estilo CSS

CSS es el acrónimo de Cascading Style Sheets [9], cuyo significado literal es Hojas de Estilo en Cascada. Se utiliza para dar estilo a documentos HTML y XML, separando el contenido de la presentación.

Los estilos definen la forma de mostrar los elementos. Cualquier cambio en el estilo marcado para un elemento en la CSS afectará a todas las páginas vinculadas a ella en las que aparezca ese elemento. De esta forma, CSS permite controlar el estilo y formato de múltiples páginas Web al mismo tiempo. CSS funciona a base de reglas, esto es, declaraciones sobre el estilo de uno o más elementos. La regla tiene dos partes: un selector y la declaración, estando esta última compuesta por una propiedad y el valor que se le asigne. El selector funciona como enlace entre el documento y el estilo, especificando los elementos que van a ser afectados por esa declaración. La declaración es la parte de la regla que establece cuál será el efecto.

Python

Python [5] es un lenguaje de programación multiparadigma. Esto significa que más que forzar a los programadores a adoptar un estilo particular de programación, permite varios estilos: programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional. Otros paradigmas están soportados mediante el uso de extensiones.

Python usa tipado dinámico y conteo de referencias para la administración de memoria.

Una característica importante de Python es la resolución dinámica de nombres; es decir, lo que enlaza un método y un nombre de variable durante la ejecución del programa (también llamado enlace dinámico de métodos).

Otro objetivo del diseño del lenguaje es la facilidad de extensión. Se pueden escribir nuevos módulos fácilmente en C o C++. Python puede incluirse en aplicaciones que necesitan una interfaz programable.

Aplicaciones Web: generalidades

Las aplicaciones Web [11] son populares debido a lo práctico del navegador Web como cliente ligero, a la independencia del sistema operativo, así como a la facilidad para actualizarlas y mantenerlas sin tener que distribuir e instalar el programa a miles de potenciales usuarios. Existen aplicaciones como los webmails, wikis, weblogs, tiendas en línea y la propia Wikipedia que son ejemplos bien conocidos de aplicaciones Web.

Es importante mencionar que una página Web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información. Esto permite que el usuario acceda a los datos de modo interactivo, gracias a que la página responderá a cada una de sus acciones, como por ejemplo rellenar y enviar formularios, participar en juegos diversos y acceder a gestores de base de datos de todo tipo.

A diferencia de los primeros tiempos de la computación cliente-servidor, donde cada aplicación tenía que ser instalada independientemente en cada computadora personal y los programas clientes servían como interfaz de usuario, actualmente las aplicaciones Web generan dinámicamente una serie de páginas en un formato estándar, como HTML o XHTML, soportados por los navegadores Web comunes. Se utilizan lenguajes interpretados en el lado del cliente, directamente o a través de plugins tales como JavaScript, Java, Flash, entre otros, para añadir elementos dinámicos a la interfaz de usuario. Generalmente cada página Web en particular se envía al cliente como un documento estático, pero la secuencia de páginas ofrece al usuario una experiencia interactiva. Durante la sesión, el navegador Web interpreta y muestra en pantalla las páginas, actuando como cliente para cualquier aplicación Web.

Las interfaces Web tienen ciertas limitaciones en las funcionalidades que se ofrecen al usuario. Hay funcionalidades comunes en las aplicaciones de escritorio como dibujar en la pantalla o arrastrar-y-soltar que no están soportadas por las tecnologías Web estándar. Los desarrolladores Web generalmente utilizan lenguajes interpretados (scripts) en el lado del cliente para añadir más funcionalidades, especialmente para ofrecer una experiencia interactiva que no requiera recargar la página en cada interacción con el usuario (lo que suele resultar molesto a los usuarios).

Arquitectura de una aplicación Web

Hace algún tiempo, los sitios Web tradicionales que se limitaban a mostrar información se han convertido en aplicaciones capaces de una interacción más o menos sofisticada con el usuario. Inevitablemente, esto ha provocado un aumento progresivo de la complejidad de estos sistemas y, por ende, la necesidad de buscar opciones de diseño nuevas que permitan dar con la arquitectura óptima que facilite la construcción de los mismos, Figura 1.

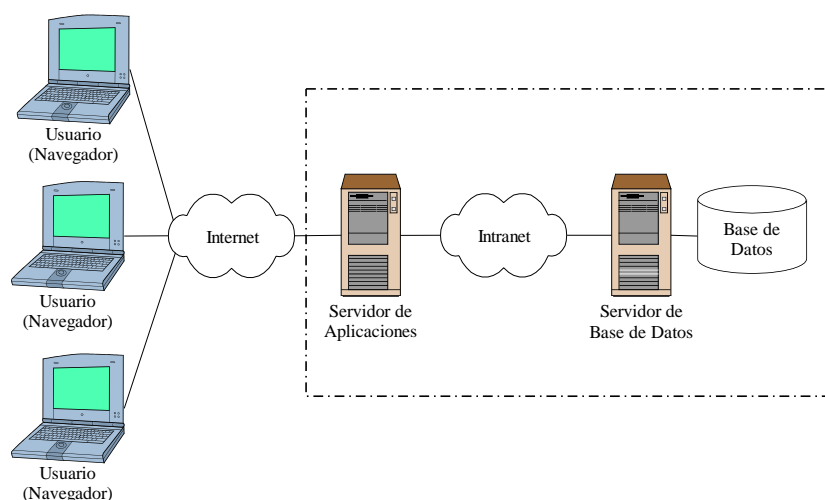


Figura 1. Arquitectura de una aplicación web.
Fuente: elaboración propia

El usuario interactúa con las aplicaciones Web [12] a través del navegador. Como consecuencia de la actividad del usuario, se envían peticiones al servidor, donde se aloja la aplicación que normalmente hace uso de una base de datos que almacena toda la información relacionada con la misma. El servidor procesa la petición y devuelve la respuesta al navegador y la presenta al usuario. Por lo tanto, el sistema se distribuye en tres componentes: el navegador, que presenta la interfaz al usuario; la aplicación, que se encarga de realizar las operaciones necesarias según las acciones llevadas a cabo por el usuario y la base de datos, donde la información relacionada con la aplicación se hace persistente. Esta distribución se conoce como el modelo o arquitectura de tres capas.

En la mayoría de los casos, el navegador suele ser un mero presentador de información (modelo de cliente delgado), y no lleva a cabo ningún procesamiento relacionado con la lógica de negocio. No obstante, con la utilización de applets, código JavaScript y DHTML la mayoría de los sistemas se sitúan en un punto intermedio entre un modelo de cliente delgado y un modelo de cliente grueso (donde el cliente realiza el procesamiento de la información y el servidor sólo es responsable de la administración de datos). Sin embargo el procesamiento realizado en el cliente suele estar relacionado con aspectos de la interfaz (como ocultar o mostrar secciones de la página en función de determinados eventos) y nunca con la lógica de negocio.

Teniendo en cuenta estas características en la arquitectura de los sistemas Web, a continuación se verá el patrón de diseño que facilitó la implementación apropiada de esta aplicación.

Uno de los patrones que ha demostrado ser fundamental a la hora de diseñar aplicaciones Web es el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). Este patrón propone la separación en distintos componentes de la interfaz de usuario (vistas), el modelo de negocio y la lógica de control. Una vista es una “fotografía” del modelo (o una parte del mismo) en un determinado momento. Un controlador recibe un evento disparado por el usuario a través de la interfaz, accede al modelo de manera adecuada a la acción realizada, y presenta en una nueva vista el resultado de dicha acción. Por su parte, el modelo consiste en el conjunto de objetos que modelan los procesos de negocio que se realizan a través del sistema. El modelo no tiene que acceder ni a la vista ni al controlador. La vista tiene que poder acceder al modelo (obviamente para representarlo) y al controlador (para enviar las entradas que hace el usuario). Y el controlador ha de acceder al modelo (para conocer los datos y eventualmente pedir el cambio de estos) y a la vista para indicar los cambios en los datos.

En una aplicación Web, las vistas serían las páginas HTML que el usuario visualiza en el navegador. A través de estas páginas el usuario interactúa con la aplicación, enviando eventos al servidor a través de peticiones HTTP. En el servidor se encuentra el código de control para estos eventos, que en función del evento concreto actúa sobre el modelo convenientemente. Los resultados de la acción se devuelven al usuario en forma de página HTML mediante la respuesta HTTP.

La clave está en la separación entre vista y modelo. El modelo suele ser más estable a lo largo del tiempo y menos sujeto a variaciones mientras que las vistas pueden cambiar con frecuencia, ya sea por cambio del medio de presentación (por ejemplo HTML a WAP o a PDF) o por necesidades de usabilidad de la interfaz o simple renovación de la estética de la aplicación. Con esta clara separación las vistas pueden cambiar sin afectar al modelo y viceversa. Los controladores son los encargados de hacer de puente entre ambos, determinando el flujo de salida de la aplicación (qué se ve en cada momento).

3. Arquitectura y Diseño de la Aplicación Web para el Cálculo de Propiedades Termoquímicas.

Funcionamiento general de la aplicación

La aplicación consta principalmente de una base de datos, donde se almacena toda la información referente a la misma y un conjunto de interfaces o páginas Web.

Para poder iniciar una sesión, se debe estar registrado en la base de datos que posee la aplicación. Para ello existen dos accesos según se esté o no registrado. Si no se está, no tendrá acceso y deberá registrarse completando un formulario. Después en la parte superior derecha de la página, se debe poner el nombre de usuario en la casilla “Nombre de Usuario” y luego escribir la contraseña en la casilla correspondiente “Contraseña”. La contraseña o clave es una forma de autenticación que utiliza información secreta para controlar el acceso hacia las diferentes páginas que componen esta aplicación. La contraseña le será solicitada siempre al inicio de sesión, negándose el acceso siempre y cuando no se la conozca o se haya cometido algún error al introducirla.

Esta aplicación está sustentada por un script de cálculo desarrollado en el lenguaje de programación Python. El diagrama de flujo, Figura 2, correspondiente a este script es indicado en la primera página de esta aplicación.

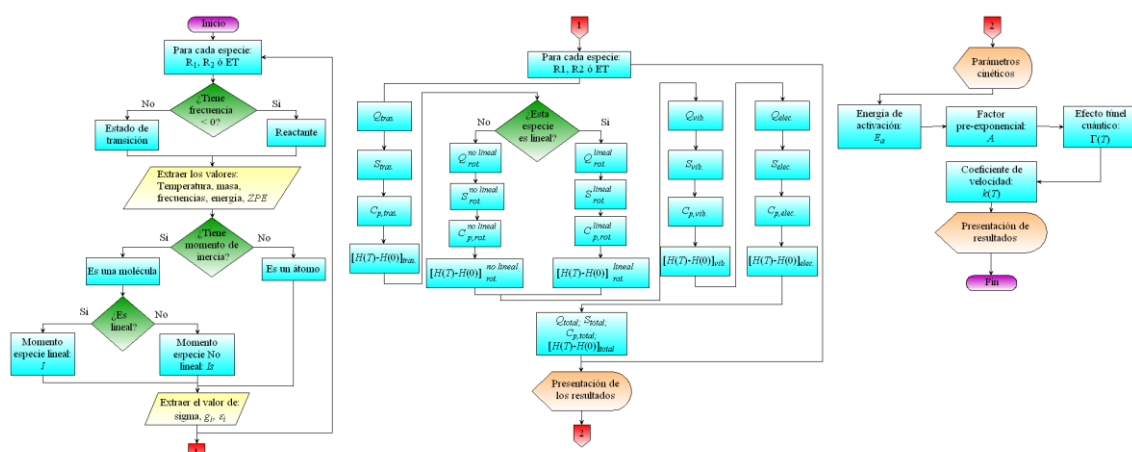


Figura 2. Diagrama de flujo.
Fuente: elaboración propia

Una vez iniciada la sesión se presenta una introducción o marco conceptual y un mapa de sitio indicando los diferentes cálculos a ser realizados al pie de estas páginas.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo estadístico y los datos termoquímicos fueron recopilados de textos comúnmente utilizados en termodinámica estadística [13]. A continuación se comentará brevemente sobre estos cálculos.

Especies químicas

Para realizar cálculos mediante esta aplicación, el usuario debe proporcionar hasta tres archivos de salida del programa de química computacional G03 [14] o bien G09 [15]. Se requiere, además, que estos archivos de salida contengan el cómputo de los modos normales de vibración de las especies químicas a ser analizadas.

La aplicación extraerá los datos necesarios de estos archivos para realizar los cálculos estadísticos. Es importante indicar que para calcular la constante de velocidad son necesarios tres archivos de salida correspondientes a los reactantes y al estado de transición, respectivamente.

En el caso de especies, di y poli atómicas, el cómputo de las funciones de partición y propiedades termodinámicas derivadas de éstas requiere: la masa, frecuencias normales de vibración, número de simetría y momentos de inercia para la rotación externa. Mientras que para los átomos solo se requiere la masa.

Luego que los datos han sido extraídos se procesa esta información de modo tal de poder calcular las funciones de partición y propiedades termodinámicas derivadas de ella a la temperatura de 298,15 K y presión de 1 bar.

Cálculos de las funciones de partición

El punto de partida es el cálculo de la función de partición $Q^x(T)$ correspondiente al componente, x. Las ecuaciones usadas para calcular las contribuciones a la traslación, rotación, vibración y electrónicas son equivalentes a las que figuran en textos estándar de química física [13] y se expresan en forma abreviada en la Tabla 1.

Tabla 1. Contribuciones de las funciones de partición a las propiedades termodinámicas de los gases ideales

Traslación
$Q_{tras.} = (2mk_B T)^{3/2} h^{-3} V$
$S_{tras.} = R[(3/2)\ln(2\pi m h^2) + (5/2)\ln k_B T - \ln p + 5/2]$
$C_{p,tras.} = (5/2)R$
$[H(T) - H(0)]_{tras.} = (5/2)RT$
Rotación lineal
$Q_{rot.}^{lineal} = \frac{8\pi^2 I k T}{\sigma h^2} = kT/(\sigma h B)$
$S_{rot.}^{lineal} = R[\ln(8\pi^2 I k T / \sigma h^2) + 1] = R[\ln(kT/\sigma h B) + 1]$
$C_{p,rot.}^{lineal} = R$
$[H(T) - H(0)]_{rot.}^{lineal} = RT$
Rotación no lineal
$Q_{rot.}^{no\ lineal} = \frac{8\pi^2}{\sigma h^3} (2\pi k T)^{3/2} (I_A I_B I_C)^{1/2} = (kT/h)^{3/2} (ABC)^{-1/2} \pi^{1/2} \sigma^{-1}$
$S_{rot.}^{no\ lineal} = R[\ln(8\pi^2/\sigma) + (3/2)\ln(2\pi k T/h^2) + (1/2)\ln(I_A I_B I_C) + (3/2)]$ $= R[(3/2)\ln(kT/h) - (1/2)\ln(ABC/\pi) - \ln(\sigma) + 3/2]$
$C_{p,rot.}^{no\ lineal} = (3/2)R$
$[H(T) - H(0)]_{rot.}^{no\ lineal} = (3/2)RT$
Vibración
$Q_{vib.} = \prod_i (1 - e^{-h\nu_i/kT})^{-1}$
$S_{vib.} = -R \sum_i \ln(1 - e^{-h\nu_i/kT}) + R \sum_i \frac{h\nu_i}{kT} \frac{e^{-h\nu_i/kT}}{(1 - e^{-h\nu_i/kT})}$
$C_{p,vib.} = R \sum_i \left(\frac{h\nu_i}{kT}\right)^2 \frac{e^{-h\nu_i/kT}}{(1 - e^{-h\nu_i/kT})^2}$
$[H(T) - H(0)]_{vib.} = RT \sum_i \left(\frac{h\nu_i}{kT}\right) \frac{e^{-h\nu_i/kT}}{(1 - e^{-h\nu_i/kT})}$
Electrónica
$Q_{elec.} = \sum g_i \exp(-\varepsilon_i/kT)$
$S_{elec.} = R \ln\left(\sum g_i \exp(-\varepsilon_i/kT)\right) + R \frac{\sum g_i (\varepsilon_i/kT) e^{(-\varepsilon_i/kT)}}{\sum g_i e^{(-\varepsilon_i/kT)}}$
$C_{p,elec.} = R \left(\frac{\sum g_i (\varepsilon_i/kT)^2 e^{(-\varepsilon_i/kT)}}{\sum g_i e^{(-\varepsilon_i/kT)}}\right) - R \left(\frac{\sum g_i (\varepsilon_i/kT) e^{(-\varepsilon_i/kT)}}{\sum g_i e^{(-\varepsilon_i/kT)}}\right)^2$
$[H(T) - H(0)]_{elec.} = RT \frac{\sum g_i (\varepsilon_i/kT) e^{(-\varepsilon_i/kT)}}{\sum g_i e^{(-\varepsilon_i/kT)}}$

Fuente: elaboración propia

A una temperatura dada, los datos necesarios para derivar la función de partición vibracional, $Q^{\text{x}}_{\text{vib.}}(T)$, a partir de cálculos *ab initio* son las frecuencias correspondientes a los modos de vibración normales obtenidos según la aproximación del oscilador armónico.

La función de partición traslacional, $Q^{\text{x}}_{\text{tras.}}(T)$, en la aproximación del gas ideal, depende de la masa molecular, la temperatura y la presión. Para las especies moleculares, los momentos de inercia derivados de la geometría molecular son utilizados como entrada para el cálculo de la función de partición para la rotación externa, $Q^{\text{x}}_{\text{rot.}}(T)$, en el modelo del rotor rígido. Se prevén tres casos, en general: los átomos individuales, moléculas poliatómicas lineales y no lineales. En las ecuaciones de la función de partición para la rotación externa, $Q^{\text{x}}_{\text{rot.}}(T)$, el número de simetría rotacional, es un factor que compensa el recuento excesivo de estados idénticos y también es extraído de la tarjeta de salida de los cálculos *ab initio*.

El espaciamiento entre los niveles de energía electrónicos generalmente, posee un valor muy grande en comparación con el valor de $k_B T$ (k_B ; es la constante de Boltzmann) a temperatura ambiente por lo que los niveles de energía electrónicos no hacen una contribución significativa a la función de partición electrónica, $Q^{\text{x}}_{\text{elec.}}(T)$. Sin embargo, a pesar de que algunas moléculas no poseen estados excitados electrónicamente de baja energía, pueden presentar estados electrónicos degenerados. Los radicales libres son un ejemplo muy común de estas especies químicas. A fin de considerar las diferentes posibilidades, en esta aplicación se incluye una tabla con los posibles radicales y átomos intervinientes y sus correspondientes valores de energías de acoplamiento spin-orbita, ε_i , y degeneraciones de spin, g_i .

De esta manera en la aplicación, la función de partición total de una especie química es calculada como:

$$Q^{\text{x}}_{\text{total}}(T) = Q^{\text{x}}_{\text{tras.}}(T) Q^{\text{x}}_{\text{vib.}}(T) Q^{\text{x}}_{\text{rot.}}(T) Q^{\text{x}}_{\text{elec.}}(T)$$

Estos cálculos estadísticos proporcionan el puente entre la mecánica cuántica de las especies químicas individuales y las propiedades termodinámicas parciales o totales resultantes que serán obtenidas mediante esta aplicación.

Cálculo de las Constantes de Velocidad.

Además de los cálculos para sistemas atómicos y moleculares, esta aplicación permite calcular los parámetros cinéticos de una reacción química que ocurre en fase gaseosa. El método utilizado es la Teoría del Estados de Transición convencional [16,17] con un tratamiento de corrección por efecto túnel cuántico a través de la ecuación propuesta por Wigner [18]. Por ahora, solo las reacciones elementales bimoleculares en fase gaseosa que posean barreras de activación fueron consideradas en la confección de esta aplicación.

En la Tabla 2 se presentan las contribuciones a las propiedades termodinámicas, y los parámetros cinéticos correspondientes a la reacción $\text{CH}_2\text{F}_2 + \text{OH}$ calculados y experimentales [19, 20].

Tabla 2. Propiedades Termoquímicas calculadas y experimentales.

Funciones / Archivos	OH	HF	CH ₃	CH ₃ CH ₃
$Q_{tras.} / ()$	$2,8 \times 10^6$	$3,52 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$
$S_{tras.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	144,2 / 144,2	146,3 / 146,22	142,7 / 142,22	151,3 / 141,26
$C_{p,tras.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	-	20,8 / 20,8	-	-
$[H(T)-H(0)]_{tras.} /$ (kJ mol ⁻¹)	-	6,2 / 6,2	-	-
$Q_{rot.} / ()$	$1,1 \times 10$	$1,0 \times 10$	$8,5 \times 10$	$8,1 \times 10^2$
$S_{rot.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	28,1 / 28,22	27,7 / 27,67	49,4 / 43,5	48,2 / 47,7
$C_{p,rot.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)		8,3 / 8,31		
$[H(T)-H(0)]_{rot.} /$ (kJ mol ⁻¹)		2,5 / 2,48		
$Q_{vib.} / ()$	1,0	1,0	1,1	1,4
$S_{vib.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	$1,5 \times 10^{-6} / 5 \times 10^{-6}$	$7,8 \times 10^{-7} / 7,0 \times 10^{-7}$	3,5 / 1,99	8,1 / 8,3
$C_{p,vib.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	-	$1,4 \times 10^{-5} / 1,0 \times 10^{-4}$	-	
$[H(T)-H(0)]_{vib.} /$ (kJ mol ⁻¹)	-	$2,2 \times 10^{-4} / 1,0 \times 10^{-4}$		
$Q_{elec.} / ()$	2,1	1,0	2,0	1,0
$S_{elec.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	11,5 / 11,53	-	5,8 / 5,73	-
$C_{p,elec.} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	-	-	-	-
$[H(T)-H(0)]_{elec.} /$ (kJ mol ⁻¹)	-	-	-	-
$Q_{total} / ()$	$6,3 \times 10^7$	$3,7 \times 10^7$	$4,4 \times 10^8$	$7,1 \times 10^9$
$S_{total} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	184,0 / 183,5	180,0 / 178	201,4 / 193,9	236,0 / 234,9
$C_{p,total} /$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	-	29,0 / 29,1	-	-
$[H(T)-H(0)]_{total} /$ (kJ mol ⁻¹)	-	8,7 / 8,68	-	-

Continuación Tabla 2.

Reacción	Parámetros cinéticos			
	$\Gamma/$ ($^{\circ}$)	Factor-A/ ($\text{cm}^3 \text{molécula}^{-1} \text{s}^{-1}$)	$E_a/$ (kcal mol^{-1})	$k/$ ($\text{cm}^3 \text{molécula}^{-1} \text{s}^{-1}$)
$\text{CH}_2\text{F}_2 + \text{OH} \rightarrow [\text{CHF}_2\cdots\text{H}\cdots\text{OH}]$	5,86	$1,1 \times 10^{-11} / 1,9 \times 10^{-12}$	5,9/2,6	$3,2 \times 10^{-15} / 10,1 \times 10^{-15}$

Fuente: elaboración propia

Análisis

La naturaleza de una actividad formativa a partir de las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación) y las TACs (Tecnologías de Aprendizaje y de Conocimiento) [20] permite estructurar y presentar los contenidos de una manera dinámica y flexible, de tal forma que respondan a la diversidad de estilos de aprendizaje que presentan los participantes que forman parte del curso, así como a sus intereses y necesidades formativas. Debiendo contribuir estos contenidos educativos digitales a fomentar el manejo de la red, garantizar el máximo uso y utilidad de los contenidos por parte de los usuarios así como a su creación y desarrollo.

Así, es posible presentar los contenidos educativos digitales en múltiples formatos, tales como texto, sonido, diagramas, imagen fija y animada, video, simulaciones, y aplicaciones web, entre otros. Esto último, permite por una parte favorecer la comprensión potenciando el aprendizaje, y por otra mantener la atención de los estudiantes, es decir, los alumnos en las aulas se sienten más atraídos por materiales didácticos con los que pueden interactuar, respecto de los estáticos, por ello es importante que estos estén diseñados en distintos formatos. [21]

La integración de las tecnologías en los ambientes educativos no es una tendencia novedosa, su uso ha generado nuevos escenarios de aprendizaje y transformado de manera radical el quehacer docente [22]. En la actualidad, el proceso de enseñanza-aprendizaje requiere de nuevas habilidades como gestión de contenidos y comunidades en línea. El profesor deja de ser el centro del proceso, para convertirse en un mediador de contenidos, estableciendo estrategias de enseñanza que mantengan motivados a los alumnos y promoviendo de esta manera la colaboración y construcción de conocimientos.

El motivo de este trabajo ha sido mostrar la construcción de una aplicación web educativa como material didáctico para ser utilizada tanto por estudiantes como por docentes e investigadores, es por ello que primero se presentó un recorrido sobre las diversas tecnologías empleadas para posteriormente indicar los pasos que llevaron a su construcción.

Para acceder a este material debe dirigirse a:

<http://propiedadestermoquimicas.pythonanywhere.com>

4. Conclusiones y recomendaciones

Hacer una aplicación web, sea del tipo que sea, no es solamente crearla y colgarla; exige de un proceso de mejora y actualización para que sea funcional y práctica. Como se puede observar la elaboración de una aplicación web educativa no es nada sencillo, requiere de la presencia de muchos elementos que habitualmente no están presentes en la vida diaria, además de establecer muchos pasos a seguir, y lo más importante, es que una vez realizada se puedan proyectar nuevas funcionalidades. En definitiva, lo que realmente determina si una aplicación web está bien terminada o no es la evaluación propia o que otros usuarios puedan realizar de la misma.

Agradecimientos. Los autores desean expresar su agradecimiento a la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, UNJu, San Salvador de Jujuy, Argentina

5. Referencias

- [1] ZHENG, J., ZHANG, S., LYNCH, B. J., CORCHADO, J. C., CHUANG, Y.-Y., FAST, P. L., HU, W.-P., LIU, Y.-P., LYNCH, G. C., NGUYEN, K. A., JACKELS, C. F., RAMOS, A. F., ELLINGSON, B. A., MELISSAS, V. S., VILLA, J., ROSSI, I., COITÍPO, E. L., PU, J., ALBU, T. V. (2010) POLYRATE, Version 2010-A; University of Minnesota: Minneapolis, available at: <http://comp.chem.umn.edu/polyrate/>.
- [2] BARKER, J. R., (2001) Multiple-Well, multiple-path unimolecular reaction systems. I. MultiWell computer program suite, United States, Int. J. Chem. Kinet., v 33, n 4, p 232-245.
- [3] BARKER, J. R., (2009) Energy transfer in master equation simulations: A new approach, United States, Int. J. Chem. Kinet. v 41, n 12, p748-763.
- [4] BARKER, J. R., NGUYEN, T. L., STANTON, J. F., AIETA, C., CEOTTO, M., GABAS, F., KUMAR, T. J. D., LI, C. G. L., LOHR, L. L., MARANZANA, A., ORTIZ, N. F., PRESES, J. M., STIMAC, P. J., (2016), MultiWell-2016 Software Suite; J. R. Barker, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA, <http://clasp-research.engin.umich.edu/multiwell/>.
- [5] GONZALES DUQUE, R. (2010). *Python Para Todos*, Este libro se distribuye bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento 2.5 España.
- [6] KABIR, M. J. (2003). *Servidor Apache 2*. España: Anaya Multimedia.
- [7] HOLOVATY, A.; KAPLAN-MOSS, J. (2007). *The Definitive Guide to Django: Web Development Done Right*, New York City: Apress.
- [8] SÁNCHEZ MAZA, M. A. (2012). *Javascript*, España: Innovación Y Cualificación S.L.
- [9] OLSSON, M. (2014). *CSS Quick Syntax Reference*, New York City: Apress.
- [10] CAIVANO, R. M.; VILLORIA, L. N. (2009). *Aplicaciones Web 2.0*, Villa María: Eduvim.
- [11] CASTEJÓN GARRIDO, J. S. (2004). Arquitectura y diseño de sistemas web modernos. *Revista de Ingeniería Informática del CIIRM*, Murcia, p.1-3.
- [12] ATKINS, P., DE PAULA, J., (2006). *Atkin's Physical Chemistry*, 8th Edition, Oxford University Press, USA, 1062 p.
- [13] GAUSSIAN 03, REVISION C.02, FRISCH, M. J.; TRUCKS, G. W.; SCHLEGEL, H. B.; SCUSERIA, G. E.; ROBB, M. A.; CHEESEMAN, J. R.; MONTGOMERY, JR., J. A.; VREVEN, T.; KUDIN, K. N.; BURANT, J. C.; MILLAM, J. M.; IYENGAR, S. S.; TOMASI, J.; BARONE, V.; MENNUCCI, B.; COSSI, M.; SCALMANI, G.; REGA, N.; PETERSSON, G. A.; NAKATSUJI, H.; HADA, M.; EHARA, M.; TOYOTA, K.; FUKUDA, R.; HASEGAWA, J.; ISHIDA, M.; NAKAJIMA, T.; HONDA, Y.; KITAO, O.; NAKAI, H.; KLENE, M.; LI, X.; KNOX, J. E.; HRATCHIAN, H. P.; CROSS, J. B.; BAKKEN, V.; ADAMO, C.; JARAMILLO, J.; GOMPERTS, R.; STRATMANN, R. E.; YAZYEV, O.; AUSTIN, A. J.; CAMMI, R.; POMELLI, C.; OCHTERSKI, J. W.; AYALA, P. Y.; MOROKUMA, K.; VOTH, G. A.; SALVADOR, P.; DANNENBERG, J. J.; ZAKRZEWSKI, V. G.; DAPPRICH, S.; DANIELS, A. D.; STRAIN, M. C.; FARKAS, O.; MALICK, D. K.; RABUCK, A. D.; RAGHAVACHARI, K.; FORESMAN, J. B.; ORTIZ, J. V.; CUI, Q.; BABOUL, A. G.; CLIFFORD, S.; CIOSLOWSKI, J.; STEFANOV, B. B.; LIU, G.; LIASHENKO, A.; PISKORZ, P.; KOMAROMI, I.; MARTIN, R. L.; FOX, D. J.; KEITH, T.; AL-LAHAM, M. A.; PENG, C. Y.; NANAYAKKARA, A.; CHALLACOMBE, M.; GILL, P. M. W.;

- JOHNSON, B.; CHEN, W.; WONG, M. W.; GONZALEZ, C.; AND POPLE, J. A.; Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2004.
- [14] GAUSSIAN 09, REVISION E.01, FRISCH, M. J.; TRUCKS, G. W.; SCHLEGEL, H. B.; SCUSERIA, G. E.; ROBB, M. A.; CHEESEMAN, J. R.; SCALMANI, G.; BARONE, V.; MENNUCCI, B.; PETERSSON, G. A.; NAKATSUJI, H.; CARICATO, M.; LI, X.; HRATCHIAN, H. P.; IZMAYLOV, A. F.; BLOINO, J.; ZHENG, G.; SONNENBERG, J. L.; HADA, M.; EHARA, M.; TOYOTA, K.; FUKUDA, R.; HASEGAWA, J.; ISHIDA, M.; NAKAJIMA, T.; HONDA, Y.; KITAO, O.; NAKAI, H.; VREVEN, T.; MONTGOMERY, J. A., JR.; PERALTA, J. E.; OGILIO, F.; BEARPARK, M.; HEYD, J. J.; BROTHERS, E.; KUDIN, K. N.; STAROVEROV, V. N.; KOBAYASHI, R.; NORMAND, J.; RAGHAVACHARI, K.; RENDELL, A.; BURANT, J. C.; IYENGAR, S. S.; TOMASI, J.; COSSI, M.; REGA, N.; MILLAM, J. M.; KLENE, M.; KNOX, J. E.; CROSS, J. B.; BAKKEN, V.; ADAMO, C.; JARAMILLO, J.; GOMPERTS, R.; STRATMANN, R. E.; YAZYEV, O.; AUSTIN, A. J.; CAMMI, R.; POMELLI, C.; OCHTERSKI, J. W.; MARTIN, R. L.; MOROKUMA, K.; ZAKRZEWSKI, V. G.; VOTH, G. A.; SALVADOR, P.; DANNENBERG, J. J.; DAPPRICH, S.; DANIELS, A. D.; FARKAS, Ö.; FORESMAN, J. B.; ORTIZ, J. V.; CIOSLOWSKI, J.; FOX, D. J. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.
- [15] EYRING, H., (1935). The Activated Complex and the Absolute Rate of Chemical Reactions, *Chem. Rev.*, v 17, n 1, p 65-77.
- [16] TRUHLAR, D. G., GARRETT, B. C., KLIPPENSTEIN, S. J., (1996), Current Status of Transition-State Theory, *J. Phys. Chem.*, v 100, n 31, p 12771-12800.
- [17] WIGNER, E., (1932). Über das Überschreiten von Potentialschwellen bei chemischen Reaktionen, *Z. Phys. Chem. Abt. B19*: p 203.
- [18] GARCÍA-VARCÁRCCEL, A., TEJEDOR-TEJEDOR, F. J., (2011). Variables TIC vinculadas a la generación de nuevos escenarios de aprendizaje en la enseñanza universitaria. Aportes de las curvas roc para el análisis de diferencias. *Educación XXI*, v 14, n 2, p. 43-78.
- [19] COHEN, E. R.; TAYLOR, B. N. The 1986 CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants; <http://physics.nist.gov/PhysRefData>.
- [20] DEMORE, W. B.; SANDER, S. P.; GOLDEN, D. M.; HAMPSON, R. F.; KURYLO, M. J.; HOWARD, C. J.; RAVISHANKARA, A. R.; KOLB, C. E.; MOLINA, M. J. JPL Publication 97-4 1997, Evaluation 12.
- [21] GARCIA, F. (2006) Contenidos Educativos digitales: Construyendo la Sociedad del Conocimiento. *Revista de Tecnologías de la Información y Comunicación Educativas*, n 6. p 1-20. Disponible en: http://reddigital.cnice.mec.es/6/Articulos/pdf/Articulos_1.pdf.
- [22] LOPEZ MOYA, M., (2013). De las TICs a las TACs: la importancia de crear contenidos educativos digitales. *Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*. Barcelona. n. 27, p 1-15.



III CADI
IX CAEDI
2016



APLICACIÓN DE UN JUEGO DE SIMULACIÓN PARA LA MEJORA DE LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

María Betina Berardi, Grupo Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. bberardi@fi.mdp.edu.ar

Marina Migueles, Grupo Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. mmigueles@fi.mdp.edu.ar

Mariela Ambrústolo, Grupo Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. marielaambrustolo@gmail.com

Resumen—

El propósito del presente trabajo se basa en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje del “pensamiento sistémico” a través de la inclusión en la asignatura Gestión de la Calidad de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP de la simulación “El Juego de la Cerveza”.

El juego de la cerveza fue creado por el MIT Sloan School of Management y consiste en una simulación interactiva de un sistema de producción y distribución de cerveza. Dicha simulación muestra a los participantes cómo la inestabilidad y el caos pueden surgir de las decisiones tomadas y la estructura del sistema.

La simulación ofrece a los estudiantes un ambiente seguro en donde experimentar y estar en contacto directo con lo que van a aprender.

Como resultado de la incorporación de la estrategia didáctica los estudiantes pudieron vivenciar la interacción de los elementos de un sistema, entender sus estructuras subyacentes e identificar problemas de aprendizaje organizacional, acercándose de manera gradual y activa al pensamiento sistémico. Mejorando la comprensión de las problemáticas que luego se desarrollan en los sistemas de gestión de la calidad.

Por ello, es muy importante establecer actividades con coherencia e integridad didáctica, que permitan acercar al estudiante al aprendizaje desde distintos enfoques y den lugar a la aplicación de conocimientos adquiridos en situaciones similares a las que se encontrarán en su futuro desempeño profesional.

Palabras Clave: Simulación, Juego de la cerveza, Aprendizaje Pensamiento Sistémico.

1. Introducción

1.1 Pensamiento sistémico y gestión de la calidad

Con los desafíos de la globalización, las empresas requieren mejorar su competitividad y la posibilidad de adaptación rápida a los cambios. Muchas veces las estructuras de gestión existentes no permiten hallar soluciones eficaces. Es por eso que para lograr empresas inteligentes que aprenden a aprender es necesario contar con profesionales que puedan dar estas respuestas y que comprendan a la organización como un sistema.

La gestión de la calidad involucra a toda la empresa en su concepción. El pensamiento sistémico permite ver a la empresa como una totalidad y resulta una herramienta ideal para la

gestión de la Calidad. En consecuencia, la importancia actual que adquiere el pensamiento sistémico es insoslayable si se examina a la luz de cualquier teoría moderna de la gestión de la calidad [1]. Debido a ello, este tema es troncal y transversal dentro de los contenidos del programa de la asignatura Gestión de la Calidad que se desarrollan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Más aún, teniendo en cuenta que es una asignatura obligatoria para estudiantes de Ingeniería Industrial en el último año de cursada (siendo optativa para otras especialidades).

Como se mencionó anteriormente, si bien es un tema importante, así también lo es, la dificultad de comprensión e internalización por parte de los estudiantes evidenciada en el resultado de las evaluaciones. Es por ello que se implementó como recurso didáctico “El Juego de la Cerveza”, para que el estudiante aborde y comprenda los conceptos a partir de la vivencia misma.

A lo largo del trabajo, se desarrollan los lineamientos teóricos que sustentan la elección, la metodología y materiales utilizados, resultados y logros obtenidos en la mejora realizada.

1.2 Los juegos de simulación

La estrategia didáctica elegida para el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje fue el juego de simulación y se fundamenta la selección en las potencialidades de la misma en función del desempeño de los estudiantes.

El juego de simulación de acuerdo con Peleteiro [2]: “(...) tiene por objeto reconstruir una situación concreta según un modelo estructural para que se produzca el aprendizaje de los mecanismos generales que gobiernan esta situación”. Está fuertemente reglamentado y los participantes en el juego no suelen recibir más información que la relativa a las reglas que lo regulan y a los objetivos que se persiguen con dicho juego.

Así mismo, el juego de simulación requiere de una actividad grupal donde las decisiones tomadas por los participantes llevan inmediatamente al premio o castigo por las acciones realizadas.

De igual manera Birnbaum [3] destaca que los juegos de simulación proporcionan al estudiante situaciones prácticas estructuradas para descubrir interacciones significativas que dirigen la focalización de los objetos establecidos.

Esta técnica combina las características de la simulación y de los juegos, imita una parte de la realidad e implica una competencia según Heyman, citado por Castro [4]. Es una actividad que representa a escala la realidad, total o parcialmente, sobre las bases de las decisiones de los jugadores, de acuerdo con Zamora, citado por Castro [4].

Los juegos de simulación han tomado amplia relevancia como técnicas de entrenamiento en las empresas, negocios, ejército y entornos donde se realizan actividades complejas. Estas técnicas proporcionan un ambiente controlado y seguro para practicar y aprender, la conducta de los estudiantes es observada y posteriormente realimentada, de manera de guiar hacia un verdadero aprendizaje [3]. Tal es el caso de los juegos de simulación empresarial, los cuales representan una situación simplificada del mundo de la empresa que permiten a los participantes dirigir la organización y tomar decisiones como si fueran parte de ella durante un determinado período de tiempo [5].

Es esencial que la actividad didáctica vaya acompañada de un cierre final realizado por el profesor, en la que se evalúan las decisiones tomadas, el porqué de ellas, la comprensión del modelo puesto en juego, etc. [2].

El juego de simulación es una estrategia que según Peleteiro [2] permite:

- Convertir a los estudiantes en protagonistas, viviendo la situación en la que están inmersos.
- Apreciar de manera inmediata las consecuencias de las decisiones tomadas.
- Entrenar en el difícil arte de las relaciones personales.

- Despertar interés y motivar el aprendizaje.

El juego de simulación empresarial de acuerdo con Escobar & Lobo [6]:

“(…) es un método docente de especial importancia, sobre todo porque nos permiten acercarnos al alumno a la realidad empresarial, o sea en un área de las ciencias sociales donde como es conocido, ejercitar actuaciones y comprobar sus efectos reales es prácticamente imposible.

El juego de simulación permite fácilmente al estudiante experimentar la complejidad, la duda, el riesgo, la toma de decisiones, potenciando los conocimientos y el entrenamiento en acción, es una ruptura con el modo tradicional de entender el saber [7]”.

1.3 Pensamiento sistémico y el juego de la cerveza

Forrester [8] quien fuera el padre de la dinámica de sistemas analizó de una manera totalmente innovadora las consecuencias de la incertidumbre de la demanda y la forma en que se comportan los controles de las cadenas de suministro a nivel industrial. Lo que él denominó dinámica industrial podía estudiarse empleando las nociones ya conocidas por la teoría general de sistemas, donde se hace hincapié no solamente en los elementos que componen a un sistema sino especialmente en las interrelaciones entre sus componentes y la evolución temporal de las variables clave.

El juego de la cerveza fue creado por profesores del MIT Sloan School of Management a principios de 1960 y consiste en una simulación interactiva de un sistema de producción y distribución de cerveza a lo largo de una cadena constituida por cuatro posiciones: la fábrica, el distribuidor, el mayorista y el minorista [9]. El diseño del juego surgió como una necesidad de llevar a cabo empíricamente y de una manera fácilmente comprensible, tanto para los gerentes como para los estudiantes universitarios de grado y postgrado, las cuestiones abstractas tratadas por la teoría general de sistemas aplicada a las organizaciones, que fuera desarrollada por Forrester [10]. El juego de la cerveza muestra a los participantes de una forma muy eficaz cómo la inestabilidad y un aparente caos pueden surgir a partir de las decisiones tomadas y la estructura del sistema [11].

El juego de la cerveza alcanzó gran popularidad luego de ser incluida su descripción en el libro *La quinta disciplina* [12] que hace un detalle de los tres niveles disponibles para el análisis de toda situación compleja: el nivel reactivo (hechos), el nivel reflexivo (patrones de conducta) y el nivel generativo (pensamiento sistémico). En el nivel inferior de abstracción se halla el pensamiento reactivo, que consiste en la búsqueda de relaciones lineales causa-efecto, con el inconveniente de que uno siempre interpreta lo sucedido desde el punto de vista de los hechos y con escasas posibilidades de modificar de forma deseada el comportamiento futuro del sistema. Un efecto colateral bastante frecuente del pensamiento reactivo en las organizaciones es la búsqueda de culpables, los famosos chivos expiatorios: individuos, grupos o cosas.

Por su parte, el pensamiento sistémico es una disciplina para ver totalidades, que permite concentrarnos en la estructura que subyace en cualquier fenómeno con complejidad dinámica [12]. Es el más alto nivel de abstracción al que se puede aspirar al analizar un sistema dinámicamente complejo, que se puede materializar en modelos matemático-computacionales o, más aménamente, mediante lo que Senge [12] llama el lenguaje de la quinta disciplina: los arquetipos sistémicos. Lo más interesante de la simulación del juego de la cerveza es que reduce la complejidad de detalles a su mínima expresión, al mismo tiempo en que el sistema de distribución en múltiples etapas mantiene los elementos esenciales subyacentes a una estructura dinámicamente compleja: ciclos compensadores, ciclos reforzadores y demoras.

Debido a que el pensamiento reactivo es intuitivo para la mayoría de las personas, el juego parece a primera vista muy simple y fácil de controlar. Luego, el caos de los acontecimientos durante el desarrollo de la simulación provoca un cambio de parecer en los jugadores. Tanto es así, que finalizado el juego, cuando los participantes deben mostrar cómo fue la demanda

de los consumidores, indican un comportamiento muy distinto del que en realidad sucede. Esto pone en evidencia que nuestro pensamiento reflexivo está condicionado por la tendencia que tenemos a centrarnos en los hechos y detalles al momento de analizar e intentar controlar un sistema [13].

Las enseñanzas del juego de la cerveza están relacionadas con las cegueras sistémicas y el comportamiento reactivo de los participantes, que quedan en evidencia por la estructura dinámica que subyace en esta simulación. Podemos enumerar las siguientes de acuerdo con Senge [12]:

- El sistema influye de una manera poderosa sobre nuestro comportamiento, por lo que estructuras semejantes producen resultados similares.
- La mayoría de las personas no tiene en cuenta cómo sus propias decisiones afectan a los demás, problema de aprendizaje organizacional denominado “Yo soy mi puesto” lo cual es reforzado por la sutileza de los sistemas humanos y por la dificultad añadida de que causa y efecto no están próximas ni en tiempo ni en espacio.
- La forma en que se toman las decisiones no tiene en cuenta los múltiples ciclos de realimentación, las demoras y las no linealidades (amplificaciones) del sistema. Operando aquí el problema de aprendizaje “La fijación en los hechos inmediatos”
- El obstáculo al pensamiento sistémico conocido como “Enemigo externo”, echar la culpa a los demás, sólo empeora las cosas.

El juego en sí es un disparador para la fase realmente rica de análisis y discusión [14]. El hecho de que éste fuera muy conocido, posibilitó al equipo docente que resultara relativamente sencillo realizar una propuesta didáctica adaptada tanto a las necesidades como a las condiciones presupuestarias y edilicias con las que se cuentan en una universidad pública. Además, que el libro “La quinta Disciplina” forme parte de las lecturas obligatorias del curso permite convertir una clase teórica en otra práctica y poco corriente. La idea central puede resumirse en el concepto de aprender haciendo. Más allá del aspecto que podríamos llamar lúdico de la fase de realización del juego de la cerveza en sí, la propuesta resulta ser integradora con otras actividades.

El propósito global del presente trabajo se basa en la mejora del aprendizaje del concepto “pensamiento sistémico” a través de la inclusión en la asignatura Gestión de la calidad del juego de simulación “El Juego de la Cerveza”.

2. Materiales y Métodos

Se plantearon diferentes métodos para la utilización de la experiencia de simulación como disparador para un aprendizaje más completo del concepto pensamiento sistémico. A su vez, se implementaron acciones que permitieron evaluar los resultados obtenidos con esta herramienta. Para ello se siguieron las siguientes acciones cronológicamente ordenadas:

- Ejecución de una encuesta de diagnóstico individual de conocimientos previos
- Realización de la simulación del Juego de la Cerveza
- Implementación de un Test individual al finalizar el Juego de la Cerveza
- Dictado de la teoría de Pensamiento sistémico apoyada por la lectura activa de la bibliografía (La Quinta Disciplina)
- Desarrollo de la actividad práctica grupal
- Resolución de un ejercicio de validación (en 2015)

Estas etapas integradas se desarrollaron a lo largo de un periodo de cinco clases de tres horas cada una.

2.1 Muestra

La muestra utilizada para el desarrollo de este trabajo consistió en la totalidad de los estudiantes que cursaron la asignatura Gestión de la Calidad en el primer cuatrimestre del 2008 y 2015. Los mismos se ubicaron en grupos de entre 4 y 6 personas donde cada uno contenía un set de todo el material desarrollado por la cátedra.

2.2 Encuesta de diagnóstico individual de conocimientos previos

El diagnóstico consiste en la realización de una encuesta con el objetivo de medir los conocimientos previos.

La primer parte consta de un caso problema simple donde se desarrolla el mismo, se describen las causas raíces y los síntomas detectados con el fin de que los estudiantes puedan captar la estructura subyacente y el concepto de sistema. La segunda parte evalúa los conocimientos adquiridos por los estudiantes a través del cursado de materias previas, lectura de libros, revistas, búsquedas de Internet, etc. A su vez, se mide la percepción del estudiante sobre su grado de conocimiento sobre el tema.

2.3 Realización de la simulación del Juego de la Cerveza

El juego de la cerveza consiste en una simulación interactiva de un sistema de producción, distribución y venta de cerveza a los consumidores que está compuesto por una fábrica, un distribuidor, un mayorista y un minorista. Se juega sobre un tablero en el que participa un equipo formado por 4-8 integrantes (1 o 2 integrantes por posición). En cada semana, que es un movimiento del juego, cada posición entrega la cantidad de cerveza que se indica en los pedidos realizados por su cliente y hace su correspondiente pedido de cerveza a su proveedor. Por ello, cada posición cumple un doble rol de proveedor y cliente, inclusive la fábrica, cuyos pedidos se llaman órdenes de producción. El flujo global de pedidos (la información), se dirige aguas arriba desde los consumidores hacia la fábrica (Figura 1) y el flujo de cerveza (la materia), es aguas abajo desde la fábrica hacia los consumidores contemplando una demora en cada acción.

El juego comienza en un estado estacionario durante las primeras 4 semanas, donde los pedidos de los consumidores y de las demás posiciones del juego son constantes e iguales a 4 cajas de cerveza por semana. Esto permite que los participantes se familiaricen con la mecánica de los movimientos. En la semana 5, el pedido de los consumidores pasa de 4 a 8 cajas de cerveza semanales y permanece constante a partir de ese momento siendo ésta la única perturbación en el juego.



Figura 1 – Tablero del Juego de la Cerveza

Fuente: Elaboración propia

Como inducción al juego, cada participante recibe una guía de actividades en la que se presenta un texto que explica en qué consiste el trabajo que debe realizar en la posición que ocupa, y se menciona, sin agregar mayores detalles de tipo cuantitativo, un dato que permite estimar que podría haber alguna variación en la demanda de cerveza en el futuro.

La simulación se presenta a los estudiantes como un juego en equipo de tipo cooperativo donde deberán tener el sistema de distribución de menor costo total, aunque están sujetos a la restricción de que no se pueden comunicar e intercambiar información verbalmente con los participantes de las otras posiciones del juego. Además, excepto el minorista, no conocen cómo es semana a semana la demanda real de los consumidores finales. Cada posición tiene un costo asociado a los inventarios de \$0,5 por caja de cerveza por semana y un costo de \$1 por caja de cerveza por semana para los pedidos pendientes (lo cual permite cuantificar el costo que produce la insatisfacción del cliente, de manera tal que puede ser asociado a un costo de la no calidad). Cada movimiento global de todas las posiciones equivale a una semana del juego y los resultados quedan almacenados en el registro semanal que lleva cada posición. Con estos resultados se calculan los costos de cada posición y el costo total del equipo, siempre teniendo en cuenta que los costos son acumulativos en el tiempo. Los datos almacenados en los registros se emplean para graficar la fluctuación de los inventarios y pedidos pendientes, ya que estos gráficos se utilizarán en la clase de análisis y discusión. Por último, y a manera de un ejercicio de retrodicción, todas las posiciones (con excepción del minorista) deben mostrar cualitativamente en un gráfico cómo creen que se comportó la demanda de los consumidores finales durante el desarrollo del juego.

2.4 Test individual

El test individual tiene el objetivo de evaluar cuál fue la repercusión de la realización de la simulación del Juego de la Cerveza, las sensaciones personales, la percepción del desempeño del equipo, sus probables problemas y sus causas.

Esta herramienta ayuda no sólo a la investigación docente desde el punto de vista de la evaluación de la implementación de este ejercicio de juego de simulación sino también a los estudiantes a la reflexión sobre su participación y la de su equipo en el mismo.

2.5 Dictado de la teoría y lectura activa del libro: La Quinta Disciplina

A continuación, la cátedra aborda el pensamiento sistémico a través de clases teóricas basadas en la lectura de la bibliografía tratando de propiciar la lectura activa y trabajos prácticos de aplicación que permitan desarrollar herramientas y actitudes para el pensamiento sistémico.

2.6 Desarrollo de la actividad práctica grupal

La última etapa consta de ejercicios que pretenden que los estudiantes sean capaces de evaluar su desempeño individual y grupal en el Juego de la Cerveza a la luz del contenido teórico previamente estudiado. Y poder explicar así las pautas seguidas y los resultados obtenidos.

Esta actividad también permite a los docentes evaluar el grado de comprensión de los conceptos y el avance respecto a la implementación del juego de simulación.

2.7 Resolución de un ejercicio de validación

En 2015 se incorporó un ejercicio en el primer parcial de características similares que el desarrollado en el diagnóstico individual de conocimientos previos con el objetivo de testear los avances y la comprensión del pensamiento sistémico.

2.8 Materiales empleados en la simulación

Las restricciones de presupuesto y las características de las instalaciones disponibles limitaban las opciones de compra. Por ello se recurrió a un trabajo de adaptación, que se basó principalmente en la publicación de Sterman [10], que contiene una imagen del tablero completo, y material didáctico de gran calidad. Las modificaciones que se realizaron involucraron la traducción del tablero y adaptación de tamaño, introducción de color, y realización de instrucciones.

A su vez, se preparó una presentación visual para explicar los movimientos en el tablero y la guía de actividades que se les entrega a los estudiantes y contiene todo el material necesario:

- Objetivos de la clase y actividades a realizar.
- Instrucciones del juego simplificadas.
- Texto de introducción para cada posición basado en el relato de La quinta disciplina.
- Hojas de registro y gráficos para cada posición y, hojas de resultados del juego.

2.9 Procesamiento de datos del Juego de la Cerveza

Los resultados que se obtienen en el juego de la cerveza son independientes del nivel de educación, sexo, edad y cualquier otro tipo de característica de los participantes [12]. En casi todas las prácticas realizadas a lo largo del mundo se observan fluctuaciones de inventarios y de pedidos. También se observa una amplificación de estas oscilaciones a medida que uno se dirige desde el minorista a la fábrica.

En la bibliografía de Sterman [10] y Senge [12] se informa que el costo total, que es la medida del desempeño del equipo, es de \$2000 en promedio, y no es raro que algunos equipos obtengan costos que superen los \$10000. Muy pocos obtienen menos de \$1000, mientras que el mejor desempeño, usando solamente la información que disponen los participantes tiene un costo total de tan sólo \$200 por equipo. Esto muestra que el costo promedio es superior en un orden de magnitud al óptimo.

Los costos totales se obtienen como la sumatoria de los costos de cada posición: minorista, mayorista, distribuidor y fábrica

Por otro lado, en todas las ocasiones en que se ha jugado esta simulación, se observa un patrón de oscilación en los inventarios y pedidos acumulados. En cuanto a las predicciones, la mayoría de los participantes indican un comportamiento de la demanda de los consumidores similar al observado en sus propios pedidos e inventarios: errático, con oscilaciones que se van amplificando a medida de que nos dirigimos desde el mayorista hacia la fábrica. Todo esto a pesar de que la demanda fue estable durante prácticamente todo el desarrollo del juego.

3. Resultados y Discusión

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante las diferentes etapas de la propuesta didáctica para el aprendizaje del pensamiento sistémico

3.1 Diagnostico Individual de Conocimientos Previos

Los resultados de la resolución del caso problema, determinaron que si bien el 91% en 2008 y el 74% en 2015 de los estudiantes identificaron claramente el problema propuesto, el 63% y el 89% en las respectivas cohortes no pudieron identificar la causa raíz que lo producía o lo realizaron de manera parcial como se muestra en la Figura 2.

Así mismo sólo el 28% en 2008 y el 37% en 2015 de los estudiantes identificaron correctamente la solución fundamental del problema como se observa en la Figura 3.

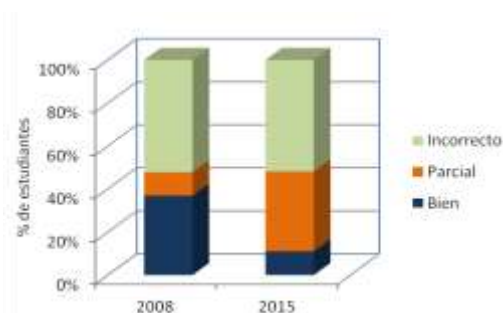


Figura 2 - % de Estudiantes que identificaron la causa raíz del Problema
Fuente: Elaboración propia

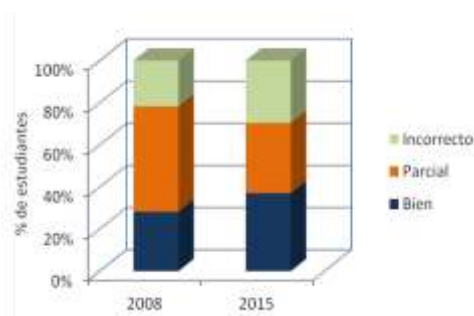


Figura 3 - % de Estudiantes que identificaron la solución fundamental del Problema
Fuente: Elaboración propia

La encuesta realizada en esta fase mostró que los estudiantes conocían la temática de otras asignaturas de la carrera, sin embargo el 81% en 2008 y el 85% en 2015 de los encuestados manifestó tener entre un bajo y ningún conocimiento acerca del pensamiento sistémico.

De lo expuesto anteriormente, se evidencia que un porcentaje importante de estudiantes no reconoce a priori las interrelaciones y estructuras que subyacen a la complejidad de los detalles en el caso planteado. Consecuentemente buscan dar respuesta a los síntomas del problema, proponiendo soluciones de bajo apalancamiento que producen una mejora temporaria en la situación problemática.

3.2 Realización del juego de la cerveza

Una variable importante de análisis en esta etapa es el costo total del equipo. En la Figura 4 se observa que las dos cohortes tienen un resultado mayor que los costos totales promedios obtenidos en otras experiencias a nivel mundial.

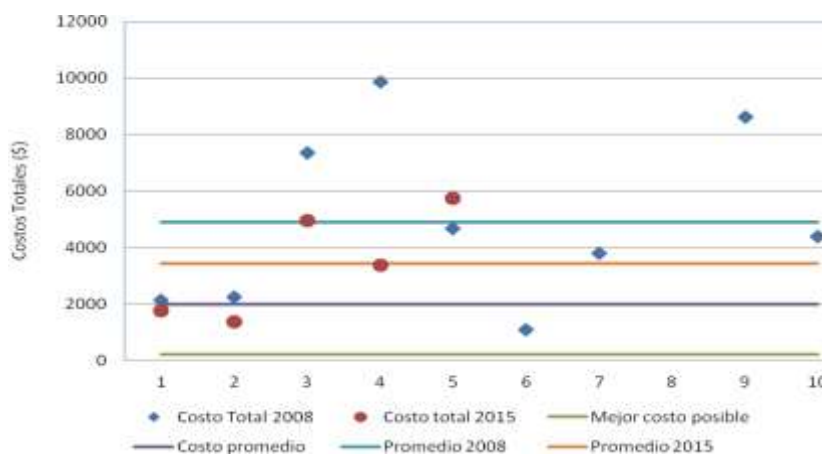


Figura 4 - Costo Total del Juego de la Cerveza
Fuente: Elaboración propia

Esta situación permitió evidenciar dos aspectos interesantes:

- La replicabilidad del juego en nuestra aula con patrones y resultados similares a los obtenidos en otras prácticas (costos totales elevados) producto de la fuerte incidencia de la estructura del juego, que domina la conducta y los resultados de los participantes.
- Una carencia de conocimientos sistémicos de los estudiantes antes de realizar el juego, que refuerza lo analizado en la primera etapa de la propuesta didáctica.

Además del desempeño del juego es imprescindible estudiar la percepción de la demanda del cliente externo. Del análisis de los gráficos realizados por los equipos al finalizar el juego, se evidenció que la mayoría de los equipos tiene una percepción de que la demanda aumenta abruptamente y luego desciende, permaneciendo constante. Ésta percepción errónea sobre la demanda (que sólo se escalona al doble en la semana 5) es una consecuencia que surge de la estructura misma del juego (limitación en la comunicación verbal y las demoras en la entrega de los pedidos) reforzada por la carencia de conocimientos sistémicos de los estudiantes.

En la mayoría de los grupos se observan picos de pedidos acumulados que luego se convierten en grandes inventarios. Estos picos se van desfasando en las semanas a medida que avanzamos del minorista a la fábrica observándose el efecto látigo y un crecimiento de amplitud en la misma dirección.

3.3 Test individual al finalizar el Juego de la cerveza

Los resultados de la autoevaluación en el desarrollo del juego, expuestos en la Figuras 5, muestran que los estudiantes reconocen haber jugado cuidando su posición únicamente. Este hecho refiere a uno de los principales problemas de aprendizaje organizacional propuesto por P. Senge “Yo soy mi puesto”. En donde cada integrante se concentra en su posición y no considera los resultados globales que se generan cuando interactúa con las diferentes posiciones del juego. Sin embargo, y a pesar de que se observa que un alto porcentaje de participantes dice haber actuado cuidando su posición y el desempeño global del equipo especialmente en 2008, los resultados de la etapa anterior reflejados en los costos, no se condicen con esta percepción.

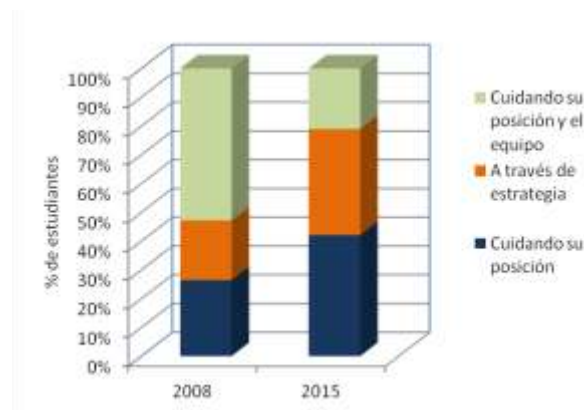


Figura 5 – Actitudes Individuales en el desarrollo del juego (Global)

Fuente: Elaboración propia

Otro de los aspectos evaluados es cómo cada posición piensa que actuaron las demás. En la Figuras 6 se observa que la percepción en las posiciones involucra un porcentaje considerable en la actitud de jugar teniendo en cuenta su posición únicamente entre un 40 y 50% de los participantes según el año.

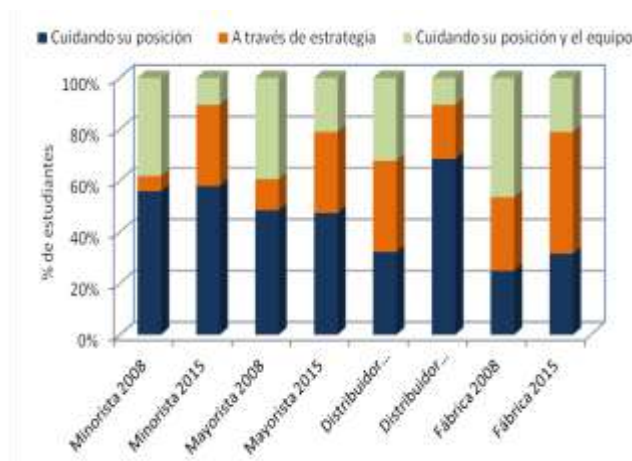


Figura 6 – Percepción de la actitud de las posiciones en el desarrollo del juego (Discriminado)

Fuente: Elaboración propia

Esto pone de manifiesto que cada posición percibe a las demás como causantes del bajo desempeño global, hecho que se puede complementar con los resultados mostrados en la Figura 7:

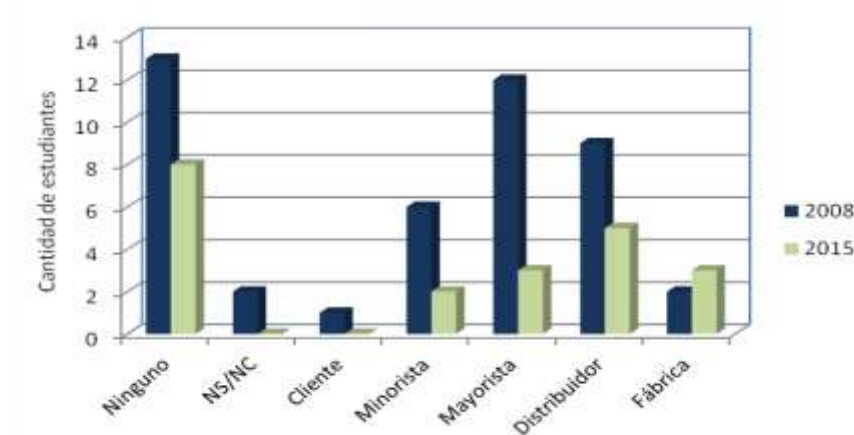


Figura 7 – Opinión sobre el Principal culpable del desempeño del equipo

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que casi el 30% señala que no hay culpables, los resultados de la Figura 7 señalan que un porcentaje mayor piensa que la culpabilidad se reparte principalmente entre el mayorista, distribuidor y minorista. Estos hechos ponen en evidencia otro problema de aprendizaje organizacional, conocido como “el enemigo externo”. Los participantes en general buscan culpables y hacen responsables del bajo desempeño a su antecesor en la cadena de distribución.

En la Figura 8 se representa la sensación personal de los participantes durante el desarrollo del juego y en la Figura 9, el porcentaje de posiciones (minorista, mayorista, distribuidor, fábrica) que aseguran haber mantenido el control en el juego.

Los resultados que se desprenden de la Figura 8 señalan que la mayoría de los participantes sintieron que se encontraban a merced de los acontecimientos, no pudiendo llevar a buen término sus estrategias de juego. La alta sensación de descontrol y frustración al presionar al sistema (haciendo pedidos para equilibrar la demanda y la demora) produjo resultados aun más negativos (pedidos acumulados sin satisfacer en un principio y finalmente altas existencias en los inventarios).

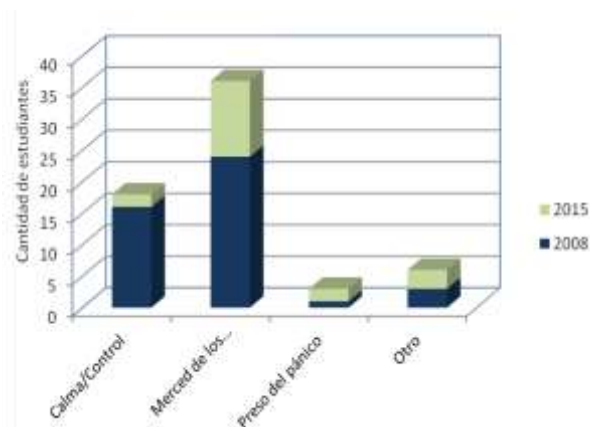


Figura 8 - Sensación personal de los participantes
Fuente: Elaboración propia

La figura 9 nos da un resultado coherente con la estructura del juego ya que el mayor % de las posiciones que mantuvieron calma y control en el transcurso del juego está representado en un 40% por el minorista que es quien conoce en todo momento la demanda del cliente. En el año 2015 no hay datos significativos de este ítem.



Figura 9 - Posiciones que mantuvieron Calma/Control Año 2008
Fuente: Elaboración propia

Si bien un gran porcentaje de los participantes en las dos cohortes dice ser consciente de que sus decisiones influyen sobre las acciones y decisiones de los demás los resultados vistos anteriormente y principalmente los de la Figura 10, indican una clara respuesta a la fijación de los hechos inmediatos (problema de aprendizaje organizacional)

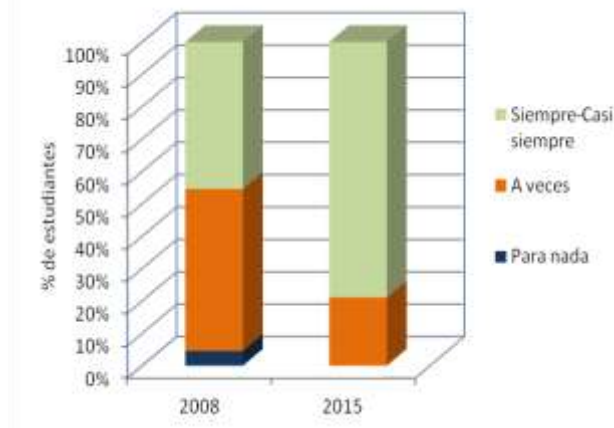


Figura 10 - % de participantes que se concentraron en los hechos inmediatos
Fuente: Elaboración propia

Las posiciones dan respuestas a lo que pueden ver (pedidos de sus clientes) y no a los patrones que subyacen a los hechos y las causas que lo producen, hecho que se refuerza con los resultados de los costos totales y que resalta la importancia del pensamiento sistémico.

3.4 Actividad Práctica Grupal

En esta etapa, los estudiantes pudieron identificar y correlacionar fácilmente los principales problemas de aprendizaje organizacional y las leyes de la Quinta Disciplina que operaron en el juego.

Los principales problemas de aprendizaje que se sucedieron y que fueron reconocidos fueron el “enemigo externo” (búsqueda de culpables) y “yo soy mi puesto”.

En cuanto a las principales leyes operantes reconocidas en el juego son:

- “No hay culpa”: cada posición considera que los problemas son generados por las otras posiciones, sin poder diferenciar que la causa se debe al propio sistema.
- “El camino fácil lleva al mismo lugar” y
- “La cura puede ser peor que la enfermedad” donde los jugadores al tratar de satisfacer los pedidos acumulados y sus inventarios vacíos, hacen pedidos cada vez más grandes, sin considerar la demora pautada por el juego. Cuando toda la cerveza llega, se produce un sobredimensionamiento del stock en cada posición y el deterioro en toda la cadena.

En las dos cohortes se pudieron ver estas leyes y otras que surgen como secundarias como puede ser “Los problemas de hoy derivan de las decisiones de ayer” y “la conducta mejora antes de empeorar”.

Por último, en la Figura 11 vemos las ventajas obtenidas por los estudiantes mediante esta herramienta didáctica propuesta. Principalmente las actividades les permitieron ver cómo las decisiones individuales afectan a los demás integrantes de un sistema. Entre otras ventajas se rescatan el conocimiento del desempeño de una cadena de producción-distribución, la relevancia de las comunicaciones dentro de un sistema y la importancia del pensamiento sistémico mediante la vivencia propia al formar parte del mismo y enfrentarse a ciertos problemas ya pautados en la estructura del juego.

Finalmente la etapa de la actividad práctica grupal nos permitió constatar la comprensión de los estudiantes y la ventaja de esta metodología didáctica de enseñanza aprendizaje.

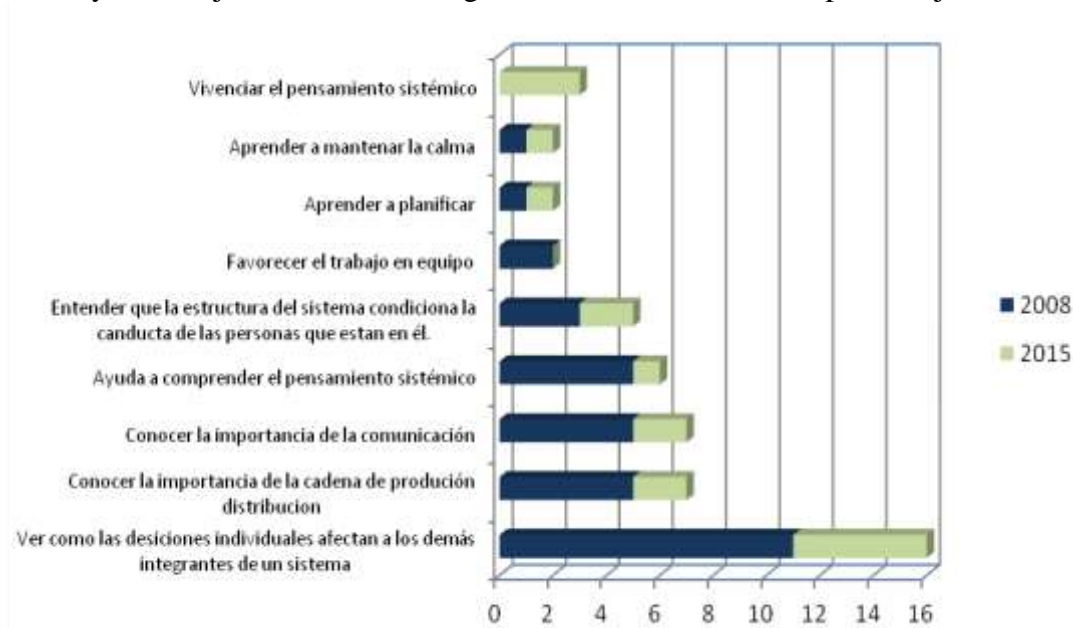


Figura 11 - Ventajas obtenidas por los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

En el año 2015 se pensó en un ejercicio de validación que permitiera corroborar los resultados de la estrategia didáctica en la etapa final de evaluación y de ser necesario establecer nuevos lineamientos o mejoras. En esta instancia se planteó a los estudiantes un caso de estudio de características similares al resuelto en el diagnóstico individual.

En los resultados del mismo se encuentra que casi la totalidad de los estudiantes detectaron correctamente el problema siendo el porcentaje correcto un 84%, la mayoría de los mismos detectaron correctamente la causa raíz como se muestra en la Figura 12 y se mejoró la detección del punto de apalancamiento que generaría la solución fundamental como se observa en la Figura 13.

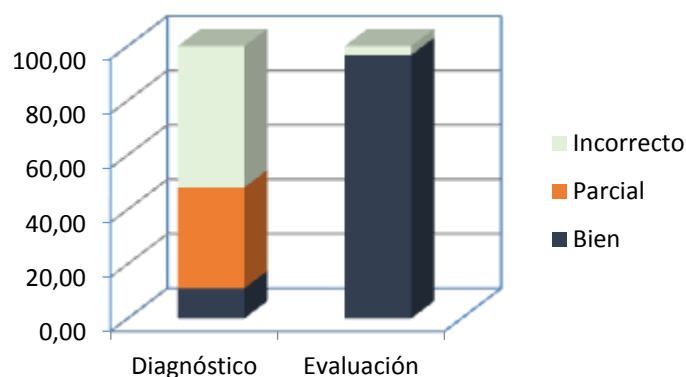


Figura 12 – Identificación de la causa principal del problema
Fuente: Elaboración propia

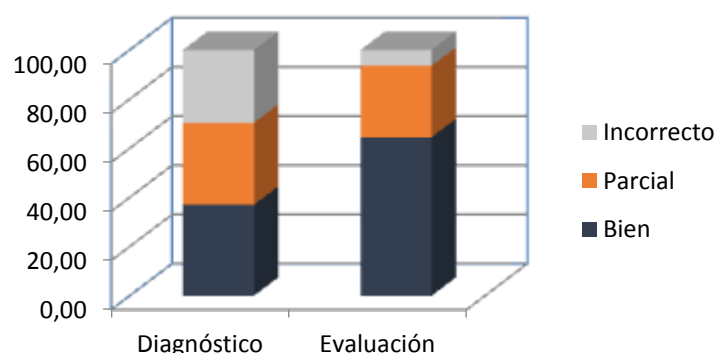


Figura 13 – Identificación de la solución fundamental del problema
Fuente: Elaboración propia

De esta forma se evidencia una mejora en la comprensión del pensamiento sistémico y en la adquisición de habilidades y competencias para la resolución de situaciones problemáticas.

4. Conclusiones

El equipo docente cree que la originalidad de la propuesta se basa en los aspectos que se consideran innovadores y se describen a continuación.

Aplicación de un juego de simulación como herramienta didáctica dirigida hacia estudiantes de ingeniería dentro del marco de una asignatura de grado en una universidad pública de Argentina e integrado a la planificación de aquella. La mayoría de los casos encontrados en la fase de búsqueda refieren a la utilización del juego de la cerveza en universidades extranjeras

angloparlantes o en cursos de perfeccionamiento, de postgrado y otros, que en su mayoría son arancelados y están dirigidos a profesionales y gerentes.

Utilización de una herramienta didáctica de simulación en un curso de gestión de la calidad. En casi todos los casos evaluados, el juego de la cerveza fue aplicado a cursos de logística, dinámica de sistemas o administración. Debido a que el pensamiento sistémico forma parte del eje troncal de conceptos necesarios para entender las teorías modernas de la gestión de la calidad [1] se considera que su aplicación didáctica va más allá de los usos tradicionales de los cuales ha sido objeto hasta ahora.

Integración de la clase del juego con la lectura del libro *La quinta disciplina* de Peter Senge [12] realizando el juego de la cerveza antes de que los estudiantes comiencen la lectura obligatoria del libro de Senge genera una sinergia en el aprendizaje. Primero participar del juego de simulación y luego leer el relato del juego de la cerveza y los conceptos de pensamiento sistémico del libro no solamente enriquecen la lectura, sino que potencian el interés de los estudiantes al verse plasmadas en el texto sus propias experiencias.

El equipo docente ha trabajado con esta estrategia didáctica desde el año 2008 y ha seguido observando sus resultados positivos en la generación de un aprendizaje significativo en los estudiantes. En el año 2015 se re-validó la estrategia y los resultados obtenidos han demostrado la vigencia de la misma.

Respecto de los resultados obtenidos por los estudiantes, se evaluó que los mismos pudieron comprender:

Las barreras de aprendizaje organizacional y su forma de actuar al quedar plasmadas en el juego de la cerveza.

- Los mecanismos y componentes del pensamiento sistémico
- Las lecciones individuales obtenidas en la simulación que les permiten sentar las bases para un conocimiento más amplio del pensamiento sistémico y la complejidad dinámica de una manera gradual y más activa

En especial, en un momento donde la complejidad cada vez mayor de la realidad con que se enfrentarán nuestros estudiantes en las organizaciones modernas, como futuros profesionales de la ingeniería, hace que resulte imprescindible dotarlos con una formación integral que supere los aspectos técnicos inherentes a la educación en sus especialidades y presente formas de pensar alternativas [15]. Es indispensable que dicha educación también les permita tener una visión sistémica de esa realidad y que les aporte las herramientas necesarias para poder analizar la estructura de los sistemas (y no meramente enfocarse en los hechos) a la hora de enfrentar situaciones con complejidad dinámica: allí donde la estructura del sistema y nuestro comportamiento están íntimamente interrelacionados [13].

El hecho de que el juego de simulación brinde un ámbito seguro en donde poner en acción los conceptos involucrados para luego analizar de manera sistémica lo ocurrido, permite establecer un puente entre la teoría y la práctica. La simulación por sí sola es insuficiente: simplemente con jugar no se aprende, o lo que es lo mismo, la mera experiencia no alcanza para ser considerada verdadero aprendizaje [12]. Por ello, es muy importante establecer actividades con coherencia e integridad didáctica, que permitan acercar al estudiante al objetivo del verdadero aprendizaje desde distintos enfoques y den lugar a la ocasión de poder aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones similares a las que se encontrarán en su futuro desempeño profesional.

5. Referencias

[1] STERMAN, J. D., REPENNING, N. & KOFMAN, F. (1997). Unanticipated Side Effects of Successful Quality Programs: Exploring a Paradox of Organizational Improvement. *Management Science*, 43(4), 501-521.

- [2] PELETEIRO, M. R. (2006). El juego en la Educación Ambiental. Aula verde, 30, 12-13. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/aula_verde/av30.pdf
- [3] BIRNBAUM, R. (1982). Games And Simulation In Higher Education. Simulation & Games, 13 (1), 3-11.
- [4] CASTRO, S. (2008). Juegos, simulación, simulación y juego y los entornos multimediales en educación, ¿mito o potencialidades? Revista de Investigación, 32(65). Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142008000300011&lng=es&nrm=iso
- [5] HACER, J.W. (1960). Business Games. A Simulation Technique. Iowa City: State University of Iowa .
- [6] ESCOBAR, B. & LOBO, A. (2005). Juegos de simulación empresarial como herramienta docente para la adaptación al espacio europeo de educación superior: experiencia en la diplomatura en turismo. Cuadernos de Turismo, 16, 85-104. Recuperado de revistas.um.es/turismo/article/download/18381/17741.
- [7] ARRANZ BELTRÁN, E. (1996). Educar en la no violencia. Madrid. Recuperado de <https://pazuela.files.wordpress.com/2010/10/educar-en-la-noviolenia.pdf>
- [8] FORRESTER, J. W. (1958). Industrial dynamics – a major breakthrough for decision makers. Harward Business Review, Julio-Agosto.
- [9] STERMAN, J. D. (1984). Instructions for running the Beer Distribution Game D-3679, Systems Dynamics Group, MIT, E60(383).
- [10] STERMAN, J. D. (1992). Teaching Takes Off - Flight Simulators for Management Education. "The Beer Game". OR/MS Today, Octubre.
- [11] STERMAN, J. D. (1989). Modelling managerial behaviour: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. Management Science, 35 (3).
- [12] SENGE, P. (1994). La quinta disciplina – El arte y la práctica de las organizaciones que aprenden. Buenos Aires: Granica.
- [13] SENGE, P. Y STERMAN, J. D. (1992). Systems Thinking and Organizational Learning: Acting Locally and Thinking Globally in the Organization of the Future. European Journal of Operational Research, 59, 137-150.
- [14] GRAHAM A. K., MORECROFT, J. D., SENGE, P. M. & STERMAN, J. D. (1992). Model Supported Case Studies for Management Education. European Journal of Operational Research, 59, 151-166.
- [15] GOODWING, J. & FRANKLING, S. (1994). The beer distribution game: using simulation to teach systems thinking. Journal of Management Development, 13 (8), 7-15.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
ROSARIO



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EL MÉTODO DE ESTUDIO DE CASOS: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA INTERDISCIPLINARIA PARA LA INCORPORACIÓN DE LA COMPONENTE AMBIENTAL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Liliana Ferranti, UTN Facultad Regional Rosario, lberranti@live.com

Jorge Orellana, UTN Facultad Regional Rosario, jorellana@frro.utn.edu.ar

Daniel Gutiérrez, UTN Facultad Regional Rosario, ingddgutierrez@gmail.com

Resumen— La problemática de la educación ambiental ha cobrado particular auge, en especial luego de que las Naciones Unidas designaran al período 2005-2014 como Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible, con el objetivo de promover principios, valores y prácticas educativas orientadas a preservar el futuro de la humanidad. La universidad juega un rol fundamental en la construcción de un desarrollo social y tecnológico sustentable. En ese marco, adoptar un enfoque ambiental en la formación de los ingenieros parece ser una exigencia insoslayable.

Los múltiples intentos realizados en ese sentido muestran resultados disímiles, pero parecen indicar que la clave está en la cuestión metodológica: una enseñanza activa y participativa, que provea a los alumnos de marcos referenciales para actuar en contextos reales, los prepare para tomar decisiones profesionales basadas en criterios técnicos y éticos, y les ayude a comprender la complejidad de los problemas que van a desafiar, considerando a las personas y comunidades, exige un abordaje interdisciplinario y ha sido evaluada como más eficaz.

Este trabajo presenta una propuesta orientada a apoyar la formación ambiental en la carrera de ingeniería civil basada en esos principios: el estudio de casos. Se exponen la fundamentación, los criterios aplicados y los primeros resultados de esta experiencia pedagógica, en el marco de un proyecto de investigación desarrollado entre cinco facultades de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina).

Palabras clave— *Formación ambiental, ingeniería civil, estrategias metodológicas, estudio de casos.*

1. Introducción

Las Naciones Unidas designaron al período 2005-2014 como el Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), bajo coordinación de la UNESCO con el objetivo de promover principios, valores y prácticas educativas orientadas a preservar el futuro de la humanidad; este desafío ha convocado a instituciones educativas de todos los niveles y de todas partes del mundo y generado compromisos ineludibles entre los responsables de la conducción de tales centros, pero indudablemente esta demanda ha interpelado fuertemente a las universidades quienes, por la complejidad de sus funciones y la responsabilidad social que les compete, son garantes de la formación de profesionales cuyas decisiones afectarán dicho futuro.

La ingeniería es, por naturaleza, una profesión de alto impacto en la vida social y comunitaria, por ello se encuadra dentro de las carreras de interés público según lo determina el artículo 43 de la Ley 24.521, en función de que su ejercicio puede poner en riesgo de modo directo la salud, la seguridad y los bienes de los habitantes, por ello, sus planes de estudio y la determinación de las actividades profesionales reservadas son regulados por el Ministerio de Educación en acuerdo con el Consejo de Universidades (Resolución ME 1232/01). El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI) [1] en el año 2006, definió con precisión las competencias tecnológicas pero también las competencias sociales, políticas y actitudinales que debe lograr un estudiante de ingeniería al graduarse; entre estas últimas, resulta significativa la mencionada en octavo término, que establece: “actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global”, lo que desde lo declarativo implica un aval al enfoque del desarrollo sostenible en el proceso formativo de los ingenieros; no obstante, el desafío mayor se encuentra en la implementación de propuestas pedagógicas que posibiliten su logro.

En este contexto, docentes e investigadores que desarrollan sus tareas en la carrera de Ingeniería Civil de diversas facultades de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) se han sentido especialmente interpelados por esa problemática: los ingenieros civiles son, esencialmente y sin desmedro de los atributos que tradicionalmente se le reconocen, profesionales promotores del desarrollo; en tal carácter, su actividad profesional tiene un fuerte impacto, positivo y/o negativo, sobre el territorio y el ambiente, y por ende sobre las personas y comunidades. Con esta inquietud, y en un intento por articular docencia e investigación, se formuló el proyecto “Estrategias didácticas y metodológicas para transferir saberes ambientales en la formación del Ingeniero Civil de cinco facultades de la UTN” (Código 25/JM01; Disposición SCTyP N° 272/13) cuyo objetivo principal fue “evaluar y diseñar estrategias pedagógicas de gestión formativa ambiental conformadas bajo principios asociativos, interdisciplinarios y participativos” para las carreras de grado de Ingeniería Civil de las Facultades que participan del mismo.

1.1. La perspectiva ambiental en la carrera de Ingeniería Civil de la UTN

La primera etapa del proyecto permitió efectuar un diagnóstico de la situación en que se encontraban las carreras de Ingeniería Civil de las cinco facultades participantes (ubicadas en las ciudades de Buenos Aires, General Pacheco, Bahía Blanca, Mendoza y Rosario) con respecto a la inclusión de la problemática del cuidado del ambiente. Para ello se analizaron los contenidos de las asignaturas que componen la malla curricular de la carrera y se encuestó a alumnos y docentes. Se llevó a cabo una investigación documental que incluyó por una parte el análisis de los contenidos mínimos de las 40 materias que componen el Diseño Curricular de la Carrera, aprobado para todas las Facultades de la UTN por Ordenanza del Consejo Superior N° 1.030/04, siguiendo la normativa emanada del Ministerio de Educación de la República Argentina (Resolución Ministerial N° 1.231/01) y, por otra, el estudio de los Programas Analíticos de cada asignatura presentados por los profesores titulares de las mismas. Esto permitió efectuar un análisis comparativo de la incorporación del tema ambiental tanto a nivel de lo prescripto como de lo actuado.

Dicho análisis fue complementado con un trabajo de campo dirigido a obtener información acerca de las opiniones y percepciones de los actores institucionales más directamente involucrados en la problemática: docentes y alumnos de la carrera. Para ello se aplicó un cuestionario estructurado a los docentes responsables de materias específicas de la formación profesional (mayoritariamente Tecnologías Básicas y Aplicadas) y se realizó una entrevista a los profesores que incluían el tema ambiental en los programas de sus asignaturas,

seleccionados según criterios de disponibilidad y accesibilidad. Paralelamente se encuestó a través de un cuestionario semiestructurado a alumnos cursantes de 1° y 2° año, con el objetivo de indagar sus ideas previas acerca de la importancia de la formación ambiental en la carrera y a estudiantes de 4° y 5° año, a fin de conocer sus percepciones con respecto a la formación recibida en el campo ambiental, así como sus propuestas de mejora en tal sentido.

Del estudio realizado se desprendió que en la carrera de Ingeniería Civil de las cinco Facultades, según lo detallado en los programas analíticos de las asignaturas, alrededor del 28% de las Materias Troncales incluían contenidos ambientales, mientras que en las Materias Electivas este porcentaje se elevaba al 55%. Esta situación puso de manifiesto la flexibilidad del diseño curricular que, a través de las materias electivas, permite incorporar diversas propuestas en función de las demandas y necesidades; no obstante al analizar la inclusión de temas ambientales en los contenidos mínimos definidos en el diseño curricular sólo se hallaron referencias claras en 6 asignaturas troncales, lo que marca una debilidad intrínseca en el curriculum prescrito en relación con el tema en cuestión.

Las encuestas de opinión de los estudiantes evidenciaron que la gran mayoría percibe que su formación en cuestiones ambientales sólo se ha dado a través de contenidos parciales y específicos, sin lograr un cambio en la perspectiva global acerca del problema; a su vez, mencionaron como necesario el desarrollo de temáticas especializadas (mayoritariamente materiales, residuos e impacto ambiental) y expresaron preferencia por la incorporación de materias especializadas dentro del plan de estudios y de contenidos ambientales en los programas de las asignaturas actuales, dejando en segundo término instancias de formación complementaria, lo que puede entenderse como una valoración de la educación ambiental dentro de la carrera.

A su vez los docentes también consideraron muy importante incorporar esta perspectiva en la actividad profesional; el 88 % expresó la necesidad de actualizarse para implementar dicho enfoque y en la misma proporción la importancia de trabajar en red con otros docentes e instituciones. En relación con las prácticas pedagógicas, se advirtió una multiplicidad de metodologías para enseñar y evaluar estos contenidos, así como variedad de enfoques en la bibliografía utilizada lo que comprobó diversidad de criterios y la ausencia de líneas de trabajo consensuadas dentro de las posibilidades que brinda la libertad de cátedra. Resultó particularmente llamativa la referencia al empleo de métodos basados fundamentalmente en búsqueda, transmisión o análisis de información y la escasa o nula mención de metodologías activas y participativas.

Como consecuencia de este diagnóstico inicial se consideró necesario diseñar planes de acción destinados a la formación y el perfeccionamiento de los profesores, actores principales en la construcción de un rol profesional de alto impacto sobre la preservación de la vida y el medio ambiente. En tal dirección y en el marco del proyecto, se delinearon y aplicaron instancias de actualización y perfeccionamiento docente (jornadas de trabajo a nivel de cada facultad regional, encuentros entre las facultades participantes y un seminario de capacitación docente desarrollado a través del sistema de videoconferencia) que permitieron unificar criterios de acción y confirmaron la necesidad de focalizarse en el estudio de estrategias de enseñanza que permitieran transferir eficazmente los saberes ambientales al aula.

1.2. La formación ambiental y la EDS en la enseñanza de la ingeniería: algunos antecedentes

Existen interesantes experiencias sobre la formación de los ingenieros en materia de sostenibilidad en varias universidades, principalmente europeas, como la Universidad Politécnica de Cataluña (España) y la Universidad de Tecnología de Delft (Holanda).

También sobresalen los resultados alcanzados por la Universidad Tecnológica de Sidney y otras universidades australianas.

La Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) se ha distinguido por la aplicación de metodologías de aprendizaje basadas en la investigación y la innovación, promoviendo la participación de los alumnos en proyectos que refuerzan los atributos y las competencias de sostenibilidad en su formación ingenieril, así como su motivación y grado de involucramiento en la solución de los problemas (Martínez et al.) [2].

La Universidad de Tecnología de Delft (DUT) ha considerado el enfoque de la sostenibilidad en la enseñanza de las ingenierías de una manera singular: comienza por el diseño y la implementación de un curso dirigido a todos sus estudiantes, denominado *Tecnología para el Desarrollo Sostenible*; continúa con la introducción de la dimensión de la sostenibilidad en todas las disciplinas regulares que se imparten, de forma tal que exista una transversalidad con los contenidos propios y específicos de cada asignatura o curso; y finalmente, deja abierta la posibilidad para cada estudiante de alcanzar una especialización en desarrollo sostenible al graduarse con el plan básico de su facultad (Kamp) [3].

Por su parte, la Universidad Tecnológica de Sydney involucra a sus estudiantes con la sostenibilidad mediante el ejercicio de una discusión inicial sobre su futura profesión, combinando paulatinamente el vínculo entre la sostenibilidad y los problemas técnicos asociados a la rama en cuestión, considerando además la dimensión ética para la adopción de decisiones ingenieriles y su estrecho vínculo con los impactos sociales (Bryce et al.) [4]

En esta línea, la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE) [5] aprobó por unanimidad la propuesta para la creación del Grupo de Trabajo de la para la Calidad Ambiental y el Desarrollo Sostenible, cuyos propósitos son fomentar las iniciativas relacionadas con la prevención de riesgos, la gestión, participación y sensibilización ambiental en las Universidades, así como la cooperación interuniversitaria en estas materias. En este contexto este Grupo elaboró una serie de directrices cuya última actualización data de 2012, con el objetivo de que se tuvieran en cuenta para el diseño y desarrollo de las actividades tendientes a la introducción de la Sostenibilidad en el currículo.

Díaz Duque [6] a través de una investigación realizada en Cuba, concluyó en la necesidad de un cambio de paradigma en las instituciones universitarias dedicadas a la formación de sus ingenieros, conducente a una actuación profesional consciente y consecuente con los problemas del desarrollo sostenible que afronta cada país y región. Para el autor, resulta un imperativo instrumentar e implementar lo que denomina “diez exigencias de la sostenibilidad para las ingenierías”, que a su criterio sólo puede lograrse desde la formación universitaria.

Éstas y otras experiencias desarrolladas en diversas partes del mundo han generado un amplio consenso acerca de que la inclusión y el dominio de conocimientos ambientales específicos en un trayecto formativo no son suficientes para asegurar el logro de las metas buscadas en EDS; los contenidos constituyen sin duda la base indispensable, pero para tomar decisiones profesionales acordes a los principios del desarrollo sostenible, hacen falta otras competencias vinculadas a lo que podríamos denominar *aprendizaje social*. Hablar de aprendizaje social remite a enfocar los contenidos teniendo en cuenta el contexto, los asuntos internacionales y las prioridades locales y fundamentalmente desarrollar la capacidad para tomar decisiones considerando a la comunidad, y no sólo en base a criterios estrictamente técnicos.

Wals y Jickling [7] afirman que la sostenibilidad es un fenómeno complejo, por lo que su inclusión en educación debe ser interdisciplinaria, sistémica y holística, abarcando cognición, emoción y acción, lo que en lenguaje pedagógico refiere a conocimientos, actitudes y habilidades. Proponen privilegiar la integración teoría-práctica trabajando sobre situaciones

reales, no con el objetivo de encontrar recetas perfectas para solucionar los problemas sino con el fin de promover la creatividad, el compromiso y los aprendizajes experienciales.

Específicamente la UNESCO sostiene que la EDS exige métodos participativos de enseñanza y aprendizaje que motiven a los alumnos y les doten de autonomía, a fin de cambiar su conducta y facilitar la adopción de medidas en pro del desarrollo sostenible, lo cual supone “cambios de gran calado en los métodos pedagógicos que se aplican actualmente”[8]. Entre las conclusiones a las que se arribaron en los talleres desarrollados en la fase preparatoria de la Conferencia Mundial sobre Educación para el Desarrollo Sostenible (Bonn, Alemania, 2008) se destacan la relación entre la EDS con sistemas complejos de pensamiento y aprendizaje, la formación de valores y actitudes, la formación de un pensamiento esencialmente científico, la apertura al pensamiento intuitivo, la creatividad, la consideración de las necesidades de diversos agentes sociales, de los diversos contextos y la enseñanza transdisciplinaria.

Los lineamientos actuales proponen aplicar modos y métodos de enseñanza que tiendan a una formación transdisciplinaria, y al desarrollo de habilidades metacognitivas, más que acumulaciones de conocimientos de hechos. Torres Pernalet [9] en una excelente revisión de buenas prácticas en EDS describe las propuestas metodológicas que se han reportado como exitosas en universidades del mundo entero y destaca, entre las más frecuentemente recomendadas, el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje orientado a proyectos (POL), el aprendizaje basado en casos y otros con igual potencial

En la misma línea Ferrer y col [10] sostienen que para que las universidades puedan llevar adelante una educación para la sostenibilidad se impone por una parte, utilizar métodos de enseñanza interactivos y participativos, que permitan el desarrollo de un pensamiento crítico a través de la reflexión y el estudio de situaciones sociales reales, y por otra, fomentar el abordaje interdisciplinario de tales problemas tanto en la docencia como en la investigación. Sin embargo advierten que al adoptar tales estrategias pueden surgir barreras entre las que se destaca la resistencia al cambio, propia de las instituciones educativas, que involucra tanto a las estructuras de gobierno y gestión como a las cátedras y profesores que tienden a cristalizarse en prácticas y hábitos desarrollados a lo largo de los años. Esta resistencia suele ser bastante marcada en el caso de la enseñanza de la ingeniería, lo que podría explicarse a través de un fenómeno descrito por Wassermann [11]. La autora refiere las conclusiones expuestas por Greenwald en su ensayo «Teaching Technical Material», quien luego de un minucioso estudio comprobó que los cursos técnicos suelen requerir modos de razonamiento que no son naturales ni intuitivos y, por consiguiente, los docentes tratan de facilitar la comprensión de esos temas *dictando clases*, es decir, presentando información clara y cuidadosamente organizada en un aula estrictamente controlada. Sin embargo, a partir de su experiencia, sugiere que el enfoque que se inclina por la discusión es más eficaz, en especial cuando los estudiantes deben aplicar sus conocimientos técnicos a problemas prácticos.

En consonancia con estas tendencias y de acuerdo con las características de regionalización y flexibilidad de los diseños curriculares de las carreras de ingeniería de la UTN, se propuso adoptar en el marco del proyecto de investigación, la metodología de estudio de casos (MEC) a modo de experiencia piloto.

1.3. El método de estudio de casos como estrategia didáctica para la formación ambiental en la carrera de ingeniería civil

La bibliografía sobre los fundamentos teóricos del MEC es abundante, no obstante consideramos necesarias algunas breves puntualizaciones. En este trabajo nos referiremos al

estudio de casos como una estrategia didáctica, entendiendo que la misma comprende los métodos, las técnicas y los procedimientos favorecedores del aprendizaje, es decir, todos aquellos enfoques y modos de actuar que hacen que el profesor dirija con pericia el aprendizaje de los alumnos (Carrasco) [12]. Si se considera a la palabra “caso” en su sentido amplio, en la educación siempre se lo ha utilizado como sinónimo de ejemplo o problema práctico. En su acepción más estricta, como una verdadera estrategia para facilitar el aprendizaje, el caso se comienza a utilizar en Harvard, en el programa de Derecho, hacia 1914. El “Case System” pretendía que los alumnos del área de leyes buscaran la solución a una historia concreta y la defendieran, pero es hacia 1935 cuando el método cristaliza en su estructura definitiva y se extiende, como metodología docente, a otros campos. Desde esta perspectiva, consiste precisamente en proporcionar una serie de situaciones que representen problemáticas diversas de la vida real para que se estudien y analicen. Específicamente, un caso es una relación escrita que describe una situación acaecida en la vida real y sus objetivos de acuerdo con un documento de la Universidad Politécnica de Valencia (2006) [13] son:

- Formar futuros profesionales capaces de encontrar para cada problema particular la solución experta, personal y adaptada al contexto social, humano y jurídico dado.
- Trabajar desde un enfoque profesional los problemas de un dominio determinado, esto implica partir de un problema real, con sus elementos de confusión, a veces contradictorios, tal como en la realidad se dan
- Crear contextos de aprendizaje que faciliten la construcción del conocimiento y favorezcan la verbalización, explicitación, el contraste y la reelaboración de las ideas y de los conocimientos

Para Wasserman los casos son instrumentos educativos complejos que revisten la forma de narrativas, y acuerda con que su aplicación como estrategia o técnica de aprendizaje entrena a los alumnos en el análisis de soluciones válidas para los posibles problemas de carácter complejo que se presenten en la realidad futura. En este sentido, el caso enseña a vivir en sociedad, y esto lo hace particularmente importante para nuestra propuesta. Consideramos por tanto que podía constituir un recurso válido para incorporar el enfoque ambiental en la carrera de ingeniería civil sin introducir asignaturas específicas ni agregar nuevos contenidos a las materias existentes, ya que esas acciones se erigen sobre el modelo de transmisión de información, cuya eficacia como generador de cambios en educación sostenible ha sido ampliamente cuestionada.

2. Materiales y Métodos

Dentro del esquema de desarrollo del proyecto y de acuerdo con su dinámica, se procedió a aplicar el método de estudio de casos a modo de experiencia piloto en las 5 Facultades Regionales Participantes, a través de las siguientes etapas:

- 1) Revisión teórica y metodológica del MEC. Diseño de la experiencia.
- 2) Selección de profesores para llevar a cabo la experiencia piloto del MEC
- 3) Análisis y selección de casos
- 4) Elaboración didáctica del caso y redacción de las guías de trabajo.
- 5) Definición de estrategias de evaluación de la experiencia
- 6) Aplicación del MEC en cada Facultad Regional
- 7) Evaluación de la experiencia

3. Resultados y Discusión

3.1. Desarrollo de la experiencia

Se procedió al estudio de la metodología, tanto en sus fundamentos teóricos como en su implementación. A partir de allí se consensuaron criterios y en esta primera experiencia se solicitó la participación voluntaria de profesores que asumieran el desafío de aplicarla en las materias a su cargo, teniendo en cuenta las conclusiones de autores como Posch y Steiner [14] que en su revisión sobre el uso pedagógico del método de casos, advierten que estos enfoques requieren de un equipo humano comprometido e instructores altamente motivados. El primer grupo de profesores incluyó entonces a docentes a cargo de las siguientes asignaturas: Ingeniería y Sociedad (correspondiente al 1° año de la carrera); Ingeniería Civil II (2° año); Tecnología del Hormigón (3° año); Tecnología de la Construcción (3° año); Ingeniería Sanitaria (5° año); Obras Fluviales y Marítimas (5° año), Planificación Urbana Sustentable (5° año), abarcando prácticamente todos los niveles de la carrera, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Estudios de casos desarrollados en cada Facultad Regional

Materia	Caso seleccionado	Nivel	Fac. Regional
Ing. Sanitaria	Problemática hidrosanitaria de un barrio de la cuenca del Riachuelo- Bs.As.	5°	Rosario
Obras Fluviales y Marítimas	Impactos ambientales, hidráulicos y morfológicos registrados en el tramo Km 425/431 del río Paraná, frente a la ciudad de Rosario.	5°	Rosario
Ing. Civil II	Desvío de carga pesada entre calle “Los Filtros” y la RN 144 en la ciudad de San Rafael- Mendoza	2°	Mendoza
Ing. Sanitaria	El área de cultivos restringidos (ACRE) de Campo Espejo- Mendoza	5°	Mendoza
Ing. y Sociedad	El caso de los dos gasoductos Salta- Chile	1°	Buenos Aires
Plan. Urbana Sustentable	El caso Metrobús Av. J. B. Justo	6°	Buenos Aires
Ing. Sanitaria	Vuelco de efluentes en el estuario de B. Blanca	5°	Bahía Blanca
Ing. Sanitaria	Gestión del servicio de agua potable en una localidad turística de la provincia de Bs As	5°	Bahía Blanca
Tecnología de la construcción	La demolición de la cárcel de Caseros	3°	Gral. Pacheco
Gest. Ambiental y Des. Sustentable	El proyecto del Puente Buenos Aires - Colonia	6°	Gral. Pacheco

Cada docente con su equipo de cátedra seleccionó una situación real, para poner en contacto al estudiante con los complejos problemas del mundo real, teniendo en cuenta que, como sostiene el constructivismo sociocultural, el alumno es un elemento activo que construye sus propios aprendizajes en un contexto concreto. Este principio guió la selección de casos, de modo que cada docente eligió para el análisis preferentemente una situación perteneciente al entorno de la facultad regional correspondiente, lo que facilitó la comprensión del problema y la realización de actividades como visitas y recorridos por las obras y zonas a estudiar, aumentando el grado de significación del aprendizaje. Por supuesto, cada caso involucró un tema vinculado con la asignatura, siguiendo así el primer criterio sugerido por Wasserman, que sostiene que “el caso debe referirse por lo menos a un tema”, y deja la puerta abierta a estudios complementarios porque genera la necesidad de saber más. Por otra parte, cada caso en función de su naturaleza, se vinculó al logro de determinados objetivos didácticos, que fueron discutidos y analizados por el equipo docente.

De modo que en esta primera etapa quedaron definidos: asignatura del plan de estudios en que se aplicaría el caso, nivel de la carrera al cual correspondía la asignatura, momento del año en el cual se iba a desarrollar el caso, unidad didáctica en la que se incluía y relación con otros contenidos (previos y posteriores), cantidad de hs/clases destinadas, objetivos pedagógicos o metas de aprendizaje esperadas y ejes temáticos ambientales implicados. Este último punto fue fruto de profundos debates, muy ricos en sí mismos que permitieron por consenso establecer que en general, las intervenciones en ingeniería civil están atravesadas por cinco cuestiones, que constituyen verdaderos temas-eje en un enfoque ambiental: Territorio / Ambiente / Participación Social / Desarrollo Local / Desarrollo sustentable, y se esperaba fueran comprendidos por los alumnos.

El segundo momento incluyó la redacción de cada caso, y en este punto se tomaron en cuenta muy especialmente las sugerencias de Wasserman en cuanto a la *calidad* del relato (evitar la trivialidad, la excesiva densidad en la prosa, la abundancia de información, la desorganización cronológica de los acontecimientos y la artificiosidad en el relato y los personajes); la *lecturabilidad* del mismo (adecuación a la capacidad de los alumnos para comprender el lenguaje, descifrar el vocabulario y encontrarle un sentido a lo que leen; así los casos para los alumnos de los primeros años se redactaron de manera más sencilla que los propuestos para estudiantes de los últimos niveles); su capacidad para *despertar sentimientos* (evitar el relato frío y técnico, que presenta sólo datos y números; incluir también la descripción de hechos que puedan conmover, provocar confusión, enojo, sorpresa, como modo de convocar a la participación y compromiso que exigen los aprendizajes sociales) y finalmente, se buscó *acentuar el dilema* (un buen caso no presenta al final una solución satisfactoria sino que genera algunos interrogantes molestos: ¿Y ahora qué pasa? ¿Qué debería hacerse? ¿Cómo sigue la cuestión? En presencia de esta disonancia cognitiva se promueve la reflexión de los alumnos).

El tercer paso implicó la elaboración de las preguntas críticas que se presentan al final de cada caso y obligan a los alumnos a examinar ideas importantes, y problemas relacionados con el mismo. Para que las preguntas pudieran ser resueltas cada docente seleccionó la bibliografía pertinente (incluyendo textos disponibles en biblioteca pero sobre todo materiales digitalizados y sitios de internet, por su accesibilidad); esta bibliografía podía ser complementada por material propuesto por los propios estudiantes. El objetivo de las preguntas críticas fue promover la comprensión y generar la base de lo que serían las *conceptualizaciones básicas* que se buscaba que los alumnos construyeran a través del estudio del caso. En este punto, surgieron una serie de conceptos que se reiteraron en cada uno de los casos propuestos y que los docentes plantearon como una de las expectativas pedagógicas más ambiciosas en torno a esta metodología: que los alumnos comprendieran y asumieran que:

- Las obras de ingeniería civil están vinculadas a la cuestión ambiental.
- Todo problema ambiental involucra un problema ético.
- El ingeniero civil debe asumir su compromiso profesional ineludible ante el problema ambiental
- Ante un problema ambiental es necesaria una intervención transdisciplinaria.

La referencia a la transdisciplinariedad fue inevitable y la metodología misma la mostró como indispensable: trabajar sobre casos concretos y debatir acerca de su pertinencia, adecuación y relevancia en esta etapa de diseño de la experiencia obligó a los docentes participantes a un intenso intercambio con colegas de diversas especialidades (incluso de las ciencias sociales) para poder presentar el caso a los alumnos.

Finalmente se diseñaron las actividades para cada caso, de acuerdo con las recomendaciones que sobre los métodos activos ofrecen Román, Musito y Pastor [15]. Las actividades implicaron:

- a. *Trabajo en pequeños grupos*
 - a.1. Lectura del caso propuesto, con material de consulta
 - a.2. Análisis de la información y discusión de las preguntas críticas
- b. *Trabajo en grupo completo.*
 - b.1. Exposición en clase del análisis realizado por cada grupo.
 - b.2. Reflexión conjunta con guía docente acerca de las ponencias.
 - b.3. Síntesis de las ideas básicas a cargo del profesor y presentación de nuevas cuestiones para profundizar la reflexión y promover la elaboración conceptual buscada
- c. *Trabajo en pequeño grupo*
 - c.1. Elaboración de un informe escrito con el análisis del caso y las conclusiones arribadas.

Se definió asimismo la elaboración de dos tipos de materiales: una guía para el docente, que incluyó todos los aspectos arriba mencionados y una guía para el alumno, más simplificada, que contenía sólo la descripción del caso, la lista de tareas y la bibliografía.

3.2. Evaluación de la experiencia

A los fines de poder realizar una valoración integral de la experiencia, se decidió evaluar:

- *La dinámica del proceso enseñanza-aprendizaje durante el estudio del caso:* para ello se definió la presencia de observadores en el aula (profesores, docentes auxiliares, adscriptos a cátedra, etc.) que seguirían la actividad de los grupos y el profesor, aplicando una guía de observación semiestructurada.
- *La percepción de los alumnos sobre la metodología empleada:* se diseñó un cuestionario de autoevaluación a fin de indagar sobre las vivencias y opiniones generadas por la aplicación de la metodología.
- *La opinión del profesor:* se elaboró un cuestionario con el objetivo de recabar información acerca de algunas variables pedagógicas que podían resultar de interés en la evaluación de la eficacia del método.

Los principales resultados se presentan organizados en torno a las siguientes categorías:

a) Nivel de logro estimado de los objetivos didácticos propuestos:

Sobre un total de 30 objetivos didácticos planteados en las diversas planificaciones presentadas, los profesores informaron un nivel de logro alto o total en 19 de ellos y parcial en 11 (fig.1)

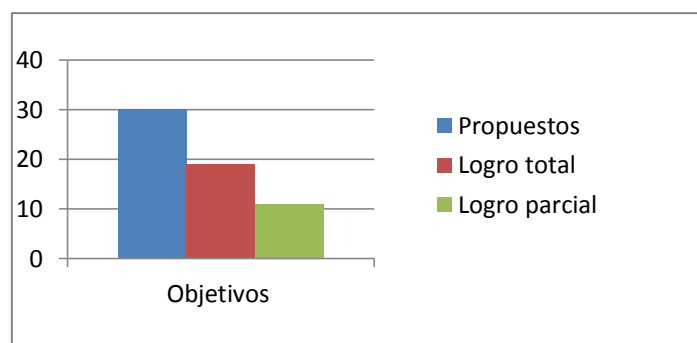


Figura 1. Nivel de logro de objetivos didácticos
Fuente: Elaboración propia

Existió coincidencia total entre los profesores en que en todos los casos se lograron identificar los ejes temáticos ambientales que atravesaban el conflicto y comprender las interacciones entre ingeniería civil y medio ambiente; igualmente resultó alto el nivel de identificación de la problemática social asociada. Sin embargo, la meta de alcanzar una visión sistémica del problema fue conseguida sólo parcialmente en la mayoría de las experiencias, al igual que la comprensión de la viabilidad ambiental de las obras estudiadas; en este último caso resultaron llamativos los comentarios de los docentes acerca de la prevalencia de los criterios técnicos por sobre los ambientales, sobre todo en los alumnos de los últimos años, lo que podría indicar el peso del enfoque clásico (no ambiental) en el trayecto formativo recorrido por los estudiantes y la necesidad de adoptar un enfoque ambiental desde el inicio de la carrera.

b) *Tipos de respuestas dadas por los alumnos a los planteos formulados en el MEC:*

Se evaluaron las modalidades de respuestas dadas por los alumnos como un indicador del grado de involucramiento en la problemática presentada (fig.2)

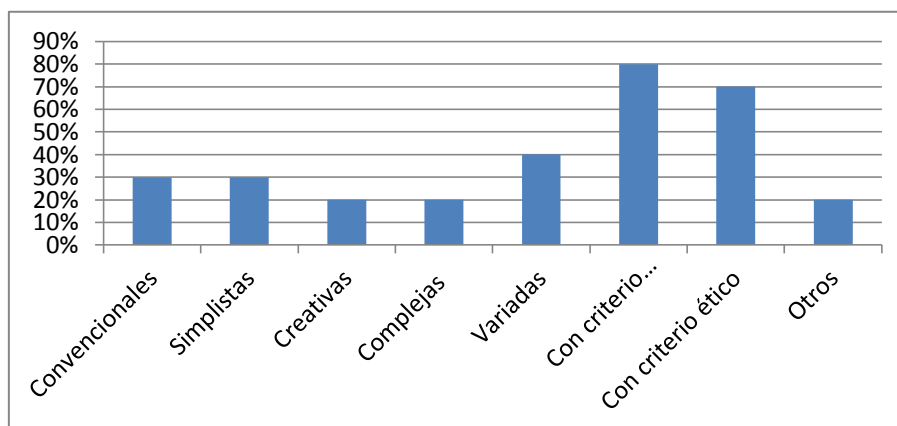


Figura 2: Tipo de respuestas identificadas en la resolución de los casos
Fuente: Elaboración propia

Esta distribución indica que mayoritariamente los estudiantes incluyeron en sus repuestas a las cuestiones presentadas criterios ambientales y éticos, y aunque un porcentaje apeló a las respuestas simplistas y convencionales, esto parece confirmar que el MEC es un recurso útil para la incorporación de un enfoque ambiental en la enseñanza de la ingeniería civil. El reducido número de situaciones en las que se dieron respuestas creativas y complejas abre un punto de reflexión hacia otras cuestiones vinculadas al estilo de aprendizaje que podrán ser profundizadas más adelante.

c) Aprovechamiento del material de consulta sugerido

En los EC resulta imprescindible la consulta a fuentes variadas de información, a los fines de fundamentar adecuadamente el análisis, la discusión y las propuestas a debatir, por lo que se impone una cuidadosa selección de las mismas. A partir del análisis de las planificaciones presentadas, se categorizaron dichas fuentes en: libros, artículos científicos (impresos o electrónicos), fichas de cátedra, códigos y normativas, artículos periodísticos y sitios web. Los profesores participantes de la experiencia piloto coincidieron en que los sitios web y los recursos de Internet tuvieron un alto grado de aprovechamiento, siendo las fuentes más consultadas y citadas por los alumnos; en segundo término se ubicaron las fichas de cátedra y artículos periodísticos, en tanto que la consulta a artículos científicos y normativas fue menor siendo los libros las fuentes menos aprovechadas. Esto marca una tendencia en la modalidad de estudio y aprendizaje de los alumnos que ofrece otro punto de deliberación interesante a la hora de evaluar los recursos didácticos a utilizar en esta metodología. Resultó también especialmente llamativo el cuestionamiento de algunos alumnos, sobre una “bibliografía contradictoria” (en referencia a materiales que expresaban diferentes puntos de vista), lo que podría estar revelando una idea simplista acerca cómo se resuelven problemas complejos (con respuestas dadas por los libros) y a la vez acerca de cómo se generan conocimientos sobre dichos problemas, en contradicción con la esencia del enfoque ambiental caracterizado justamente por su complejidad y el entrelazamiento de perspectivas y conflictos.

d) Demanda de tiempo

El tiempo requerido para la aplicación del MEC es otra variable a considerar en la evaluación de la experiencia. Se ha analizado la inversión de tiempo en aula y fuera de ella. Con respecto al trabajo de aula, se han dedicado entre 4 y 6 hs de clase, mencionando varios profesores la necesidad de contar con más tiempo para mejores logros. Fuera del aula, se obtuvieron respuestas muy diversas con respecto a la dedicación por parte del profesor, por lo que se calculó un tiempo promedio de 8 hs, advirtiéndose una marcada diferencia en los docentes de la FR Rosario sobre el resto, con una asignación de más de 15 hs de trabajo extra-áulico. La dedicación de los alumnos a la actividad por fuera de la facultad fue estimada por los profesores en alrededor de 3 hs promedio.

e) Percepción de los alumnos sobre la metodología empleada

La totalidad de los estudiantes encuestados consideró que la tarea se comprendió rápidamente, así como los objetivos de la misma, y que se trabajó en forma cooperativa y participativa. Las mayores dificultades aparecieron vinculadas al modo de organizarse dentro del grupo (“Tuvimos muchas idas y vueltas hasta que nos ordenamos”) y a la variedad de las fuentes de consulta. Las opiniones fueron también altamente satisfactorias con respecto a la validez de la propuesta por su transferencia al quehacer profesional (“La modalidad de estudio nos pareció interesante debido a que reúne varios aspectos y nos ubica del lado de la actividad profesional pudiendo exponer nuestro puntos de vista”) como por sus características pedagógicas (“Nos parece genial, ya que se pueden sacar muchas conclusiones del trabajo en grupo y a su vez de los demás grupos y abordar un problema real”; “Nuestra opinión es positiva. Nos pareció una modalidad dinámica y eficiente”; “Muy buena modalidad, inclusiva. El profesor no hace un

monólogo de la clase sino que hace que el alumno participe activamente”). En síntesis, la gran mayoría realiza una valoración positiva del método, señalando entre sus virtudes la libre discusión de las situaciones (sin la “opinión directiva” del docente), la construcción colectiva de propuestas (con la consecuente valorización de los aportes de los pares) y la posibilidad de contactarse con problemas reales. Como demanda generalizada aparece la necesidad de contar con más tiempo para el debate y análisis de las conclusiones, así como la necesidad de que las mismas queden clarificadas al final del proceso.

Por otra parte antes de plantear el caso, el 48% de los estudiantes estaba convencido que la problemática ambiental era una cuestión compleja que requería un tratamiento interdisciplinario, en tanto que luego de su desarrollo este porcentaje subió al 100%. (“Es un problema complejo debido a que en este territorio se ve afectada la salud y el estilo de vida de la población”; “Porque está en juego la vida de las personas”; “Porque el derecho es general y el querer resolver un problema para algunos, puede afectar a otros”; “Porque debe abordarse desde distintos ámbitos, tanto social, político, de salud, económico y no sólo desde el punto de vista técnico”). Porcentajes similares se dieron en relación a considerar a la ética como actitud básica de la conducta profesional del ingeniero civil (“Sumamente importante para atacar la problemática sin dejarse llevar por intereses”; “Con ética y pensando en obrar adecuadamente sin otros intereses se va a dar una buena solución”; “Los problemas ambientales afectan de manera directa a personas. Desatenderlos implica un abandono”).

f) Principales dificultades halladas en la implementación del MEC

No existió unanimidad ni tendencia mayoritaria en este aspecto, y las respuestas obedecen a situaciones particularizadas, no obstante resulta interesante enumerarlas teniendo en cuenta posibles aspectos a mejorar o sugerencias para optimizar la aplicación de los EC a futuro. Se mencionaron dificultades para:

- realizar una correcta redacción de las preguntas guías: en este sentido preguntas muy generales o excesivamente detallistas harían perder de vista el objetivo buscado;
- efectuar una adecuada explicación de la dinámica de trabajo: esto incidiría en la agilidad de la realización de las actividades y en la disposición de los alumnos para entrar en clima;
- contar con recursos apropiados para la comprensión del caso: se destaca que en esta metodología, la posibilidad de realizar visitas u observaciones en terreno podría mejorar sustancialmente la comprensión del problema, pero su implementación no siempre resulta factible;
- ubicar convenientemente el MEC en el cronograma de la materia: se menciona que la aplicación de la dinámica al finalizar el año lectivo no resulta conveniente por la disponibilidad de los alumnos que se encuentran afectados a la preparación de parciales, finales y otras demandas de regularización;
- lograr que los alumnos realicen un análisis más complejo de los problemas, superando la visión técnica de los mismos: esto se mencionó como preocupación en casos de alumnos del ciclo superior, que han sido formados con otros criterios, no ambientales.

4. Conclusiones y recomendaciones

La experiencia realizada confirma en general el valor del estudio de casos como estrategia metodológico-didáctica para promover la ambientalización de la carrera de Ingeniería Civil y destaca entre sus fortalezas fundamentales su potencialidad para el logro de estos objetivos y la amplia aceptación del alumnado, exigiendo como contrapartida una importante dedicación por parte del docente para las diversas fases que el método demanda y una indispensable capacitación específica.

Las sugerencias derivadas de la puesta en práctica son variadas y merecen ser consideradas en su especificidad, con el objetivo de tenerlas en cuenta en el proceso de mejora de la adaptación de la técnica a los objetivos de ambientalización de la carrera de Ingeniería Civil.

- Con respecto a la fase de preparación: trabajar con detenimiento en la elaboración del caso y las preguntas asociadas, así como en la selección y preparación de los materiales de consulta.

- Con respecto a la fase de desarrollo:

- Presentar claramente los contenidos, el problema a analizar y la dinámica de trabajo (se propone utilizar recursos de apoyo)
- Disponer de mayor tiempo para trabajar en el aula en el debate y las conclusiones y prestar especial atención al manejo adecuado del mismo.
- No condicionar el intercambio de ideas en la fase de discusión y estimular la producción de respuestas variadas y fundadas en criterios complejos.
- Entregar materiales claros y atractivos para la consulta y debate.

Acordamos en que la educación como bien público está obligada a fortalecer el papel de la universidad en la construcción de un nuevo desarrollo social, un desarrollo humano sustentable. Adoptar un enfoque ambiental en la formación de los ingenieros civiles parece ser una exigencia insoslayable si se piensa en ese marco.

Los múltiples intentos realizados hasta ahora parecen indicar que el camino se dirige al empleo de metodologías activas y participativas, que provean a los alumnos de marcos referenciales para actuar en contextos reales, que los preparen para tomar decisiones profesionales basadas no sólo en criterios técnicos, sino principalmente éticos, y que les ayuden a comprender que los problemas que los van a desafiar, son problemas complejos, que involucran necesariamente a personas y comunidades, en un entorno natural y temporal específico, por lo que tales decisiones requerirán un abordaje transdisciplinario.

El estudio de casos parece ser una estrategia didáctica apropiada para este fin, si se tienen en cuenta los resultados de la experiencia piloto realizada. En nuestra convicción de que es necesario realizar esfuerzos conjuntos para fortalecer los cambios iniciados compartimos esta propuesta para abrir el diálogo e invitar a una construcción colectiva de saberes y a una reconstrucción de valores.

5. Referencias

- [1] CONFEDI (2014) *Competencias en Ingeniería*. Mar del Plata: Universidad FASTA Ediciones. 55p.
- [2] MARTÍNEZ, M., AMANTE, B., y CADENATO, A. (2012). Competency assessment in engineering courses at the Universitat Politècnica de Catalunya in Spain. *WorldTransactions on Engineering and Technology Education*, v. 10, n.1, p. 46-52.
- [3] KAMP, L. (2006). Engineering education in sustainable development at Delft University of Technology. *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, p. 928-931.
- [4] BRYCE, P., JOHNSTON, S., & YASUKAWA, K. (2004). Implementing a program in sustainability for engineers at University of Technology, Sydney: a story of intersecting agendas. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v.5, n.3, p. 267-77.
- [5] CRUE-CADEP (2012) Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum. Universitat de Girona. Disponible en: http://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf

- [6] DÍAZ DUQUE, J. A. (2015). La Dimensión de la Sostenibilidad en la Enseñanza de las Ingenierías en Cuba. *Foro de Educación*, v.13, n.19, p. 241-262. doi: <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.011>
- [7] WALSH, A Y JICKLING, B (2002). Sustainability in Higher Education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. v.3, n.3; p.221-232
- [8] UNESCO (2006) Decenio de las Naciones Unidas de la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (2005-2014): Plan de aplicación internacional. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654so.pdf>
- [9] TORRES PERNALETE, M. R. (2012) El compromiso social de las universidades: Alternativas para afianzar una educación para el desarrollo sustentable. En: Asili Pierucci, N (Dir). *Vida sustentable. La experiencia de un sueño compartido*. México: Fundación de la Universidad de las Américas, p.141-182
- [10] FERRER, D. Y COL (2008). An international comparative analysis of sustainability transformation across seven universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. v.9, n.3; p.295-316
- [11] WASSERMANN, S (1999) *El estudio de casos como método de enseñanza*. Buenos Aires: Amorrortu. 313 p.
- [12] CARRASCO, J. B. (2004). Una didáctica para hoy. Cómo enseñar mejor. Madrid: Ediciones Rialp. 384 p.
- [13] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (2006). Método de casos. Disponible en: <http://www.recursosees.uji.es/fichas/fm3.pdf>
- [14] POSCH, A. Y STEINER, G (2006). Integrating research and teaching on innovation for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. V.7, n. 3; p. 276-292
- [15] ROMÁN, J; MUSITO, G; PASTOR, M. (1980). *Métodos activos para Enseñanzas Medias y Universitarias*. Madrid: Cincel – Kapelusz.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EL CONTRATO DIDÁCTICO EN UN CURSO DE MATEMÁTICA PARA BIOINGENIERÍA

Lucía Carolina Carrere, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos (FI - UNER), Grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería (GIDEI), carrerecarolina@bioingenieria.edu.ar

Leandro Escher, FI-UNER, lgescher@bioingenieria.edu.ar

Alberto Miyara, FI-UNER, jmiyara@bioingenieria.edu.ar

Iván Lapyckyj, FI-UNER, lapy_ar@yahoo.com.ar

Solange Milesi, FI-UNER, solmilesi1@gmail.com

Emiliano Ravera, FI-UNER, emilianoravera@bioingenieria.edu.ar

Gustavo de Dios Pita, FI-UNER (GIDEI), gdpita@bioingenieria.edu.ar

María Magdalena Añino, FI-UNER (GIDEI), mmanino@bioingenieria.edu.ar

Resumen— La evaluación del proceso de aprendizaje en el contexto de la disciplina matemática es una problemática compleja. En el curso de Cálculo Vectorial de la Facultad de Ingeniería de la UNER estamos implementando un “Plan de evaluación” modificado que armoniza las dos funciones de la evaluación en la Educación Superior: contribuir a la formación del futuro profesional, siendo entonces formativa, y acreditar los conocimientos alcanzados al finalizar el curso. Las actividades evaluativas formativas han permitido observar las dificultades de los alumnos en los procesos de resolución de problemas que constituyen el núcleo de los cursos de matemática en Bioingeniería. Aunque se brindaban sugerencias explícitas sobre las etapas a considerar encontramos que algunas fases importantes estaban ausentes en los trabajos escritos elaborados por los estudiantes. Surgieron entonces las siguientes preguntas: ¿Por qué no siguen nuestras sugerencias? ¿Qué estrategias didáctico-pedagógicas pueden lograr que sean ellos, nuestros alumnos, los diseñadores de lineamientos generales para resolver problemas? En el marco de la Investigación-Acción Participativa que desarrollamos, planificamos una actividad con la metodología de Taller, en la cual participaron los 45 alumnos inscriptos en el curso de Cálculo Vectorial (2016). La actividad finalizó con la firma de un Contrato Didáctico. En este trabajo narramos el desarrollo de la experiencia, el resultado de la misma y el impacto observado en las producciones de los alumnos.

Palabras clave— *Contrato Didáctico, Resolución de Problemas, Investigación-Acción Participativa, Enseñanza de la Matemática.*

1. Introducción

En el año 2008 se cambia el Plan de Estudios de Bioingeniería que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). Esta modificación impactó en los cursos de matemática que forman parte del ciclo básico de la carrera. La

reorganización de los contenidos y de la cantidad de horas semanales disponibles para matemática nos motivó para iniciar cambios pedagógicos tendientes a favorecer un aprendizaje autónomo en nuestros estudiantes. Siendo docentes en los cursos de “Cálculo Vectorial” (CV) y de “Ecuaciones Diferenciales” (ED), que se desarrollan en el segundo año de la carrera, propusimos la formación de un grupo interdisciplinario para abordar el problema de la “Enseñanza de la Matemática en Bioingeniería” desde diferentes perspectivas.

Queremos destacar que nuestro grupo quedó conformado por profesionales de diferentes áreas, contando con la participación de una Ingeniera Eléctrica (Profesora responsable de los cursos mencionados), un Profesor de Matemática (Profesor Adjunto en las asignaturas), un Ingeniero Químico (Jefe de trabajos prácticos), tres jóvenes Bioingenieros que además de desempeñarse como Jefes de Trabajo Prácticos en el Departamento Matemática han finalizando recientemente sus estudios de posgrado en distintas especialidades de la Bioingeniería, dos estudiantes avanzados de la carrera de Bioingeniería, una docente del Departamento Humanidades y la Asesora Pedagógica de la Facultad de Ingeniería, quien es Licenciada en Ciencias de la Educación y ha finalizado su Maestría en Docencia Universitaria.

El equipo comenzó un proceso de indagación sistemática y formal a través de la Metodología Investigación - Acción Participativa (IAP) [1] y [2]. La IAP se estructuró en ciclos de investigación en espiral siguiendo el modelo de Kemmis [3], contando cada ciclo con los siguientes momentos clave: fase de exploración inicial, fase de planificación, fase de acción, fase de observación y fase de análisis de resultados, generando esta última un nuevo ciclo de investigación.

En la IAP implementada el seminario de trabajo colaborativo constituyó el centro del proceso. A través del mismo se generó un trabajo grupal intenso que promovió la reflexión de cada docente participante. Este proceso fue impulsado también por el contraste de miradas, ya que el seminario brindó un espacio en el cual se compartió con estudiantes avanzados, quienes han colaborado en las distintas actividades de enseñanza y de investigación desde el rol de Auxiliar Docente Alumno o como Becarios de Iniciación a la Investigación. Este ámbito de trabajo también permitió la formación continua a través de la discusión de publicaciones del área “Enseñanza de la Matemática en Ingeniería” y de las novedades en el campo de la “Didáctica en la Universidad”, principalmente aquellas relacionadas con “el aprendizaje activo” y la “evaluación de los aprendizajes en la educación universitaria” [4 -7].

Desde el año 2014 comenzamos a revisar el “Plan de evaluación” y se introdujeron modificaciones con el objetivo de armonizar las dos finalidades de la evaluación en la Educación Superior: la formativa que está al servicio del aprendizaje y contribuye a la formación del futuro profesional, y la de acreditar los conocimientos alcanzados al concluir un curso o trayecto académico [8].

La evaluación con un sentido formativo acompaña el proceso mediante el cual los estudiantes van construyendo el conocimiento. La observación del mismo le permite al docente y al alumno realizar un diagnóstico del estado actual y de lo que falta para alcanzar la meta académica propuesta. Entonces, a partir de lo observado, la realimentación brindada por el docente y la reflexión del estudiante sobre su propio trabajo promueven los cambios necesarios para mejorarlo [9].

La resolución de problemas constituye un núcleo importante en los cursos de matemática para ingeniería y por lo tanto le proponemos a nuestros alumnos dos actividades con este enfoque: los Informes Semanales (IS) y los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) [10].

Los IS son producciones escritas realizadas por los estudiantes a partir de tres o cuatro problemas propuestos en una guía semanal. Ésta contiene además preguntas que orientan la lectura del libro de texto utilizado como bibliografía básica [11]. Para cada problema sugerimos que se realice el análisis del enunciado, que se identifiquen los datos y el objetivo o meta y también que se expliquen los procedimientos matemáticos empleados en la solución o en el intento de encontrarla aunque no lo logren. Es un informe que no se califica con una nota, es un trabajo escrito cuya función es la de informar, tanto al alumno como al profesor, como se va construyendo el conocimiento en un entorno de resolución de problemas. Este trabajo es grupal, domiciliario y se discute en las clases de práctica en un debate coordinado por los Jefes de Trabajos Prácticos.

La observación de estos trabajos nos mostró que, aunque se brindaban sugerencias explícitas, algunas fases importantes estaban ausentes en las resoluciones desarrolladas por los estudiantes.

Para obtener un diagnóstico más preciso realizamos un estudio inicial proponiendo, a los alumnos inscriptos en la asignatura CV en el primer cuatrimestre del ciclo 2014, una actividad especialmente diseñada la cual se describe en la siguiente sección.

1.1 El diagnóstico inicial

El análisis diagnóstico se realizó a través de una *actividad de autoevaluación* implementada en el campus virtual, que la asignatura CV dispone en la Plataforma Moodle. Este recurso está disponible, para los alumnos inscriptos en la asignatura a través de un enlace en la página web de la Facultad de Ingeniería (UNER). Esta tecnología se utiliza como apoyo a la enseñanza presencial, extendiendo las actividades áulicas a un espacio virtual y también como un medio de comunicación entre docentes y alumnos.

Para la realización del diagnóstico se utilizó una *lista de cotejo* con escala de graduación implementada a través de la herramienta cuestionario que provee Moodle. Estos instrumentos consisten en un conjunto de aspectos que deben ser juzgados por el estudiante de acuerdo a una escala, que le permite identificar el grado hasta el cual ha desarrollado una habilidad o actitud necesaria para alcanzar las metas de aprendizaje [12]. En el caso en estudio la escala diseñada le facilitaría observar si ha tenido en cuenta y con qué frecuencia una determinada etapa relacionada con la resolución de problemas.

En la tabla 1 se muestra la lista elaborada: cada aspecto se ha codificado con un número del 1 al 11 (primera columna), en la segunda columna se mencionan las actividades cuya realización cada estudiante evaluará en su propio trabajo y finalmente la escala de graduación se encuentra numerada del 1 al 5 en las restantes columnas a la derecha. En la misma el 1 corresponde a “Nunca”, el 2 a “Rara vez”, el 3 a “Ocasionalmente”, el 4 a “Frecuentemente”, el 5 a “Siempre”.

La actividad se implementó en la cuarta semana del cronograma de clases de la asignatura CV. La invitación se realizó a través del campus virtual. Se explicó por este medio la importancia de revisar la metodología personal desarrollada para resolver los problemas propuestos por la cátedra semanalmente y en el período correspondiente a las tres primeras semanas de clases. Estos problemas fueron extraídos de los libros de textos en español que se usan en muchas Facultades de Ingeniería y que contienen, además de los ejercicios habituales, problemas de aplicación a otras áreas especialmente de Física [11].

En la presentación realizada, a través de la plataforma Moodle, se expresaron las aclaraciones necesarias para que cada alumno pueda completar y enviar el formulario. También se

comunicó que las respuestas enviadas estarían asociadas a un usuario del campus virtual por lo tanto la participación no sería anónima.

Tabla 1. Lista de Cotejo. Autoevaluación del Alumno

Cod.	Actividades que realizas al resolver un problema	Escala de Graduación				
		1	2	3	4	5
1	Transcribo el enunciado.					
2	Leo tratando de comprender el problema planteado.					
3	Detecto palabras clave que me permitan relacionar el problema con los conceptos teóricos.					
4	Identifico el objetivo o meta.					
5	Clasifico los datos según la información que brindan.					
6	Describo con detalles el proceso de solución justificando cada paso expresando la definición, propiedad o teorema que permite realizarlo.					
7	Expreso el procedimiento empleando el lenguaje matemático correspondiente.					
8	Si aplico un teorema verifico que se cumplen las hipótesis en el contexto del problema dado.					
9	Realizo gráficos que aclaren el procedimiento.					
10	Verifico los resultados parciales o el resultado final obtenido.					
11	Interpreto la información que brinda el resultado encontrado cuando el problema se enmarca en un contexto determinado.					

Fuente: elaboración propia

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos. Los aspectos evaluados aparecen representados en el plano horizontal por los números de código asignados en la columna 1 de la Tabla 1. Se puede apreciar que, aunque el 79% reconoce que “siempre lee tratando de comprender el enunciado del problema planteado”, sólo el 28% admite que “siempre” trata de detectar “palabras clave” que le permitan relacionar el problema con los conceptos teóricos y más llamativo nos resultó que sólo el 37% manifiesta que “siempre” identifica la meta u objetivo del problema. La aparente desvinculación de la teoría con la práctica se refleja en las respuestas del ítem 6, sólo el 4% reconoce que “siempre” justifica cada paso realizado en el proceso de solución expresando la definición, una propiedad o teorema que permite realizarlo. Mientras que el 45% admite que expresa una argumentación teórica “ocasionalmente” y el 6% responde que “nunca” completa la resolución con una explicación teórica. Sólo el 44% reconoce que emplea gráficos con frecuencia y que realiza una verificación de los resultados y un 42% manifiesta que “frecuentemente” realiza una interpretación de los resultados.

En el año 2015 realizamos nuevamente la actividad descripta obteniendo resultados similares. Consideramos entonces que las sugerencias redactadas en las guías de problemas no alcanzaban para promover buenas prácticas en el alumno al momento de expresar, en un informe escrito, tanto las estrategias puestas en juego para resolver un problema como las vinculaciones y las aplicaciones teóricas - conceptuales realizadas. Pretendemos al mismo tiempo que esta práctica le permita al estudiante y al docente detectar en qué etapa surgieron

las dificultades para trabajar con mayor profundidad en ellas y mejorar así el proceso de realimentación necesario.

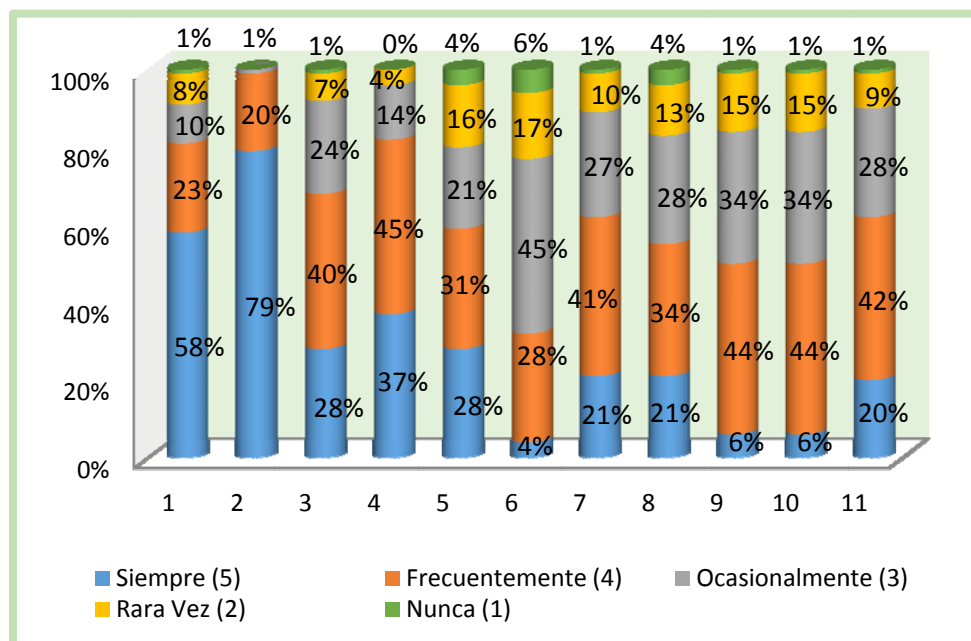


Figura N° 1: Resolución de Problemas: Resultados de la Autoevaluación realizada en el curso 2014 a partir de la lista de cotejo detallada en la Tabla 1.

Fuente: elaboración propia

Consideramos prioritario ocuparse de estos aspectos para lograr la autonomía del estudiante de manera que él pueda detectar tempranamente los obstáculos, expresarlos y de esta manera el docente pueda mediar en la superación de los mismos.

Las sugerencias en las *Guías de Problemas* fueron redactadas con este fin, de manera que la tradicional consulta que comienza con la expresión “no pude resolver el problema”, “no entiendo lo que se pide” o con la solicitud “me puede explicar el problema 3, no lo entiendo” se transforme en un diálogo más preciso sobre las dificultades que pudieron surgir en el texto que describe el problema, en ciertas palabras, en el significado de la información brindada, en la aplicación de un concepto teórico, en la traducción de la situación al lenguaje matemático, en un cálculo u otros aspectos.

Nuestra intención fue la de facilitar un trayecto independiente en el estudiante que suponíamos avanzaría, trabajando en grupo, con sus textos y apuntes, desarrollando así su informe de práctica, hasta encontrar dudas que no pudiera salvar en la discusión con sus pares. Estas dudas deberían ser marcadas para trabajar junto al docente y compañeros en la clase de práctica. Sin embargo y por distintos factores esto no sucedía, al menos en un 50% de nuestros alumnos. La localización de “la duda” o punto conflictivo en muchos casos no ocurría.

Nos preguntamos entonces: ¿Por qué no siguen nuestras sugerencias? ¿Qué estrategias didáctico-pedagógicas pueden lograr que sean ellos, los estudiantes, los diseñadores de lineamientos generales para resolver problemas? ¿Cómo deberíamos incluirlas en nuestra planificación de los cursos que impartimos? ¿Cómo ayudarlos a desarrollar una actitud reflexiva sobre los procedimientos realizados?

Esto nos movilizó para continuar indagando y buscar referentes teóricos a partir de cuales diseñar e implementar nuevas experiencias. En la siguiente sección mencionaremos los diferentes aportes teóricos que nos permitieron avanzar y diseñar nuevas estrategias.

2. Referentes Teóricos

A partir del problema observado revisamos nuestra planificación del curso de CV. Nos proponemos invitar a nuestros estudiantes a participar activamente en un recorrido académico durante 14 semanas entonces, éste debe resultar motivador para que se involucren y para que puedan realizar los esfuerzos necesarios para ir construyendo conceptos nuevos, más complejos, y con ellos resolver problemas que ayuden a desarrollar las habilidades matemáticas adecuadas para el perfil del profesional que se forma. Por esta razón consideramos que no podemos realizar innovaciones sin adecuarlas al conjunto de aspectos que conforman el curso.

Para ello seguimos el modelo propuesto en un trabajo de Biggs [13], quien plantea que un diseño adecuado para un curso universitario cuida especialmente *la alineación* de los objetivos con la formación profesional, las actividades de enseñanza, las de aprendizaje y el plan de evaluación. Este autor resalta que una enseñanza eficaz es aquella que propone y apoya el desarrollo, por parte de los estudiantes, de actividades adecuadas para alcanzar los objetivos curriculares. Las mismas deberían estimular a los alumnos para que adopten un enfoque profundo del aprendizaje y orientado hacia la comprensión en lugar de uno superficial reproductivo, que busca “cumplir” con los requisitos para aprobar el curso. En este sentido la evaluación parece jugar un rol central, Hernández y otros autores [14], señalan que algunos estudios han comprobado que la forma en que los docentes plantean la evaluación afecta a los enfoques de aprendizaje (superficial o profundo) y a la calidad de dichos aprendizajes.

Otros autores sugieren que, una evaluación formativa, que se inserta en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, aportando a los alumnos indicios, claves y recomendaciones para la mejora, de modo que el estudiante pueda interiorizarse de los criterios de calidad y con ellos comenzar a autoevaluarse y a mejorar el propio proceso de aprendizaje, es una herramienta clave para introducir mejoras en la planificación de un curso [16-17].

La revisión bibliográfica nos permitió extraer tres aspectos fundamentales que caracterizan la Evaluación Formativa:

- La comunicación precisa del objetivo a alcanzar, es decir que es necesario brindar indicaciones claras al estudiante sobre el aprendizaje esperado y de los criterios que permitirán valorar su trabajo.
- La información de la situación actual del trabajo del estudiante en relación a la meta propuesta, ya sea a través de la retroalimentación del profesor, de la autoevaluación, o de la evaluación entre pares, de manera que el alumno conozca el punto de partida antes de emprender un nuevo esfuerzo y continuar su proceso de aprendizaje.
- Las estrategias de mejora y la orientación necesaria para que el alumno pueda avanzar, superar las dificultades y acercarse a la meta propuesta.

Desde estas perspectivas conceptuales consideramos que la planificación del curso debe involucrar a todos los actores de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Es necesario entonces crear espacios de diálogo para buscar el entendimiento y el consenso en relación a los objetivos del curso, las estrategias adecuadas para alcanzarlos y las formas de evaluar los aprendizajes armonizando la función formativa de la evaluación y la de certificación de la regularidad o de promoción del curso.

Fue así que percibimos la necesidad de diseñar una herramienta a través de la cual se plasmen estos acuerdos arribando al “*Contrato Didáctico*” o “*Contrato de aprendizaje*”, como aparece en las publicaciones en inglés (*learning contract*) [18].

Según Przesmycki [19], la *pedagogía de contrato* es aquella que organiza las situaciones de aprendizaje a través de un acuerdo negociado que estuvo precedido de un dialogo entre docentes y alumnos, con el fin de alcanzar un objetivo, ya sea cognitivo, metodológico o actitudinal. El contrato pedagógico tiene la función de clarificar, en un ambiente de intercambio, las “reglas del juego”, los objetivos, los criterios de evaluación y otras situaciones que muchas veces se dan de forma implícita.

El contrato de aprendizaje ha sido implementado en la educación superior con diferentes objetivos como son: propiciar la creación de ambientes de aprendizajes eficientes, mejorar la relación entre quien enseña y quien aprende, sustituir las normas implícitas por normas explícitas consensuadas [20].

En nuestro trabajo lo consideramos un instrumento que cumple una doble función. Por una parte, la de incrementar la participación y la motivación de los estudiantes, condiciones indispensables para iniciar un proceso de aprendizaje centrado en el alumno y que potencie su autonomía. Por otra, como estrategia útil en un sistema de evaluación formativa. En este sentido, el contrato es el documento en el que se fijan los objetivos de aprendizaje, los aspectos metodológicos, las actividades que se desarrollarán con el fin de propiciar una realimentación adecuada, los criterios de evaluación y en el cual se materializa el compromiso asumido por cada estudiante y los profesores. En la próxima sección de nuestro trabajo describiremos la implementación.

3. El contrato didáctico en el curso de Cálculo Vectorial

Al inicio de cada periodo académico, se realiza una clase inaugural. En el ciclo 2016 esta actividad se desarrolló en tres fases: Una primera *fase informativa*, la segunda *fase de participación y construcción* desarrollada a través de la modalidad “Taller” y la tercera *fase de consenso y firma del Contacto Didáctico*.

3.1 Fase Informativa

En el horario correspondiente a la primera clase teórica se realizó la presentación del curso CV. Para esta instancia se prepararon diapositivas que incluyeron graficas y animaciones desarrolladas con software matemático con el objetivo de motivar e ilustrar el recorrido conceptual del curso y las posibilidades que brinda el Cálculo Vectorial al permitir modelizar matemáticamente diferentes situaciones en el espacio tridimensional.

Luego el equipo docente presentó los objetivos del curso, expresando que el mismo se ha diagramado de manera que cada estudiante logre:

- Aplicar el lenguaje, los principios teóricos, conceptos y métodos fundamentales del Cálculo Vectorial en la resolución de problemas.
- Aplicar el Cálculo vectorial para expresar modelos matemáticos de fenómenos biológicos, físicos u otros relacionados con la Bioingeniería, con un grado de dificultad acorde a un segundo año de la carrera de manera que pueda valorar sus alcances, limitaciones e interpretar los resultados obtenidos en el contexto considerado.
- Utilizar software matemático en la resolución de problemas.

- Incrementar la confianza en el propio razonamiento y fortalecer las habilidades de reflexión y análisis crítico.
- Encontrar los recursos necesarios para evaluar su propio aprendizaje y mejorarlo.
- Reforzar las estrategias de comunicación oral y escrita.
- Trabajar de manera efectiva en equipos.

Se relató brevemente cuál fue el trabajo de indagación previo realizado por el equipo de cátedra para formular dichos objetivos al considerar: la inserción de la materia en el plan de estudios vigente, los aportes al perfil profesional y también las demandas del mercado, a través de analizar los boletines que semanalmente publica la Secretaría de Extensión de la Facultad de Ingeniería (UNER). Precisamente esto incidió fuertemente en la incorporación de los tres últimos objetivos. En esta primera fase se intenta responder a los estudiantes: *¿qué aprenderemos?, ¿por qué el curso debería interesarnos?, ¿cuál es su importancia en nuestra formación?*, abriendo el diálogo en este sentido. Luego se presentó la bibliografía y se pasó a un cuarto intermedio para después de un breve descanso comenzar la segunda fase de la actividad.

3.2 Fase de participación y construcción: el Taller

En esta segunda fase se intenta responder a las preguntas de los alumnos relacionadas con *¿cómo aprenderemos?, ¿qué actividades realizaremos?, ¿cómo será guiado y evaluado nuestro trabajo?*

Compartimos entonces con los alumnos nuestra propuesta de trabajo. Describimos las actividades a través de las cuales irán comprendiendo y aplicando los conceptos del Cálculo Vectorial, aclarando el sentido de cada una y su relación con las habilidades generales a fortalecer. Nos detenemos en particular en el IS por sus características especiales: un trabajo grupal que “no se califica”, que no tiene una nota asignada y que sin embargo debe presentarse en cada clase práctica expresando la resolución o los intentos realizados para obtener la respuesta a un problema propuesto. Este informe debería convertirse en una “ventana de observación” que brinde información sobre los avances que se producen o de las dificultades que aparecen al aplicar y articular cada nuevo concepto.

En esta oportunidad en lugar de dar una contestación al interrogante *¿cómo debo presentar la resolución del problema propuesto?*, se llevó a cabo una actividad conjunta entre los estudiantes y el plantel docente, buscando una respuesta construida con el consenso participativo entre ambas partes. Consideramos que dicha participación activa del estudiante, en la elaboración de la respuesta, brindaría condiciones favorables para la generación de un compromiso que se vería plasmado al momento de realizar la tarea cumpliendo con un acuerdo previo.

La actividad fue planificada con el formato de *Taller*, por ser una modalidad de trabajo que se caracteriza por la realización de una tarea en común, y en esta acción todos los participantes construyen socialmente conocimientos y desarrollan habilidades, a partir de sus propias experiencias.

Desde esta perspectiva iniciamos la segunda fase presentando a los estudiantes un interrogante: *“¿Cuál es el procedimiento que siguen al resolver un ejercicio o un problema matemático con lápiz y papel?”*

Con el fin de organizar la participación de los estudiantes presentes, se formaron libremente 11 grupos de 5 o 6 integrantes (Figura 2, a la izquierda) y se les indicó que elaboraran una respuesta a la pregunta mencionada. Se asignó un tiempo de 20 minutos a la discusión grupal y para orientar el trabajo, se les sugirió que tengan en cuenta la experiencia personal en la resolución de problemas realizados en cursos de Matemática. Además se indicó que la respuesta debía expresar un procedimiento general, ordenado y detallado, como si fuera una secuencia de indicaciones brindadas a un amigo inexperto.

A continuación se realizó una puesta en común considerando todas las producciones con el objetivo de generar una construcción colectiva con el aporte de cada grupo. Para ello, se utilizó un proyector de opacos (Figura 2, a la derecha), de esta forma se mostraron los trabajos escritos a toda la clase. Se fueron leyendo las respuestas, al tiempo que un docente las escribía en el pizarrón. Esta escritura se organizó en base a un criterio conocido por el docente, pero que no fue mencionado a los alumnos. El mismo se basó en las etapas que los expertos realizan y que aparecen mencionadas en distintas publicaciones [21].



Figura N° 2: El Taller en imágenes, el trabajo grupal coordinado (a la izquierda) y el análisis de las respuestas elaboradas por los estudiantes (a la derecha).

Fuente: elaboración propia

Como resultado de la puesta en común, se obtuvo una producción colectiva escrita en la pizarra que evidenció los pasos, propuestos por los alumnos.

Posteriormente se presentaron a los estudiantes las etapas de resolución de problemas referenciadas en publicaciones académicas. En ese momento se resaltaron los indicadores que los expertos nos brindan para identificar el cumplimiento adecuado de cada etapa. Se propuso a los alumnos reconocer en el trabajo realizado la presencia de dichos indicadores, contrastando lo escrito en la pizarra con la opinión experta.

De esta forma se generó la información que se muestra en la Tabla 2. Aquí se destacaron los pasos que no emergieron en la producción de los alumnos, haciéndoles notar su importancia y lo que necesitan incorporar para lograr paulatinamente la experticia necesaria.

A través del diálogo se destacó la utilidad de considerar dichos indicadores y se acordó la aplicación de los mismos como herramientas que nos ayudan a regular y controlar el proceso que estamos realizando al resolver un problema.

Se arribó entonces el siguiente acuerdo: los docentes elaboraríamos los criterios de evaluación a partir de las etapas e indicadores consensuados y los estudiantes los tendrían en cuenta al realizar las actividades formativas propuestas (IS y TPL) y también en las evaluaciones parciales al terminar un módulo o al finalizar el curso.

Tabla 2. Etapas citadas en el documento del CONFEDI: “Declaración de Valparaíso” sobre competencias genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano y su relación con la propuesta estudiantil en el marco de Resolución de Problemas.

Etapas	Indicadores de cumplimiento de las etapas	Etapas propuestas por los estudiantes
Análisis comprensivo del enunciado	Explico la situación planteada.	<ul style="list-style-type: none"> • “Leer y analizar atentamente el enunciado.” • “Leer y comprender el enunciado” • “Leer e interpretar el enunciado, extraer datos.” • “Identificar el problema.” • “Leer e interpretar la consigna” • “Anotar datos.” • “Extraer datos importantes.” • “Extraer del enunciado los datos importantes.” • “Interpretar y anotar la información brindada.” • “Listar los datos e identificar la incógnita.”
	Clarifico el sentido de las palabras.	
	Identifico la incógnita, el objetivo o meta.	
	Identifico los datos problema y analizo si son pertinentes y suficientes.	
	Reconozco la información faltante necesaria.	
	Identifico las condiciones, restricciones o limitaciones del problema.	
	Conozco o busco problemas afines.	
	Reflexiono sobre problemas afines que sé resolver.	
	Redefino el problema con ayuda de la teoría, y lo incluyo en una categoría teórica.	
	Reflexiono sobre la teoría para comprender mejor los datos.	
	Establezco relaciones entre los elementos del problema.	
	Represento esas relaciones usando el lenguaje matemático.	
	Visualizo de forma gráfica y/o geométrica el problema.	
Estimación del resultado	Realizo estimaciones sobre	<ul style="list-style-type: none"> • “Plantear una probable solución.”
Planificación de estrategias	Busco, selecciono y proceso los conceptos teóricos para la resolución de la situación planteada.	<ul style="list-style-type: none"> • “Deducir los caminos posibles para llegar a la resolución.” • “Pensar el procedimiento.” • “Evaluamos distintas formas con las cuales se puede resolver el problema y elegimos la más conveniente.” • “Intentar simplificar o aplicar propiedades que permitan reducir la complejidad del problema” • “Recurrir a los apuntes de teoría y/o libros, en caso de dudas.” • “Recurrir a la bibliografía.”
	Si es necesario descompongo el problema en partes.	
	Propongo uno o más métodos para encontrar las posibles soluciones.	

Resolución del problema	Selecciono el método de resolución más adecuado.	<ul style="list-style-type: none"> • “Desarrollar la solución del problema justificando los pasos” • “Realizar un planteo teórico y a partir del mismo resolvemos el problema” • “Identificar si existe una fórmula o procedimiento o para resolver el problema” • “Realizar cálculos y cálculos auxiliares.”
	Sigo la secuencia lógica de resolución planificada.	
	Desarrollo la solución paso a paso, usando la notación matemática adecuada y expresando la justificación teórica.	
	Realizo los cálculos controlando los resultados intermedios.	
	Analizo el o los resultado/s matemáticos y los interpreto en el contexto del problema.	
	Obtengo un resultado pertinente con la situación planteada.	
Verificación de resultados	Cuando es posible, resuelvo el problema por otro procedimiento, para verificar el resultado.	<ul style="list-style-type: none"> • “Realizar una verificación del desarrollo para eliminar posibles errores.” • “Verificar procedimiento y resultado.” • “Ver si el resultado obtenido es coherente” • “Revisar el proceso de resolución, que el resultado sea acorde a lo pedido y las unidades sean las correspondientes.” • Verificar lo expresado en cada procedimiento. • “Comparar resultados y procedimientos con compañeros.”
	Controlo haber utilizado todos los datos pertinentes y corroboro no haber cometido errores al utilizarlos.	
	Verifico que la solución coincide con las estimaciones. En caso de obtener incoherencia, rechazo el resultado y reviso todo el procedimiento.	
Comunicación de resultados	Comunico los resultados con claridad usando la notación matemática simbólica pertinente y representaciones gráficas cuando corresponde.	<ul style="list-style-type: none"> • “Concluir en un resultado final”.
	Fundamento el resultado en forma escrita y oral.	
	Reconozco y acepto posibles errores.	

Fuente: elaboración propia a partir del documento elaborado por el CONFEDI [21]

3.3 Fase de consenso y firma del Contacto Didáctico

Por último se remarcó a los alumnos la necesidad del compromiso mutuo con los procesos de enseñanza y de aprendizaje, haciendo hincapié en la importancia de las actividades propuestas para su desarrollo personal y su futuro profesional.

Todo lo trabajado se formalizó en un contrato pedagógico, el cual fue impreso y entregado a los alumnos para su lectura y acuerdo.

Finalmente en un acto formal, con el fin de sellar el compromiso, tanto los docentes como los estudiantes, firmaron el contrato por duplicado.

En la Tabla 3 se muestra la parte del documento que corresponde a los *acuerdos y compromisos* asumidos por ambas partes. El texto completo consta de 19 páginas y 9 secciones: La importancia del Cálculo Vectorial en la carrera, Objetivos Generales, Programa, Actividades Presenciales y Horarios, Recursos para el Alumno, El plan de Evaluación, Cronograma de Actividades e Información sobre el Campus virtual.

Tabla 3. Contrato Didáctico

En la ciudad de Oro Verde, el 15 de marzo de 2016.....		
REUNIDOS en el aula n° 3 de la Facultad de Ingeniería.....		
De una parte, los estudiantes inscriptos en el curso “Calculo Vectorial”, asignatura del ciclo básico de la carrera de Bioingeniería y de otra parte el equipo de docentes de la Cátedra: Ing. María Magdalena Añino, Prof. Gustavo Pita, Ing. Alberto Miyara, Bioing. Carolina Carrere, Bioing. Leandro Escher, Bioing. Emiliano Ravera y docentes auxiliares.....		
Luego de participar de la discusión del documento en el que se fijan los objetivos de aprendizaje, los aspectos metodológicos y la forma de evaluación.....		
MANIFIESTAN		
Que es de interés común participar de la implementación del curso en el marco de una propuesta que promueve un aprendizaje reflexivo y participativo, incorporando actividades de evaluación con un sentido formativo, siendo conscientes de que el éxito de este sistema depende del compromiso individual asumido por ambas partes contratantes y que se resumen en los siguientes:		
ACUERDOS y COMPROMISOS	De los Profesores	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar herramientas que fortalezcan el desarrollo del pensamiento matemático y potencien el razonamiento a través de los contenidos seleccionados y actividades planificadas para el curso de Cálculo Vectorial. • Indicar la Bibliografía básica y complementaria. • Cumplir con el cronograma de trabajo propuesto, comunicando cualquier cambio que sea necesario realizar. • Publicar las guías de estudio u otro material necesario en el campus virtual de la asignatura, semanalmente. • Incorporar en las clases distintos materiales (gráficos, animaciones) que faciliten la comprensión de los conceptos e ilustren las explicaciones. • Realizar las correcciones, observaciones y comentarios que guíen el proceso de aprendizaje. • Respetar los horarios asignados a las distintas actividades presenciales. • Crear un clima de apertura y confianza en el aula para que a través del diálogo surjan las dudas, los errores y las dificultades para luego trabajar a partir de ellas. • Explicitar los criterios de evaluación. • Realizar actividades de apoyo y repaso de acuerdo a las necesidades de los estudiantes teniendo en cuenta la disponibilidad áulica y de horarios de ambas partes. • Realizar la devolución de las evaluaciones parciales en una instancia presencial que permita al estudiante consultar personalmente todas las dudas o situaciones que puedan presentarse de manera que pueda seguir trabajando para superar los obstáculos. • Garantizar que la devolución de las evaluaciones parciales se realizará dentro de un plazo razonable que permita la corrección de las mismas y la categorización de los errores. • Publicar la fecha de devolución de las evaluaciones parciales con suficiente anticipación para facilitar la participación de los estudiantes en dicha actividad. • Informar las novedades que puedan surgir a través del campus virtual y la cartelera del Departamento Matemática.

	De los Estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar el documento, que acompaña a este contrato y brinda la información sobre la metodología de trabajo en el curso, como un material indispensable para organizar el estudio de la asignatura y optimizar el tiempo disponible. • Consultar permanentemente el cronograma de actividades de la asignatura. • Asistir regularmente a clase - aunque no se tome asistencia - y participar de la misma. • Respetar los horarios de ingreso al aula consensuados con cada docente. • Traer a las clases la bibliografía básica y las guías en formato impreso o digital. • Hacer propias las metas del curso, transformarlas en metas personales de aprendizaje y entonces realizar con honestidad académica y siguiendo las pautas consensuadas las actividades indicadas (Informes Semanales, Trabajos Prácticos de Laboratorio, Autoevaluaciones). • Aprovechar todos los espacios de diálogo y participación brindados por la cátedra en los horarios correspondientes. • Considerar los criterios de evaluación proporcionados por la cátedra como guías para observar el propio desempeño. • Realizar las actividades de autoevaluación. • Realizar los Informes Semanales comprendiendo y valorando el sentido de esta actividad. • Trabajar en grupo para lograr un Trabajo de Laboratorio que demuestre los logros alcanzados en cuanto a resolución de problemas.
--	--------------------	--

3.4 Los criterios de evaluación e indicadores consensuados

- *Análisis del problema planteado:* Identifica correctamente la incógnita, objetivo o meta. Organiza los datos. Verifica que son consistentes con el problema planteado. Identifica las variables.
- *Planteo Teórico:* Relaciona el problema con conceptos teóricos pertinentes, considerando todas las condiciones o hipótesis. Si corresponde realiza un esquema gráfico o representación geométrica clara y adecuada.
- *Selección de Estrategias:* A partir del planteo teórico realizado define la estrategia de solución. Considera los diferentes métodos y elige el más conveniente. Selecciona la estrategia adecuada expresando una justificación completa.
- *Resolución:* Sigue una secuencia lógica de resolución planificada. Desarrolla la solución paso a paso, usando la notación matemática adecuada y expresando la justificación teórica cuando se aplica una propiedad o teorema.
- *Cálculo de la solución:* Realiza todos los cálculos correctamente y aplica las reglas y propiedades que corresponden. Obtiene y expresa el resultado correcto.
- *Interpretación del resultado:* Vincula el resultado (o los resultados) con la meta, el contexto del problema y las predicciones realizadas. Brinda una interpretación. Verifica la coherencia analizando los aspectos del resultado que están a su alcance.
- *Comunicación:* Utiliza hábilmente el lenguaje matemático, expresando con precisión, claridad y notación correcta su razonamiento y cada una de las etapas de la resolución.
- *Representación gráfica:* Ilustra su razonamiento con gráficas claras en el espacio adecuado, indicando el sistema de referencia, nombrando los ejes coordenados, referenciando las coordenadas de puntos importantes, vinculando las gráficas con las ecuaciones correspondientes.

4. Primeros resultados y Conclusiones

Año a año preparamos el primer encuentro con los estudiantes que se inscriben en el curso que impartimos y tratamos de entusiasmarlos para que puedan comprender lo que la asignatura les propone y así realizar el esfuerzo para llegar hasta el final, logrando un aprendizaje que sea significativo. Habitualmente presentábamos los objetivos, el programa, la bibliografía, el plan de evaluación, el cronograma y esto siempre fue valorado positivamente por los estudiantes en las encuestas que realiza la institución. Sin embargo observábamos que la forma en la cual se realizaba esta comunicación no resultaba eficiente, en cuanto no era utilizada por un alto porcentaje de los estudiantes para organizar su trabajo al momento de resolver problemas. Este primer cuatrimestre del año 2006, al realizar una introducción diferente, desde otra perspectiva, involucrando a los alumnos desde el primer momento y persistiendo en esa postura a lo largo del cuatrimestre, manteniendo la coherencia y los acuerdos, hemos logrado algunos avances.

Los criterios de evaluación formaron parte de los materiales utilizados en las clases prácticas. Los docentes los aplicaron para realizar las devoluciones de los informes realizados por los alumnos cada semana, detectando así las dificultades y también los progresos. Las producciones escritas realizadas por los estudiantes (informes, trabajos prácticos de laboratorio, evaluaciones parciales, exámenes recuperatorios) se consideraron registros del proceso de aprendizaje, que nos permitieron observarlo y emitir un juicio de valor a través de aplicar los criterios consensuados y nos mostraron los logros alcanzados.

Del total de alumnos inscriptos el 9% no realizó el curso (no asistió a las clases y no se presentó a las evaluaciones parciales), el 6% dejó la asignatura en la séptima semana luego de rendir el primer parcial), el 11% realizó el esfuerzo para cumplir con las actividades pero no logró un promedio mínimo del 50% en las dos evaluaciones parciales. Por otra parte el 74 % realizó el trayecto completo cumpliendo con los compromisos acordados. Dentro de esta categoría distinguimos que el 54 % alcanzó la regularidad y está en condiciones de presentarse a la evaluación final mientras que el 20% ha promocionado la asignatura. Quizás no sean cambios cuantitativos notables pero sí consideramos valiosa la información cualitativa que acompaña a estos porcentajes obtenida a partir de los criterios redactados a partir del trabajo conjunto con los estudiantes.

Queda por realizar un análisis más completo y profundo y también indagar sobre cómo percibieron nuestros alumnos esta innovación, escuchar sus voces para contrastar con nuestras observaciones.

5. Referencias

- [1] STERN, T., TOWNSEND, A., RAUCH, F., & SCHUSTER, A. (2013). *Action research, innovation and change: international perspectives across disciplines*. London, UK: Routledge.
- [2] MCNIFF, J. (2013). *Action research: Principles and practice*. London, UK: Routledge.
- [3] KEMMIS, S., MACTAGGART, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Laertes.
- [4] RETANA, J. Á. G. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Revista Educación*, v.37, n.1, p. 29-42.
- [5] ZABALZA, M. (2011). Nuevos enfoques para la didáctica universitaria actual. *Perspectiva*, Florianópolis, v.29, n 2,p 387-416.

- [6] MOLINAR, R. I. H.; ONTIVEROS, M. M., y GONZÁLEZ, D. E. E. (2016). Aprendizaje activo en estudiantes de Ingeniería, como estrategia de enseñanza-aprendizaje efectiva, para adquirir conocimientos. *ANFEI Digital*, n.3.
- [7] LÓPEZ PASTOR, V. (Coord.) (2009) *Evaluación Formativa y Compartida en Educación Superior*. Madrid: Narcea.
- [8] CARRERE, C., MILESI, S., LAPYCKYJ, I., RAVERA, E., MIYARA, A., PITA, G., y AÑINO, M. (2016). Formative Assessment and Professional Training: Reflections from a Mathematics course in Bioengineering. *Journal of Physics: Conference Series*, v705, n1, p. 1-10.
- [9] GUARDIA, P (2013). Sentidos y controversias en torno a la evaluación de los aprendizajes en educación superior. *Argonautas: Revista Digital de Educación Superior*, n.3.
- [10] AÑINO, M., PERASSI, M., MERINO, G., RAVERA, E., PITA, G., MIYARA, A., WAIGANDT, D (2012). Mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática en Bioingeniería: Un desafío asumido desde la investigación-acción. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, n.1.
- [11] STEWART, J. (2002). *Cálculo de Varias Variables. Trascendentes Tempranas*, Séptima Edición. Méjico: Ed. Cengage Learning.
- [12] HAMODI, C., LÓPEZ PASTOR, V. M., LÓPEZ PASTOR, A. T. (2015). Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior. *Perfiles Educativos*, v.37, n. 147, p.146-161.
- [13] BIGGS, G. S. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*, Segunda Edición. Madrid: Narcea.
- [14] HERNANDEZ PINA. (1996). La evaluación de los alumnos en el contexto de la evaluación de la calidad de las universidades. *Revista de investigación educativa*, v.14, n.2, p.25-50.
- [15] LÓPEZ GARGALLO, B. (2008). Estilos de docencia y evaluación de los profesores universitarios y su influencia sobre los modos de aprender de sus estudiantes. *Revista española de pedagogía*, n.245, p. 425-445.
- [16] BROWN, S. A., GLASNER, A. (Eds.). (2007). *Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques*. Segunda Edición. Madrid: Narcea Ediciones.
- [17] WILIAM, D. (2009) Una síntesis integradora de la investigación e implicancias para una nueva teoría de la evaluación formativa. [En línea] *Archivos de Ciencias de la Educación* (4a. época) v.3, n3. Disponible en:
http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4080/pr.4080.pdf
- [18] ANDERSON, G., BOULD, D. AND SAMPSON, J. (1996). *Learning contracts. A practical guide*. London: Kogan Page.
- [19] PRZESMYCKI, H. (2000). *La pedagogía del contrato. El contrato didáctico en la educación*. Barcelona: Graó.
- [20] STEPHENSON, J. (1993). *Using learning contracts in higher education*. Reprinted (2002) London: Routledge.
- [21] CONFEDI (2014). “*Declaración de Valparaíso*” sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano. Mar del Plata: Universidad FASTA Ediciones.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

De “Ingeniería Legal” a “Ejercicio y Legislación Profesional”

Crespi Mario Gabriel, UNLP – Facultad de Ingeniería, crespi@ing.unlp.edu.ar

Escalona Barrionuevo Alfredo, UNLP – Facultad de Ingeniería,

alfredo.escalona@ing.unlp.edu.ar

Esposito Andrea Beatriz, UNLP – Facultad de Ingeniería, andrea.esposito@ing.unlp.edu.ar

Martinez Ricardo Ariel, UNLP – Facultad de Ingeniería, ricardo.martinez@ing.unlp.edu.ar

Pendón Manuela Mercedes, UNLP – Facultad de Ingeniería,

manuela.pendon@ing.unlp.edu.ar

Tittonel Marcelo, UNLP – Facultad de Ingeniería, mtittonel@ing.unlp.edu.ar

Williams Eduardo Ariel, UNLP – Facultad de Ingeniería, williams@ing.unlp.edu.ar

Resumen— En la asignatura Ingeniería Legal que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la UNLP, se observó que en los contenidos de la misma, prevalecía el abordaje de temáticas vinculada con la enseñanza y estudio de las ramas del Derecho, por sobre el conocimiento, comprensión y aplicación de las leyes, normas y reglamentos que están presentes en dichas ramas del Derecho para el eficaz Ejercicio Profesional del Ingeniero.

Basada en una estrategia mixta de enseñanza, es decir, alternando clases explicativas (intervención directa) y propuestas de intervención indirecta (se propone al alumno que plantee consignas y realice estudios de casos basado en temáticas propuestas por el docente), se propone ir formando al alumno en cuestiones relacionadas con temáticas que serán de suma importancia en el Ejercicio Profesional, como ser: conocimiento de incumbencias y requisitos de las especialidades de la Ingeniería, cálculo de honorarios profesionales, Responsabilidad y Ética Profesional, Tasaciones, confección de contratos obligatorios por tareas profesionales, Taller sobre aplicación de la legislación en materia de Salud y Seguridad en el Trabajo para Industria, entre otros.

Con este panorama, nos hemos propuesto el estudio e implementación de algunos cambios en la enseñanza de la asignatura de cara a la formulación de nuevos planes de estudios que entendemos favorecerán el desarrollo profesional de los futuros egresados.

Palabras clave— *Ejercicio Profesional, Ingeniería, Legislación Profesional.*

1. Introducción

Con el correr del tiempo la enseñanza de Ingeniería Legal para las carreras de Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Electricista, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química en

la Facultad de Ingeniería UNLP, fue siendo enfocada más hacia la enseñanza del Derecho que hacia el Ejercicio Profesional.

Si se realiza un análisis de las temáticas abordadas en la asignatura puede verse claramente una mayoría de temas propios y frondosos del derecho (Derecho Constitucional, Derecho Civil - Personas, Patrimonio, Obligaciones, Contratos - Derecho Administrativo, Derecho Procesal, Derecho del trabajo y Previsión Social, Derecho Comercial, etc.) frente a temáticas importantes del ejercicio profesional: Funciones del Ingeniero, (Requisitos para el ejercicio profesional, Honorarios y Aranceles), Gobierno de la Profesión, Responsabilidad Profesional, Sistemas de Ejecución de Obras, Seguridad e Higiene en el Trabajo, Protección del Medio Ambiente y Propiedad Intelectual e Industrial).

Sumado a esto se carecía completamente de la correspondiente ejercitación práctica que los futuros profesionales de la ingeniería deben poder desarrollar, como es el cálculo de honorarios profesionales, la confección de los contratos obligatorios por tareas profesionales, análisis de las correspondientes incumbencias profesionales, como así también la falta de desarrollo de algunas temáticas netamente del ejercicio profesional como lo es la Tasación.

Con este panorama, nos abocamos al estudio e implementación de algunos cambios en la enseñanza de la asignatura de cara a la formulación de nuevos planes de estudios en la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Entendemos que dichos cambios favorecerán el desarrollo profesional de los futuros egresados.

2 Desarrollo

Como primera instancia, consideramos conveniente recordar los objetivos de la asignatura que fueron explicitados en oportunidad de la aprobación del Programa de la Materia, previo a la instancia de acreditación por parte de CONEAU.

- Dar conocimientos sobre los instrumentos jurídicos básicos para el ejercicio profesional de la ingeniería.
- Entrenar al alumno en la interrelación de la aplicación de los fenómenos técnicos que maneja y su aplicación tecnológica con el derecho, armonizando y compatibilizando su aplicación.
- Promover y activar el trabajo interdisciplinario con los profesionales del derecho y otras ciencias en vistas a enriquecer el ejercicio profesional de la ingeniería.
- Inculcar el derecho como el medio o instrumento necesario para que la convivencia social en la República se desarrolle en el marco del bien común, con valores de justicia, paz, orden y seguridad, frente a una sociedad que liberada de estos valores, tiende al egoísmo, la inseguridad, el desorden y la disgregación.

Vemos que en los tres primeros enunciados se pone en el centro del análisis, el ejercicio profesional de la ingeniería y la aplicación de los fenómenos técnicos y su aplicación tecnológica de la ingeniería.

El último objetivo está referenciado a la convivencia social con valores altamente elogiados donde el profesional, ingeniero en nuestro caso, es uno de los actores de esa convivencia.

La realidad nos ha mostrado que la enseñanza en la temática legal que lleva consigo la práctica del ejercicio profesional, como hemos visto en los objetivos previamente enunciados, por parte de los ingenieros en los diferentes campos de aplicación, tanto público como privado, en forma liberal o en relación de dependencia, es desarrollada, en contraposición a lo

esperado, como si la misma se correspondiera con la formación inicial de un estudiante de la carrera de derecho, más que enfocada al estudiante de ingeniería.

Muchos aspectos que hacen al ejercicio profesional el que realizarán, el día de mañana, los futuros profesionales, no se encuentran contenidos en las asignaturas actuales.

Sobre la base de ese encuadramiento, explicitamos una posición concreta que considera que la enseñanza de los aspectos legales en las carreras de ingeniería deben abordarse bajo el precepto del Ejercicio Profesional y no como un resumen de las materias que conforman las carreras de derecho.

Bajo este panorama es nuestra opinión, en base a lo anteriormente desarrollado, que la enseñanza que reciben los estudiantes de las carreras de ingeniería debe modificarse dejando de tener tanto peso específico los contenidos de derecho en las asignaturas Ingeniería Legal, Legislación, Aspectos Legales de la Ingeniería, Derecho para Ingenieros o sea cual fuese la denominación de la misma en desmedro de los contenidos y conocimientos que si le serán requeridos en su desempeño profesional como:

- responsabilidad profesional asociada, tanto desde lo preceptuado en los Códigos de fondo de la legislación argentina como en los respectivos Códigos de Ética o Disciplinarios y los límites de los mismos;
- desarrollo de la actividad profesional conforme exclusivamente las incumbencias o perfiles y alcances del título que se posee señalando fuertemente las implicancias y los riesgos que se asumen civil y penalmente cuando se transgreden estos límites;
- debida matriculación remarcando, en consonancia con los ítems anteriores, los beneficios, obligaciones y derechos que llevan consigo tener misma o la inobservancia de aquella;
- las implicancias jurídicas de ejercer la profesión en forma irregular o ilegal;
- formas de ejecución de obras, enunciando claramente las diferencias existentes entre las diversas formas existentes, como sus implicancias. Asimismo los derechos y obligaciones de cada uno de los actores intervinientes; las incompatibilidades en el desempeño simultáneo de diferentes figuras profesionales; las contrataciones de locaciones de servicios y sus diferencias con las locaciones de obras.
- régimen arancelario: inculcándole a los alumnos la importancia del manejo de los aranceles establecidos normativamente, al menos en la provincia de Buenos Aires, que conlleva al cálculo de honorarios profesionales mínimos para el desarrollo de tareas profesionales de ingeniería. Asimismo la importancia y necesidad del conocimiento como debe cumplimentarse la documentación técnica a presentar ante las autoridades correspondientes para su visación y/o aprobación.

La propuesta metodológica para la enseñanza que debería utilizarse en el dictado de la asignatura, encuadrada en el marco de las reglamentaciones vigentes en la Facultad de Ingeniería UNLP, se basa en el desarrollo de actividades integrales que consideran fuertemente vinculados a los aspectos teóricos y su necesaria e insoslayable correlación con la práctica de manera que tal interacción sea única, coherente y positiva.

Fruto de la experiencia relevada, consideramos que deben propiciarse cambios en la manera actual de dictado de la asignatura como a continuación se detalla.

Debe trabajarse para que el dictado de la asignatura resulte de mayor interés para los alumnos, procurando transmitirle a los alumnos la importancia, en su vida profesional futura, el abordaje y conceptualización de los temas desarrollados a efectos de evitar o disminuir las

problemáticas que se desencadenan muchas veces por desconocimiento de las normativas aplicables en lo concerniente a la ejercitación profesional.

Otro aspecto a modificarse se relaciona con las evaluaciones, las que se propiciarán de carácter teórico-práctico, de manera que se evalúen los conocimientos teóricos desde el punto de vista de la aplicación práctica o hacia donde se debería tender acorde a los objetivos planteados para la asignatura y no como simple recordatorio de memoria de determinados conceptos legales. Esto debe necesariamente estar correlacionado con el abordaje práctico de las temáticas que se dictan en forma teórica.

Otro de los aspectos que entendemos sería interesante y conveniente de modificarse es la ubicación de la asignatura en los planes de estudios. La experiencia demuestra la conveniencia que los alumnos hayan transitado por varias asignaturas propias del ejercicio de la profesión para que puedan ser aprovechados los conocimientos de Ingeniería Legal correlacionados con el mismo.

En la actualidad la asignatura Ingeniería Legal en las carreras mencionadas anteriormente se encuentra posicionada en el 6°, 7°, 8° y 9° cuatrimestre, dependiendo la carrera analizada. En tal sentido se considera que la asignatura no debería estar ubicada en cuatrimestre menor del 8°, siendo lo más recomendable entre el 9° y 10° para un mejor aprovechamiento, comprensión y asimilación de los conocimientos impartidos.

3 CONCLUSIONES.

La metodología con la que se pretende desarrollar el curso es de clases teórico -prácticas, en las que se trataría de impartir el conocimiento de las instituciones jurídicas que se consideran básicas y necesarias para poder manejar adecuadamente las regulaciones y reglamentaciones específicas de la actividad de la ingeniería.

En ese sentido en la primera parte del desarrollo de los contenidos que son de carácter general, se explicarían los rudimentos de cada institución, avalada con abundantes ejemplos prácticos referidos a casos o hechos en los que estén presente problemas de ingeniería, responsabilidad de los profesionales de la ingeniería, participación de los profesionales de la ingeniería como protagonistas de su ejercicio profesional o afectados por ellos o como auxiliares de la justicia, o como árbitros.-

Esta metodología debe tender a que el alumno vaya adquiriendo progresivamente dentro del semestre en el que se extiende la cursada dichos conocimientos básicos, que se convierten en herramientas para poder leer, comprender, razonar y aplicar las regulaciones jurídicas que conforman y definen la aplicación de los campos de acción profesional de la ingeniería.

Se debe trabajar para que las clases sean interactivas con los alumnos a los que se requerirá participación para ir detectando la comprensión de los conocimientos que se van desarrollando.

La planificación de la cursada, los cuadros sinópticos que los alumnos tienen a su disposición en el Centro de Estudiantes y la orientación bibliográfica que contienen, les debería permitir llegar a la clase con un conocimiento de los temas a tratar y participar en forma fructífera de la misma.

Se propicia que la modalidad teórico práctica puede complementarse con otra actividad que tenga por objeto que el alumno investigue un tema de su interés, libre elección y correspondiente a la especialidad de la ingeniería que estudia. El tema como única condición debe tener conexidad con algún tema de los analizados en la materia y debe contener como mínimo los siguientes tópicos: un estudio bibliográfico sobre el tema, una descripción del

régimen legal aplicable al tema elegido, la solución que le asignaría el alumno fundamentando la misma legalmente.

Cabe destacarse de fundamental importancia el trabajo en forma coordinada y relacionada con materias de carácter eminentemente profesional que imparten conocimientos que tienen conexidad con los abordados en Ingeniería Legal ó a futuro Ejercicio y Legislación Profesional, a efectos que esta asignatura sea proveedora de conocimientos profesionales legales base para otros conocimientos profesionales ingenieriles.

Durante el primer semestre de 2016 ya se han introducido cambios en los temas abordados, como por ejemplo la supresión de los temas Expropiación, Derecho Internacional Público y Derecho Comercial. En su reemplazo, se abordan temas de más trascendencia para el ejercicio profesional de la ingeniería como Tasaciones y se previeron clases especiales de temáticas correspondientes a determinadas especialidades como Seguridad e Higiene (Electricistas y Electrónicos), Régimen Electro energético y Gas (Mecánicos, Industriales y Electricistas), Telecomunicaciones y Derecho (Electrónica) ó Servidumbre Administrativa de Electro ducto para (Mecánicos, Industriales y Electricistas).

Asimismo se elaboraron trabajos prácticos acordes a las incumbencias de cada especialidad para que los alumnos desarrollen el cálculo del honorario mínimo correspondiente a una tarea profesional determinada, a saber; Proyecto y Dirección de una instalación eléctrica de un hotel (Ingeniería Eléctrica), Dirección Técnica del Servicio de Seguridad e Higiene para una tarea de pintura de inmueble (Ingeniería Industrial), Proyecto y Dirección de una instalación de sistema de alarmas en una vivienda domiciliaria (Ingeniería Electrónica), Representación Técnica de una empresa de mantenimiento de ascensores (Ingeniería Mecánica) y Proyecto y Dirección de una instalación de eléctrica y mecánica en una fábrica metalúrgica (Ingeniería en Materiales).

Creemos que estas primeras acciones, son el punta pié inicial para un cambio importante y necesario que debe darse para poder dotar al futuro egresado de las herramientas mínimas que ayuden en su desarrollo profesional, no desde el punto de vista de la técnica, sino desde lo reglamentario, legal y profesional en sí mismo.

4 Referencias

1. Carol, Guillermo C. Año 2008. *“Ingenieros, agrimensores y el derecho. Parte General. Tomos I y II”* – La Plata – Centro de Estudiantes de Ingeniería La Plata (CEILP).
2. Butlow, Daniel Enrique. Año 2002. *“Ingeniería Legal – Las Respuestas”* - Buenos Aires - www.arquilegal.com
3. Ley 10416 (modificada por las leyes 10698, 13114 y 13686) - Año 1986 (1988, 2003, 2007) – *“Ejercicio Profesional de los Ingenieros en la Provincia de Buenos Aires”* – La Plata, Provincia de Buenos Aires.
4. Decreto N° 6964. Año 1965 *“Arancel para Regulación de Honorarios a los Profesionales de la Ingeniería”*.
5. Resolución N° 1054. Año 2002. Contenidos curriculares básicos, carga horaria mínima, criterios de intensidad de la formación práctica, estándares para la acreditación de las carreras, actividades profesionales e inclusión de los títulos de ingeniero agrimensor e ingeniero industrial en la nómina del artículo 43 de la Ley Nro. 24.521.



III CADI
IX CAEDI
2016



JÓVENES Y REDES SOCIALES ¿ES TAN FLUIDA LA RELACIÓN CUANDO MEDIA UNA PROPUESTA ACADÉMICA?

Analía C. Chiecher, Universidad Nacional de Río IV - CONICET, achiecher@hotmail.com

Jorge E. Vicario, Universidad Nacional de Río IV, jvicario@ing.unrc.edu.ar

María A. Méndez, Universidad Nacional de Río IV, amendez@ing.unrc.edu.ar

Paola V. Paoloni, Universidad Nacional de Río IV – CONICET, paopaoloni17@hotmail.com

Resumen— Prevalece hoy una concepción desde la cual se considera que los jóvenes pertenecen a una generación de nativos digitales que utilizan hábilmente las tecnologías y que, por tanto, dominan ampliamente una serie de habilidades digitales básicas que les permiten operarlas. Dadas estas características de los jóvenes actuales se postula la importancia de incluir las TIC en propuestas educativas. Orientados por ese objetivo, se propuso a un grupo de aspirantes a ingresar en carreras de ingeniería una tarea académica, cuya particularidad residió en que debía ser resuelta en grupos y en el entorno de comunicación proporcionado por Facebook. Participaron 3 docentes y 54 estudiantes distribuidos en 9 grupos cerrados habilitados en Facebook. Los resultados indican una baja participación e implicación de los estudiantes en la tarea. En efecto, en un periodo de tres semanas en las que transcurrió la actividad, 11 sujetos no registraron participación a pesar de haber solicitado unirse al grupo; 16 estudiantes registraron entre 5 y 10 intervenciones; la mayoría (24) intervinieron menos de 5 veces, en tanto que solamente 3 se mostraron realmente activos, participando en más de 10 oportunidades. La discusión retoma valoraciones de los estudiantes luego de finalizada la actividad y plantea un resguardo respecto de esta concepción arraigada acerca de la habilidad de los jóvenes y de su alta motivación para participar en actividades mediadas por tecnologías.

Palabras clave— *jóvenes, redes sociales, contextos educativos*

1. Introducción

1.1 Los jóvenes y las tecnologías

Los jóvenes del siglo XXI son la primera generación que ha conocido desde su infancia un universo mediático muy diversificado: diarios, revistas, radios, canales de TV abiertos y por cable, videojuegos, DVD, IPOD, MP3, MP4, celulares, Internet, tablets... [1]. Las pantallas -de televisión, de cine, de celular y de computadora- son parte esencial de la cotidianeidad de los chicos. Se han naturalizado en sus vidas y forman parte importante de su identidad.

Se multiplican por miles y millones los adolescentes y jóvenes cuyas vidas transcurren paralela y simultáneamente en dos esferas, en dos espacios. Tienen una vida de relación en contextos presenciales y otra en ambientes virtuales, una identidad física y una identidad digital, experiencias y vivencias *off line* y *on line*. En la cotidianeidad de sus rutinas diarias, más de una vez llegan a casa, luego de haber compartido una jornada escolar con sus amigos, e inmediatamente *se conectan* para seguir en contacto con ellos.

Dadas estas características, prevalece hoy una concepción desde la cual se considera que los jóvenes pertenecen a una generación de '*nativos digitales*' que utilizan hábilmente las tecnologías y que, por tanto, dominan ampliamente una serie de habilidades digitales básicas que les permiten operarlas. Si hay un rasgo que caracteriza a los adolescentes y jóvenes de la actualidad es el hecho de que han nacido en un mundo tecnologizado, en un mundo que se mueve a través de las tecnologías. En tal sentido, se refiere a ellos como la generación multimedia, generación *net*, nativos digitales, *millennials*, todas expresiones que remiten a las particularidades de la generación de jóvenes actuales atravesada, sin lugar a dudas, por la dimensión tecnológica.

En el contexto de nuestro país (Argentina), Morduchowicz [1] y [2] realizó en el año 2006 un estudio acerca de los consumos y prácticas culturales de 3300 jóvenes entre 11 y 17 años. Cinco años después, en 2011, replicó el relevamiento mostrando con claridad los importantes cambios acontecidos en tan corto periodo de tiempo. Entre los cambios más notorios pudo apreciarse la presencia de más pantallas y menos medios gráficos en los hogares. Algunos datos concretos avalan esta afirmación. En el año 2006 el 55% de los jóvenes encuestados tenía un teléfono celular, en el 2011 la cifra asciende al 100%. En 2006 un 30% de los jóvenes tenía computadora en su casa, en 2011 el porcentaje asciende a un 70%. En 2006 solo un 15% de los jóvenes accedían a Internet desde sus domicilios, elevándose esa cifra a un 50% en el año 2011. Aunque parezca increíble, en 2006, ningún adolescente hablaba de las redes sociales o de tener un perfil en Facebook; en cambio, en 2011 ésta situación cambia radicalmente, con muchos usuarios adolescentes en las redes sociales, inclusive menores de la edad permitida (Morduchowicz [1] y [2]). Y estamos en 2016... se puede sospechar que las cifras han cambiado más todavía.

Estudios realizados en otros contextos muestran resultados similares. En otros términos, esta relación cada vez más fluida de los jóvenes y adolescentes con la tecnología, y especialmente con las pantallas, ocurre no solamente en el contexto de Argentina, sino de manera más globalizada, en otros contextos, países y latitudes (ver por ejemplo [3] y [4]).

En síntesis, el dinamismo del universo tecnológico y los cambios mediáticos producidos en las últimas décadas han suscitado fuertes transformaciones en la manera en que los adolescentes forman su identidad, se relacionan con el otro, adquieren saberes y construyen conocimientos; es decir, en el modo en que conciben el mundo [5]. Siendo así, la educación debería acompañar el cambio, adaptándose a estas nuevas generaciones y proponiendo respuestas y alternativas a los nuevos modos de aprender y de conocer. Tras el mencionado objetivo, se diseñó e implementó una tarea académica cuya particularidad residía en que debía ser resuelta en grupos y en el entorno de comunicación proporcionado por Facebook.

En términos teóricos, se diseñó una *e-actividad*, concepto que alude a actividades o tareas académicas presentadas, realizadas o transferidas a través de la red [6].

La referida tarea fue implementada en el contexto del preingreso en carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Se trata de una instancia en la que, año tras año, participan jóvenes que están cursando su último año de secundario y que aspiran a ingresar en alguna carrera de ingeniería al concluir la escuela media. El preingreso -o Taller Semipresencial Preparatorio para el Ingreso- procura, precisamente, ofrecer a los estudiantes oportunidades de ensayar habilidades propias de la vida universitaria antes del ingreso propiamente dicho. Así, la *e-actividad* diseñada no solo perseguía el objetivo de promover aprendizajes disciplinares de Física y Matemática sino también facilitar los primeros vínculos entre los aspirantes a ingresar en la universidad.

En el próximo apartado se describe en detalle el proceso de implementación de la tarea en Facebook y las etapas involucradas.

1.2 Una tarea académica... en Facebook!

Como anticipábamos, además de la intención de involucrar las tecnologías en contextos educativos, el fin de diseñar e implementar una tarea grupal en Facebook estuvo también orientado a favorecer el aprendizaje de conceptos disciplinares y la socialización entre los estudiantes. Ello, en un contexto virtual -el de los grupos cerrados en Facebook-, cuya elección estuvo avalada en al menos dos razones.

Por un lado, si los estudiantes son usuarios activos de las redes sociales, entonces el recurso de Facebook parecía propicio para motivarlos a participar de una actividad. Por otro lado, los estudiantes que se inscriben en la instancia del preingreso, como decíamos, están aún cursando el último año de secundario. Algunos son de la ciudad pero otros llegan desde la zona. En ese sentido, la posibilidad de trabajar en grupos, pero de manera virtual y asincrónica, resultaba también pertinente.

De hecho, el preingreso a Ingeniería en la Universidad Nacional de Río Cuarto está pensado como una instancia semipresencial y se sustancia entre los meses de septiembre y noviembre de cada año, con tan solo tres encuentros presenciales y un fuerte peso en actividades virtuales. La Universidad Nacional de Río Cuarto cuenta con el SIAT (Sistema de Apoyo a la Teleformación) que brinda el soporte a la mayoría de las actividades virtuales. Sin embargo, para esta tarea, que demandaba fluidas interacciones y comunicación entre los integrantes de cada grupo, se entendió oportuno generar un contexto virtual fuera del SIAT, usando el recurso de los grupos cerrados en Facebook.

La tarea fue diseñada conjuntamente entre especialistas en educación y docentes expertos en los contenidos relativos a Física y Matemática. Se planteó con modalidad grupal, con una extensión de 3 semanas y estuvo organizada en distintas etapas que los estudiantes debían ir cubriendo.

El instructivo con la consigna para realizar la tarea fue entregado a los estudiantes en una clase presencial; instancia en la que además se ofrecieron explicaciones detalladas acerca de la modalidad de participación y gestión de la actividad.

Durante la *primera etapa*, la consigna solicitaba a los estudiantes presentarse en su grupo y avisar a sus compañeros su disposición para iniciar el trabajo. También en esta primera etapa se ponían a disposición de cada grupo tres situaciones entre las cuales el grupo debía optar por una, a fin de intentar una solución en base a los conocimientos físicos y matemáticos proporcionados a través de materiales de lectura. La Figura 1 muestra las situaciones presentadas a los estudiantes.

DESAFÍO GRUPAL SOBRE LAS LEYES DEL MOVIMIENTO

Las siguientes imágenes representan situaciones ligeramente diferentes a las que hemos visto hasta ahora, porque no hay nadie tirando de los cuerpos. ¿Se moverán los cuerpos? Si crees que se mueven, elige con tu grupo uno de los tres sistemas y encuentren las respuestas a las siguientes preguntas: a) ¿Cuál es la aceleración de los cuerpos? y b) ¿Cuánto vale la tensión en la cuerda? No hay rozamiento con las poleas ni con las superficies.

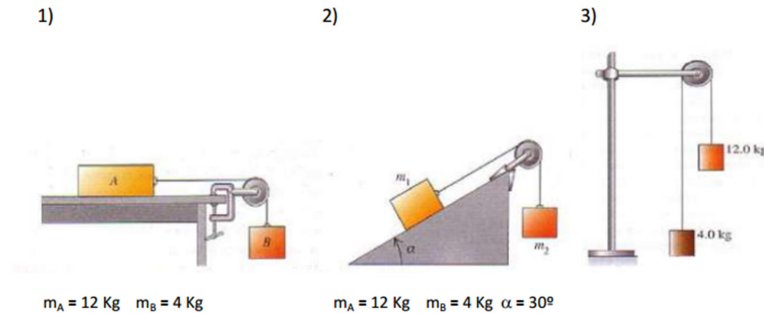
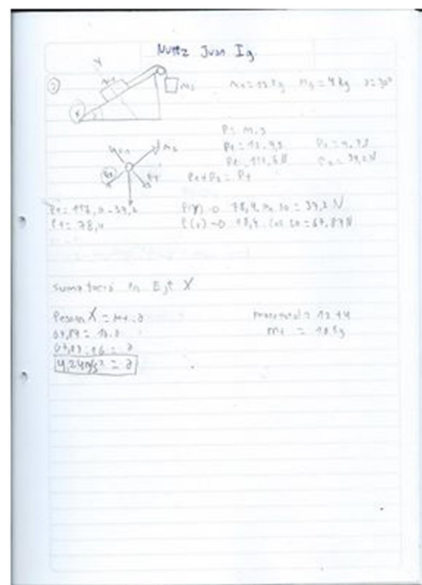


Figura 1. Situaciones problemáticas presentadas a los estudiantes.
Fuente. Elaboración propia.

En una *segunda etapa* los estudiantes debían proponer y someter a debate, siempre usando como medio de comunicación el grupo cerrado en Facebook, posibles alternativas de solución al problema elegido. En esta instancia, muchos grupos se valieron de la posibilidad de subir imágenes. Así, intentaban alguna respuesta en lápiz y papel, tomaban foto y subían la imagen para consideración de sus compañeros. La Figura 2 muestra, a modo ilustrativo, el mensaje de un alumno, dirigido a sus compañeros, proponiendo y sometiendo a debate una posible solución a la situación elegida.

Miren el ejercicio pide la aceleracion y la tension de la cuerda. Yo solo calcule la aceleracion mañana calculo lo otro, pero para que vayan viendo y que controlen. Vean si esta bien o mal. Ojala este bien renegue bastante 😊 jajajaj MAÑANA O PASADO CALCULO EL RESTO



Me gusta Comentar

Figura 2. Ejemplo de intercambios entre pares en torno de la resolución de un problema.
Fuente. Elaboración propia.

En la *tercera etapa* de la tarea los grupos debían elaborar colaborativamente una respuesta a la actividad que incluyera: a) el planteo de la solución a la situación elegida; b) la explicación acerca del modo en que habían empleado una serie de pasos para la resolución de problemas que debían leer de un material sugerido. Finalmente, una vez consensuada la respuesta final a la tarea, debían subirla al aula virtual dejando así constancia de haber participado.

Durante el proceso, los docentes monitorearon diariamente el trabajo en los grupos, ajustando las intervenciones y la ayuda educativa proporcionada a las necesidades que experimentaban los estudiantes mientras avanzaban en la actividad. Así, se procuró intervenir conforme a un estilo tutorial señalado por Chiecher y Donolo [7] como potencialmente favorecedor del aprendizaje, desde el cual se propone responder las consultas de los estudiantes en tiempos breves, recordar frecuentemente tiempos y plazos, proporcionar *feedback* acerca de los avances parciales en el trabajo y estimular la participación de los estudiantes.

Cabe señalar que el diseño de la actividad atendió a algunas de las características que los teóricos -entre ellos [8], [9], [10] y [11]- han propuesto como potencialmente favorecedoras de la motivación por el aprendizaje; entre ellas, la *posibilidad de elección* (en este caso de una situación problemática), de ejercer *autonomía* (al menos en cuanto a la regulación del tiempo que en el entorno virtual es flexible) y de *trabajar en grupo* junto con los pares. Además, la tarea era potencialmente *significativa e instrumental* para los estudiantes puesto que involucraba el aprendizaje de conceptos y habilidades que a futuro, ya como estudiantes universitarios, deberían abordar.

Al finalizar el periodo previsto para el desarrollo de la actividad, los docentes evaluaron los trabajos y proporcionaron a cada grupo una devolución que contemplaba la mención tanto de los logros como de aquellos aspectos sobre los que se sugería seguir trabajando. La evaluación apuntó a ofrecer a los estudiantes una devolución acerca del nivel alcanzado en cuanto al uso de leyes de la Física aplicadas a un caso en particular así como a la pertinencia del modelo matemático elegido para resolver el problema. Se contempló también el nivel de participación de cada estudiante y se hizo mención de ello en la devolución. De todos modos, no hubo una calificación numérica para la actividad, puesto que su objetivo no fue el de acreditar conocimientos sino más bien el de generar un espacio de intercambio social y de acercamiento a algunos conceptos disciplinares.

2. Materiales y Métodos

2.1 Tipo de diseño

Metodológicamente, se trabajó desde el enfoque de los *estudios de diseño o intervenciones programáticas*. Este tipo de estudios se caracteriza, entre otros aspectos, por estar orientado a generar conocimiento que contribuya a mejorar la calidad de las prácticas instructivas en contextos genuinos de aprendizaje y a producir contribuciones teóricas que precisen, extiendan, convaliden o modifiquen la teoría sobre la que se basó la intervención [12]. Son investigaciones cíclicas e iterativas a partir de las cuales se van encadenando ciclos de intervención e investigación. Tres etapas se suceden en el proceso de este tipo de estudios: 1) elaboración del diseño instructivo; 2) implementación del diseño; 3) evaluación retrospectiva.

En el caso del presente trabajo, se ha aludido ya a la etapa de elaboración y de implementación del diseño instructivo, las que se corresponden con la e-actividad descripta anteriormente. En el apartado 'Resultados' se atenderá en detalle a la evaluación retrospectiva de la intervención.

2.2 Sujetos participantes

El listado de inscriptos para cursar el Taller Preparatorio en 2015 sumaba 81 participantes.

Todos los aspirantes cursaban el último año de la escuela secundaria. Algunos de ellos eran oriundos de Río Cuarto en tanto que otros provenían de localidades de la zona.

Sobre el total de 81 sujetos, los docentes crearon 9 grupos cerrados en Facebook, integrados por 9 estudiantes cada uno. Si bien 9 alumnos por grupo es un número excesivo, por experiencias previas sabíamos que no todos se sumarían al trabajo. Efectivamente así fue. De los 81 estudiantes, solamente 54 solicitaron unirse al grupo al que habían sido asignados. Más aún, de esos 54 solamente 43 participaron (y ya veremos algunos muy poco) en el contexto del grupo y en el proceso de resolución de la e-actividad planteada.

Los docentes que realizaron el seguimiento de la e-actividad eran también integrantes de los grupos con lo cual resultaba posible seguir el proceso de los estudiantes e ir realizando ajustes sobre la marcha. Monitorearon el trabajo 3 docentes; uno del área de Física, el otro de Matemática y un tercero, del área de educación, iba conduciendo el desarrollo de las etapas de la tarea.

2.3 Instrumentos de recolección de datos

La recolección de los datos que se presentan en este trabajo fue realizada mediante dos instrumentos: 1) observación y registro de los intercambios en los grupos; 2) administración de un cuestionario al finalizar la experiencia cuyo objeto fue el de recoger valoraciones y percepciones de los estudiantes respecto de su participación en la e-actividad propuesta.

La *observación y registro de los intercambios en los grupos* permite apreciar la cantidad y calidad de la participación de cada estudiante en la resolución de la tarea. En cuanto a la cantidad, se tomó como unidad de análisis cada mensaje o intervención de un estudiante en el contexto de su grupo, sea éste una publicación o bien un comentario a la publicación de un compañero. Respecto de la calidad de las contribuciones, se atendió al contenido de los mensajes y a su aporte efectivo en la elaboración de la respuesta grupal que debían lograr.

Por su parte, el '*Cuestionario sobre la tarea grupal en Facebook*' fue elaborado usando la herramienta Google-Docs. Incluye 17 ítems que tienen por objetivo conocer las apreciaciones y valoraciones de los participantes acerca de la actividad realizada en grupos y en Facebook. Fue administrado al finalizar el periodo de implementación de la e-actividad.

3. Resultados y Discusión

3.1 Implicación en la tarea

La frecuencia o *cantidad* de participación de cada alumno en el grupo puede dar una idea de su grado de implicación en la tarea. En este sentido, del total de 43 alumnos que participaron efectivamente en sus respectivos grupos (al menos en una oportunidad), solamente 3 (7%) lo hicieron en más de 10 ocasiones; otros 16 alumnos (37%) realizaron entre 5 y 10 intervenciones, en tanto que los restantes 24 alumnos (56%) contabilizaron entre 1 y 4 participaciones. Entre ellos, muchos se limitaron a presentarse en el grupo, con la clara intención de participar de la tarea, pero finalmente abandonaron en el camino. De hecho, del total de 43 alumnos que participaron, solamente 14 entregaron la respuesta; esto es, estuvieron activos durante todo el proceso y completaron la actividad.

Asimismo, se observó un dinamismo distinto dentro de cada grupo. En algunos la comunicación y la interacción fue claramente más fluida que en otros. La Figura 9 presenta gráficamente el nivel de comunicación en cada grupo y la contribución de cada participante.

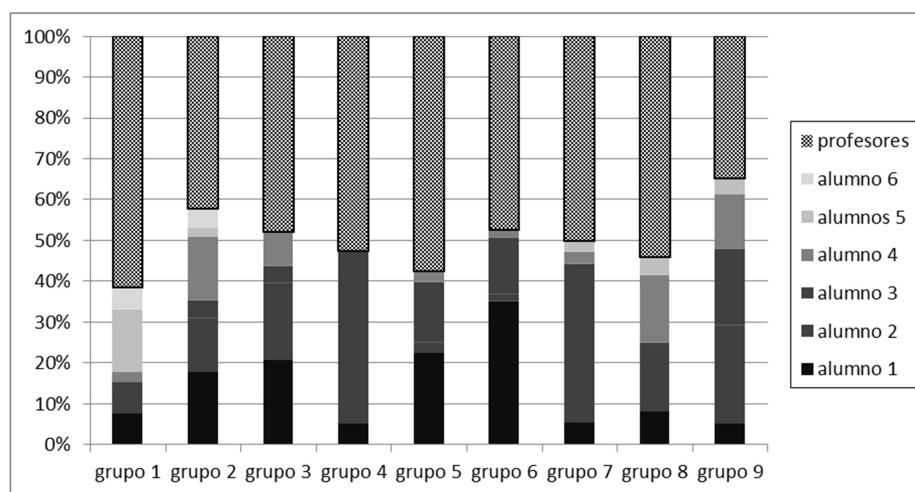


Figura 3. Participación de estudiantes y docentes en los 9 grupos.

Fuente. Elaboración propia

Claramente (y también llamativamente), los docentes fueron en todos los casos quienes más participaciones tuvieron dentro de los grupos, cuando se suponía que eran los estudiantes quienes debían dialogar, debatir y comunicarse entre sí para avanzar en la elaboración de la respuesta.

Si bien los grupos diferían en cuanto a la cantidad de integrantes, la Figura 3 permite observar que el grupo 9 -seguido del grupo 6- fueron los más activos. Si se calcula el promedio de intervenciones por alumno, en el grupo 9 la media es de 9,8 intervenciones mientras que en el grupo 6 es de 7,5 intervenciones. Contrariamente, en los grupos 1 y 7 se registraron los promedios más bajos, con tan solo 2,5 y 3,6 intervenciones por alumno respectivamente.

De todos modos, cabe señalar que no se observó una relación directa entre participación y rendimiento en la tarea; pues el grupo 2 (donde la participación fue media) obtuvo el mejor resultado, mientras que el grupo 9 (donde estuvieron los estudiantes más participativos) logró una respuesta de menor calidad conforme a las devoluciones ofrecidas por los docentes.

En cuanto a la *calidad* de las contribuciones de los estudiantes y el aporte efectivo en la construcción colaborativa de una respuesta a la tarea planteada, entendemos está en relación bastante estrecha con la frecuencia de la participación. Así, quienes intervinieron solamente en 1 ó 2 ocasiones, como decíamos, lo hicieron mayormente para presentarse, abandonando posteriormente la participación en la resolución conjunta de la tarea. Puede decirse que sus intervenciones no aportaron entonces al producto grupal. Contrariamente, los estudiantes que intervinieron con mayor frecuencia fueron quienes, en general, propusieron alternativas de solución a la situación elegida, opinaron sobre soluciones aportadas por otros compañeros y colaboraron en la redacción colaborativa de la respuesta a la tarea.

En otros términos, quienes participaron con más frecuencia mostraron un mayor compromiso con la tarea, con el grupo y con el producto que debían elaborar. Sin embargo, este grupo fue minoritario. Dada esta situación nos preguntamos por las razones que contribuyeron a configurarla ¿Por qué una tarea mediada por TIC, que demandaba estar en los espacios que

habitualmente habitan los jóvenes -en este caso Facebook- no generó la motivación o el nivel de participación esperado?

En el próximo apartado se analizan los resultados del cuestionario presentado al finalizar la tarea, recuperando la voz de los estudiantes, las dificultades que encontraron en el proceso, los aspectos valorados positivamente, etc.

3.2 Valoraciones acerca de la e-actividad

Como dijimos antes, solamente 14 estudiantes subieron la respuesta a la actividad y respondieron el cuestionario administrado al finalizar la misma. Aunque el cuestionario indagaba sobre distintos aspectos, se presentan a continuación tres ejes temáticos que entendimos relevante considerar.

Emociones experimentadas por los estudiantes al saber que deberían trabajar grupalmente y en entorno virtual. Uno de los ítems del cuestionario solicitaba a los estudiantes identificar las emociones experimentadas al saber que tendrían que realizar una actividad grupal, pero mediada por Facebook. Se proponían, en este ítem, distintas alternativas de respuesta que enunciaban emociones positivas y negativas, entre las cuales el estudiante podía seleccionar una o más según fuera su caso (y también ninguna si no se veía representado por las emociones enunciadas).

En 10 casos del total de 14, los estudiantes señalaron haber experimentado al menos una emoción negativa como 'desconfianza', 'temor' o 'disgusto' frente a la tarea; en tanto que 8 sujetos mencionaron al menos una emoción positiva como 'entusiasmo' o 'alegría'.

Cabe señalar que 4 sujetos enunciaron solamente emociones negativas, 3 estudiantes refirieron solamente a emociones positivas, 3 combinaron en sus respuestas una mezcla de ambos tipos de emociones frente a la tarea (por ejemplo: alegría, entusiasmo y temor al mismo tiempo), en tanto que los restantes 4 manifestaron no haber experimentado ninguna emoción en particular. La Figura 4 permite visualizar gráficamente el modo en que se distribuyeron las respuestas.

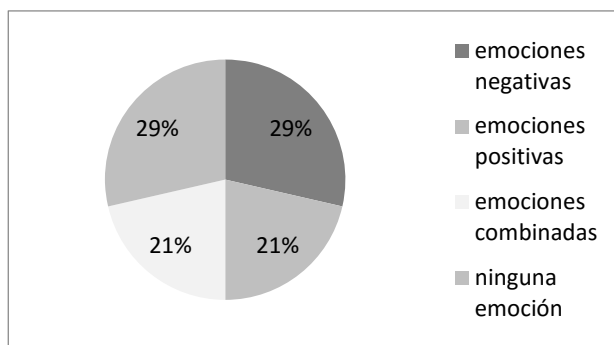


Figura 4. Emociones generadas por la tarea grupal en Facebook.
Fuente. Elaboración propia.

Los resultados permiten inferir que, aunque estos estudiantes están en permanente contacto con las redes sociales y en sus vidas cotidianas se sienten atraídos por ellas, cuando media una propuesta académica la situación es diferente. A tal punto que algunos experimentan temor, desconfianza y disgusto frente a la propuesta.

Un puntaje para la tarea. Otro de los ítems del cuestionario solicitaba al estudiante expresar su apreciación sobre la tarea virtual y grupal de la que había participado en una escala de 1 a

10. El promedio de las respuestas fue de 8 puntos, lo que permite inferir apreciaciones y valoraciones en general positivas de parte de los estudiantes. Los aspectos valorados positivamente estuvieron relacionados con la posibilidad de aprender contenidos que les serían necesarios en el ingreso a ingeniería así como con el hecho de poder relacionarse con los nuevos compañeros y con los profesores a través de un medio (Facebook) que les resultaba atractivo.

El siguiente fragmento ilustra las respuestas referidas: *“Me pareció una actividad distinta a la que estamos acostumbrados la mayoría, no sólo por el hecho de que se lleve a cabo en una red social, sino también que fue todo un desafío para nosotros porque se nos planteó una situación problemática que nunca habíamos visto, nueva y nos llevó a pensar mucho y sacar conclusiones propias. Por otro lado también, personalmente, me generó interés, muchas ganas de participar, de aprender y poder llegar a una respuesta concreta. Destaco también la motivación y el apoyo de parte de los docentes a cargo”*.

Los aspectos valorados en términos más negativos estuvieron vinculados con la dinámica generada dentro de cada grupo, en los que no todos los integrantes se comprometieron a participar. Como decíamos, del grupo inicial de 54 estudiantes incluidos en los grupos, solamente 14 finalizaron y entregaron la actividad. La escasa o nula participación de muchos estudiantes desmotivó y generó dificultades entre quienes estaban dispuestos a mantener un diálogo más activo. Así lo manifestaron: *“Me parece muy buena la propuesta de una tarea grupal en Facebook, es otra manera de buscar recursos para llegar a completar un objetivo deseado. Le daría un 10 porque me parece excelente la actividad y todo su contenido, además la ayuda de los profes a cargo. Pero le di un 9 porque el trabajo en grupo no fue lo que espere y no todos participaron.”*

Como se verá en el próximo apartado, al solicitarles puntuar la dinámica del grupo en el que trabajaron, las puntuaciones fueron más bien bajas.

La dinámica del grupo en Facebook. Otro de los ítems que incluía el cuestionario solicitaba al estudiante puntuar en una escala de 1 a 10 la dinámica del grupo en que había trabajado. El promedio fue de 5,7 puntos.

Como decíamos en el apartado anterior, la dinámica, participación y comunicación dentro de los grupos fue un punto débil en el marco de la tarea solicitada. Dos cuestiones contribuyeron a generar esta situación. Por un lado, la importante cantidad de participantes que inicialmente se involucraron en la actividad pero que abandonaron en el proceso. Por otro lado, las dificultades, o falta de habilidad, para comunicarse de manera asincrónica y elaborar colaborativamente una respuesta.

Los resultados comentados están en la línea de estudios previos, en los que el alto nivel de participación de los integrantes, el hecho de tomar la iniciativa, de proponer una organización al grupo, entre otros, resultaron variables importantes y condicionantes para el buen funcionamiento del mismo. Contrariamente, el escaso compromiso y una participación insuficiente parecen atentar en contra del buen desempeño del grupo [13].

4. Conclusiones y recomendaciones

Se partió de considerar las relaciones fluidas entre los jóvenes y las tecnologías. Ello llevó a diseñar e implementar una e-actividad que, por sus características, se pensaba motivaría a los estudiantes. Por un lado, la tarea reunía algunos de los rasgos que los teóricos de la motivación han postulado como potencialmente favorecedores de una motivación por aprender. Entre ellos, la posibilidad de opción entre distintas situaciones problemáticas, la autonomía para manejar tiempos y horarios dedicados a la tarea, la modalidad grupal del

trabajo, etc. Por otro lado, la tarea proponía a los jóvenes comunicarse e interactuar, precisamente, en el contexto de Facebook, supuestamente familiar y atractivo para ellos.

Sin embargo, pocos estudiantes se involucraron verdaderamente en la tarea y lograron finalizarla. ¿Cómo se explica entonces la cuestión? ¿Son los estudiantes tan hábiles como creemos para comunicarse en las redes sociales en relación con una tarea académica? ¿Se sienten atraídos por actividades académicas mediadas por tecnologías o prefieren usarlas en otros contextos exclusivamente?

En relación con las preguntas formuladas, ciertos argumentos de estudios realizados en los últimos años pueden echar luz acerca de los resultados hallados y de las preguntas formuladas. Por un lado, parece necesario relativizar el concepto de '*nativos digitales*' y no sobrevalorar las habilidades digitales de los estudiantes actuales. En efecto, tienen sin dudas habilidades tecnológicas, pero tal vez limitadas a algunas actividades y a determinados contextos. Así, estudios recientes informan que la mayoría de los jóvenes sólo realizan con frecuencia ciertas actividades digitales, como el acceso a información y la comunicación vía internet o dispositivos móviles. En cambio, la realización de otras actividades propias de la Web 2.0, como la creación de contenidos o la publicación de información, varía enormemente dentro de esta población [14], [15] y [16].

La tarea que se propuso demandaba, precisamente, la creación y edición colaborativa de un texto, de una respuesta que debía ser acordada, debatida y editada entre los integrantes del grupo. Demandaba estar atento y activo, revisar frecuentemente las publicaciones en el grupo, proponer avances en la respuesta, opinar sobre los avances propuestos por los compañeros (sea aceptándolos, criticando constructivamente o proponiendo mejoras) y editar entre todos una respuesta única. Aparentemente, las habilidades necesarias para sostener todas estas tareas no estaban del todo desarrolladas en el grupo de jóvenes que participaron de la experiencia. De este modo, cuando se esperaba generar entusiasmo y motivación con la tarea, algunos estudiantes sintieron disgusto, desconfianza, temor, insatisfacción con sus compañeros de grupo, etc.

¿Cómo hacer entonces para que la propuesta permita una inclusión productiva de las TIC en contextos académicos? ¿Cómo favorecer mediante el uso de TIC el interés, la motivación y la participación de los estudiantes?

De cara a los resultados de la experiencia comentada, resultaría importante considerar algunas recomendaciones, a saber:

- Revisar el modo de conformar los grupos de trabajo, de manera tal de incluir solamente a aquellos estudiantes que efectivamente van a comprometerse y participar del proceso completo. O bien, monitorear la participación de cada sujeto dentro de los grupos y enviar mensajes personales a aquellos que se observa no participan luego de 2 o 3 días. En caso de que éstos confirmen el abandono de la tarea, comunicarlo al grupo para que no quede a la espera de las contribuciones del compañero.
- Proponer la tarea con carácter de requisito obligatorio para la aprobación del Taller Preparatorio redundaría también en beneficios para incentivar una mayor participación y compromiso.
- Ofrecer, en el inicio y presentación de la actividad, algunos consejos o *tips* para una buena participación en la actividad. Por ejemplo, insistir en la importancia de seguir frecuentemente el diálogo en el grupo; de responder a las propuestas que los compañeros someten a consideración; de contactar con los compañeros que no están participando a fin de preguntarles los motivos de su ausencia; de avisar, en caso de no

poder contribuir en los tiempos estipulados, cuándo se realizará el aporte personal al trabajo; etc.

Para dar cierre al escrito, se entiende importante promover este tipo de tareas y, de ser posible, implementar la misma modalidad en reiteradas oportunidades con un mismo grupo. Ello contribuiría a la promoción de la alfabetización digital de los jóvenes en contextos académicos y en torno de actividades que requieren el despliegue de competencias tecnológicas y comunicacionales que a veces creemos que traen de afuera, pero que a juzgar por los hallazgos presentados, no parece ser tan así.

5. Referencias

- [1] MORDUCHOWICZ, R. (2009). Los jóvenes y las pantallas. *Doc. online disponible en* <http://www.roxanamorduchowicz.com/textos%20pdf/Los%20jovenes%20y%20las%20pantallas.pdf> (consultado el 13/6/2016).
- [2] MORDUCHOWICZ, R. (2013). *Los adolescentes del siglo XXI. Los consumos culturales en un mundo de pantallas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. 110 p.
- [3] LENHART, A. (2015). Teen, Social Media and Technology Overview 2015. Pew Research Center. *Doc. online disponible en* http://www.pewinternet.org/files/2015/04/PI_TeensandTech_Update2015_0409151.pdf (consultado el 13/6/2016).
- [4] BRINGUÉ, X. y SÁDABA, CH. (2009). *La generación interactiva en España. Niños y adolescentes frente a las pantallas*. Navarra: Colección Fundación Telefónica. 345 p.
- [5] MORDUCHOWICZ, R. (2008). *La generación multimedia. Significados, consumos y prácticas culturales de los jóvenes*. Buenos Aires: Paidós. 124 p.
- [6] CABERO, J. y ROMÁN, P. (2006). Las e-actividades en la enseñanza on-line. En CABERO, J. y ROMÁN, P. (Ed.) *E-actividades. Un referente básico para la formación en Internet*. Sevilla: MAD. p. 23- 31.
- [7] CHIECHER, A. y DONOLO, D. (2013). Trabajo grupal mediado por foros. Aportes para el análisis de la presencia social, cognitiva y didáctica en la comunicación asincrónica. En CHIECHER, A., DONOLO, D. y CÓRICA, J. L. (Eds.) *Entornos virtuales y aprendizaje. Nuevas perspectivas de estudio e investigaciones*. Mendoza,: Editorial Virtual Argentina. P. 151-198.
- [8] HUERTAS, J. A. (1997) *Motivación. Querer aprender*. Buenos Aires: Aique. 294 p .
- [9] PINTRICH, P. y SCHUNK, D. (1996) *Motivation in Education: theory, research and applications*. New Jersey: Prentice Hall. 436 p.
- [10] PAOLONI, P. (2006). Estudio de la motivación en contexto. Papel de las tareas académicas en la universidad. En RINAUDO, M. C. y DONOLO, D. (Eds.) *Motivación. Aportes para su estudio en contextos académicos*. Río Cuarto, EFUNARC. p. 27-154.
- [11] PAOLONI, P. (2010). Motivación para el aprendizaje. Aportes para su estudio en el contexto de la universidad. En PAOLONI, P., RINAUDO, M. C., DONOLO, D., GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, A. y ROSSELLI, N. (Eds.) *Estudios sobre motivación: enfoques, resultados, lineamientos para acciones futuras*. Río Cuarto: Editorial de la Universidad Nacional de Río Cuarto. p. 74-114.

- [12] RINAUDO, M. C. y DONOLO, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia*, nº 22, p. 1-29.
- [13] CHIECHER, A. (2013) Percepciones de estudiantes de posgrado acerca de factores favorecedores y obstaculizadores del trabajo en grupo en entornos virtuales. *Revista TE&ET*, nº9, p. 50-60.
- [14] BENNETT, S. y MATON, K. (2010). Beyond the 'digital natives' debate: towards a more nuanced understanding of students' technology experiences. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26 (5), p. 321-331.
- [15] BENNETT, S., MATON, K. y KERVIN, L. (2008). The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39 (5), p. 775-786.
- [16] GISBERT, M. y ESTEVE, F. (2011). Digital learners: la competencia digital de los estudiantes universitarios. *La Cuestión Universitaria*, nº 7, p. 48-59

EL APUNTE COMO HERRAMIENTA DE ESTUDIO EN EL AULA UNIVERSITARIA

Paez, Sonia del Rosario, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda,
spaez@fra.utn.edu.ar

Speltini, Cristina, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda,
cspeltini@fra.utn.edu.ar

Resumen— El apunte es un recurso muy utilizado por los estudiantes en las aulas universitarias. Como docentes, vemos que ellos toman nota tanto de lo que se escribe en el pizarrón como de las palabras pronunciadas por el profesor. Diversos estudios sobre el tema, realizados especialmente en clases de ciencias sociales, clasifican a los estudiantes como tomadores de apuntes copistas o estratégicos y explican el uso posterior que estos dan a sus notas. En la presente investigación, basada en un cuestionario abierto a estudiantes de primer y segundo año de la carrera de Ingeniería, hemos centrado nuestra atención en los criterios que estos utilizan al tomar sus apuntes de clase y el empleo que realizan de los mismos. Para ello se analizaron las respuestas de 160 registros, con el propósito de indagar si los estudiantes desarrollan esta habilidad como tomadores de apuntes estratégicos o copistas y si existe alguna relación entre dicha categorización y el estado de avance en la carrera de Ingeniería.

Palabras clave— *apunte, herramienta de estudio, estudiante universitario.*

1. Introducción

Para aprender, conceptos o procedimientos, los estudiantes desarrollan diferentes estrategias que les permiten construir conocimiento. Dentro de estas estrategias de aprendizaje nos encontramos con una muy utilizada y difundida, especialmente a nivel terciario y universitario, se trata de la toma de apuntes en clase.

Según Espino Datsira y Miras Mestres, [1]:“En el contexto académico la toma de notas escritas con un objetivo de aprendizaje engloba en particular dos grandes tipos de productos: las notas que elabora el estudiante a partir de la lectura de textos de diversos formatos (escritos, audiovisuales, etc.) (Arnoux y Alvarado, 1997) y las notas elaboradas con base en una exposición oral, principalmente el discurso del profesor en el aula”. (p.1258).

El apunte es un recurso muy utilizado por los estudiantes en las aulas universitarias. Como docentes, vemos que ellos toman nota tanto de lo que se escribe en el pizarrón como de las palabras pronunciadas por el profesor.

La toma de apuntes es el recurso más común implementado durante las clases como estrategia para recuperar el discurso del profesor al momento de realizar el proceso de aprendizaje, estos resultan una valiosa herramienta de aprendizaje cuando son rescatados por el autor, ya que le

permite poner en juego estrategias cognitivas y metacognitivas promoviendo el aprendizaje significativo

En el proceso de toma de apuntes se identifican dos actores principales, siendo el texto escrito el mediatizador entre ambos. El docente a través de su exposición cumple un rol activo del cual surgen los contenidos que serán rescatados y reelaborados por el autor del apunte quien tiene el rol central ya que es él, el que empleara las estrategias de aprendizaje necesarias para la producción del texto.

Las estrategias de aprendizaje son actividades cognitivas y metacognitivas y son desarrolladas tanto por el estudiante a la hora de aprender como por el docente en el momento de enseñar.

Según Monereo [2] las estrategias de aprendizaje son conductas utilizadas durante el aprendizaje con la intención de influir en dicho proceso, las mismas constan de procedimientos o actividades que se eligen con la finalidad de favorecerlo.

A través de tomar nota del discurso del profesor, el estudiante elabora una estrategia que le permitirá rescatar las ideas de este sobre el tema, las que luego serán empleadas para superar la instancia de examen.

Monereo (op.cit) brinda una clasificación de dos perfiles de anotadores: los estudiantes copistas cuyo principal objetivo es reproducir el discurso del profesor y los estudiantes estratégicos quienes tratan de identificar y seleccionar las ideas principales de dicho discurso.

El autor (op.cit), sostiene que las estrategias de aprendizaje operan directamente sobre la información recogiendo, analizando, comprendiendo, procesando, guardando información en la memoria para posteriormente poder recuperarla y utilizarla cuando sea necesario. El estudiante puede controlar y guiar sus propios procesos cognitivos y no ser capaz de describirlos o de reflexionar sobre ellos. Sin embargo los utiliza y los manifiesta al tomar apuntes en clase.

Osses y Jaramillo [3] ejemplifican la práctica metacognitiva cuando: se tiene consciencia de la mayor dificultad para aprender un tema que otro; se comprende que se debe verificar un fenómeno antes de aceptarlo como un hecho; se piensa que es preciso examinar todas y cada una de las alternativas en una elección múltiple antes de decidir cuál es la mejor o se advierte que se debería tomar nota de algo porque puede olvidarse.

Basados en esta postura podemos afirmar que el apunte tomado en clase constituye así una estrategia de aprendizaje, pero para su elaboración es necesario el conocimiento y empleo de otras estrategias. El logro de un aprendizaje depende de cómo el alumno gestione o use sus conocimientos y habilidades para tomar mejores apuntes. (Pozo, et al [4])

Durante el transcurso de la explicación del docente surgen además las preguntas que éste hace a su audiencia, como así también las preguntas que la audiencia hace al docente, ambas y en especial estas últimas, proveen al estudiante una situación de autoevaluación en la que podrá interpretar que tanto está entendiendo. Este intercambio con el otro, le permitirá evaluar su estado de comprensión del tema, como así también sus preguntas enriquecerán el conocimiento de sus compañeros. Según Vigotsky [5], las funciones mentales superiores del individuo se originan en los procesos sociales, esencialmente en los comunicativos, por lo cual las dudas surgidas y consultadas en clase durante la explicación, autorregulan la comprensión de los contenidos desarrollados.

Se considera que las funciones de la toma de notas son la de permitir recordar segmentos del discurso para poder almacenarlos en la memoria y la de transformar y reorganizar el material como medio de aprendizaje (Ortega Martínez y González Ruiz, [6]).

La copia textual de la exposición del profesor es algo imposible de realizar dado que el discurso hablado es mucho más rápido que la velocidad de escritura que puede desarrollar un estudiante.

Según Inga [7] para la lectura metacognitiva es importante usar una serie de estrategias antes, durante y después de la lectura y una de estas estrategias es extraer las ideas fundamentales.

En la realización de un buen apunte el estudiante debería poder extraer la idea principal del discurso del profesor y transcribirla con sus propias palabras, pero esto se hace dificultoso dada la fluidez que tienen las explicaciones docentes, lo cual conlleva al empleo de simbolismos propios, resultando la escritura en algunas ocasiones ilegible, situación que hace que el apunte sea principalmente valioso sólo para el autor del mismo.

En la mayoría de las investigaciones referidas a la toma de apuntes, se encuentran presentes dos dimensiones, una alude la exhaustividad de las anotaciones y la otra a la literalidad de las mismas (Espino Datsira y Miras Mestres, [1]).

Espino Datsira y Miras Mestres [8] sugieren que los apuntes a veces son usados en forma directa y poco elaborada, donde solo se les hacen modificaciones vinculadas con la organización formal de la información, o pueden ser usados con un mayor grado de elaboración como cuando se reelaboran de forma compleja realizando modificaciones a nivel de selección del contenido.

Las autoras (op.cit) identifican distintos niveles de comprensión que a su vez, pueden asociarse con diversos niveles de anotación. Los niveles más bajos de comprensión se relacionan con procesos de anotación próximos a la decodificación pasiva de la información y niveles más altos que se vinculan con anotaciones más activas y autorreguladas.

2. Materiales y Métodos

Para este trabajo, consistente en un estudio cualitativo y exploratorio, se realizó una encuesta entre estudiantes de ingeniería que cursan primer y segundo año. El propósito de la misma fue indagar qué criterio empleaban en la toma de apuntes, y qué empleo hacen de los mismos luego de la clase.

Es necesario aclarar que hemos considerado como apuntes a las notas tomadas por los alumnos durante la clase, por lo cual los apuntes que el docente o la cátedra faciliten a los estudiantes para estudiar, no serán contemplados para el análisis del presente estudio.

Se obtuvieron registros de cinco cursos, dos de los cuales eran de primer año, uno correspondiente al turno mañana y otro al turno noche y los otros tres de segundo año, uno del turno mañana y dos del turno noche. El número de registros de primer y segundo año es semejante, resultando en un total de 164 registros, 80 corresponden a estudiantes de primer año y 84 a estudiantes de segundo año.

Para el análisis de los registros se trabajó desde la teoría enraizada (Glaser y Strauss, [9]) que permitió construir tres dimensiones que a su vez fueron divididas en categorías y subcategorías emergentes.

La teoría enraizada es un modo de analizar datos cualitativos por el que se pueden generar categorías a partir de textos elaborados en contextos diversos, en este caso particular recogidos en el aula universitaria. Según Sandoval [10] “es una forma de pensar acerca de los datos y poderlos conceptualizar”.

Los procedimientos básicos de esta metodología son, recolección de registros, codificación y reflexión analítica. Este método implica una continua revisión y comparación de los registros para ir elaborando y reestructurando las categorías y subcategorías.

La categorización permite clasificar conceptualmente las respuestas de los estudiantes que son de un mismo tópico, estas categorías lo que hacen es asignarles un significado que puede referir, de manera general a actividades, situaciones, opiniones, estrategias, etc.

En la elaboración de las categorías se ha seguido un proceso de tipo deductivo-inductivo, es decir se partió de un marco teórico para definir las macrocategorías o dimensiones y posteriormente se procedió a elaborar las categorías y subcategorías partiendo de los registros.

3. Resultados y Discusión

Las tres dimensiones o macrocategorías elaboradas para el análisis de los registros tienen el propósito de indagar sobre la forma en que los estudiantes recuperan la información, la reelaboran y la utilizan, para estudiar y preparar sus exámenes.

En la tabla 1 se detallan las dimensiones con las correspondientes categorías, subcategorías y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

Tabla 1. Dimensiones y resultados.

Dimensión	Categoría		Sub-categoría	Resultados	
				1° año	2° año
I Recupera la información de clase	I-A	Graba	Si	5	5
			No	75	79
	I-B	Toma apuntes	Si	80	84
			No	0	0
	I-C	Pide a un compañero	Si	57	73
			No	23	11
II Reelaboración de los apuntes	II-A	Pasa en limpio	Si	22	13
			No	58	71
	II-B	PPt –Reelabora	Si	61	68
			No	19	16
	II-C	Completa los apuntes	Si	37	44
			No	43	40
III Uso del apunte	III-A	De consulta	Si	70	48
			No	10	36
	III-B	Para estudiar	Si	78	80
			No	2	4

Fuente: Elaboración propia

3.1 Análisis de la dimensión I- Recupera la información de clase

En la categoría I-A “Graba”, de los resultados podemos inferir que en general los estudiantes no graban las clases. La mayoría de ellos porque consideran que no es necesario ya que no aporta información, o porque toman buenos apuntes y no necesitan grabar. Sin embargo, algunos estudiantes de segundo año manifiestan no hacerlo porque no tienen tiempo de escucharlo o desgrabarlo. No existe diferencia sustantiva entre las respuestas dadas por los estudiantes de 1ro y de 2do año.

En la categoría I-B “Toma apuntes”, encontramos que todos los estudiantes toman apuntes, si bien no todos lo hacen en todas las ocasiones. Los motivos más mencionados por los cuales lo hacen son: “para recordar u organizar contenidos”, “porque lo que el profesor dice es importante”, “para poder entender el tema” y “para estudiar”. Este último aspecto está muy valorado por los estudiantes de segundo año.

Al hablar de toma de apuntes debemos distinguir dos aspectos. Uno correspondiente a copiar del pizarrón lo que el profesor escribe, y el otro a copiar el discurso del profesor. En este último caso debemos destacar dos situaciones; que el estudiante pretenda copiar todo o que sólo tome nota de los aspectos importantes, ya que la fluidez de la palabra hace imposible una copia textual.

Hemos profundizado dentro de esta categoría sobre el criterio que los estudiantes dicen emplear en la toma de apuntes, ya sea cuando copian del pizarrón o el discurso del profesor. En las tablas 2 y 3 presentamos los resultados obtenidos, al indagar si los estudiantes copian todo lo que el profesor escribe en el pizarrón (I-B1) y si toman nota del discurso pronunciado por el profesor durante la clase (I-B2).

Tabla 2. Subcategorías y resultados para la categoría I-B1-Toma apuntes-Copia del pizarrón

Dimensión I	Categoría: I-B1-Toma apuntes		1er Año	2do Año
Copia todo lo escrito en el pizarrón	I-B1a	Si-Copia todo	33	36
	I-B1b	No-Sólo lo importante	23	23
	I-B1c	No-Copia todo	24	25

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la categoría I-B1 encontramos relevantes los resultados de las categorías “Si-Copia todo” (I-B1a) del pizarrón y la categoría “sólo copia lo importante” (I-B1b), que nos brindan datos sobre la cantidad de estudiantes que podemos encuadrar como copistas para el primer caso y como estratégicos para el segundo, según la taxonomía de Monereo [2].

Los resultados porcentuales obtenidos son para primer año 41% de estudiantes copistas y 29% de estudiantes estratégicos, en tanto que los valores para segundo año resultan ser 43% copistas y 27% estratégicos. Por lo tanto para el caso de copiar lo que el profesor escribe en el pizarrón los valores son semejantes para ambos niveles, primer y segundo año.

Considerando que los estudiantes de la categoría I-B1b no copian todo porque copian sólo lo importante, debemos destacar entonces que adicionando este dato a la categoría I-B1c “no copia todo” resulta que el 59% de los estudiantes de primer año y 57% de los estudiantes de segundo año no copian todo lo que el profesor escribe en el pizarrón.

Si comparamos los resultados obtenidos en las categorías I-B1 y I-B2 “Copia todo del pizarrón” y “Anota el discurso del profesor” encontramos que en esta última categoría es mayor el número de estudiantes que no toma apuntes.

Los resultados con referencia al número de estudiantes copistas y estratégicos resulta para primer año 20% copista y 34% estratégicos en tanto que para segundo año los valores son 16% copista y 38% estratégicos. Reuniendo las categorías I-B2b y I-B2c nos dan un total de 80% de estudiantes de primer año y 83% de segundo año que no toman apuntes completos. Porcentajes muchos más alto que los obtenidos para el caso de copiar del pizarrón. Estos valores no deben extrañarnos ya que como hemos comentado la fluidez del discurso imposibilita la copia textual del mismo.

Tabla 3. Subcategorías y resultados para la categoría I-B2-Toma apuntes-Anota el discurso.

Dimensión I	Categoría: I-B2-Toma apuntes		1er Año	2do Año
Copia todo el discurso del profesor	I-B2a	Si-Copia todo	16	14
	I-B2b	No-Sólo lo importante	27	32
	I-B2c	No-Copia todo	37	38

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que son muy pocos los alumnos, en ambos niveles, que copian lo que dice el profesor. En ambos niveles dicen copiar sólo lo importante de lo que dice, consideran que la mayor parte del discurso no es relevante, y además expresan que no hacen a tiempo a copiarlo. Otros declaran preferir prestar atención y no copiar el discurso.

Un análisis de las expresiones vertidas por los alumnos al cuestionamiento de porque no copian el discurso del profesor nos lleva a destacar respuestas tales como: “algunas cosas no son necesarias”, “la mayoría de las cosas están en los libros”, “están en los apuntes de cátedra”, “no se enfoca en el tema” o “no todo lo que dice es importante”.

Retomando los datos de la tabla 1 encontramos que ambos grupos tienen un importante número de estudiantes que piden los apuntes a sus compañeros. Sostienen que lo hacen cuando faltan a clase, cuando no llegan a copiar lo que se dicen en las mismas o cuando sus apuntes no están claros.

Algunos de los estudiantes que no piden los apuntes a sus compañeros, dicen no hacerlo porque toman apuntes muy completos y no necesitan pedirlo o, porque no entienden los apuntes elaborados por otros.

3.2 Análisis de la dimensión II- Reelaboración de los apuntes

Los resultados nos muestran que la mayoría de los estudiantes completan los apuntes de clase cuando se dan con recursos audiovisuales como por ejemplo power point.

Encontramos que en ambos grupos no pasan en limpio sus apuntes, sin embargo algunos de ellos los completan con otras fuentes de información.

Un análisis más minucioso de esta categoría arroja los resultados sobre las diferentes fuentes de información empleadas, los valores obtenidos se muestran en la tabla 4.

Hemos considerado para la subcategoría “completa los apuntes” sólo las situaciones en las que los estudiantes tienen el hábito de completar todos los temas con diferentes fuentes de información, asegurando así la exactitud de sus apuntes. Por lo tanto en la subcategoría “no”

hemos incluido todos aquellos casos en los cuales los estudiantes decían completar los apuntes cuando tenían alguna duda sobre lo que habían escrito, o creían estaban incompletos, o indicaban que no lo hacían en forma frecuente.

Tabla 4. Subcategoría y resultados para la categoría II-C-Completa los apuntes.

Categoría II – C			
Completa los apuntes con:		1er Año	2do Año
Apunte de cátedra	II-Ca	2	7
Libros	II-Cb	7	8
Internet	II-Cc	5	5
Libro y apuntes de cátedra	II-Cd	2	1
Libro e Internet	II-Ce	9	11
Apuntes de cátedra e Internet	II-Cf	2	2
Libros, Internet y apuntes de cátedra	II-Cg	1	1
Sí, pero no especifica	II-Ch	9	9
TOTAL SI	II-CS	37	44
No	II-Ci	37	35
No contesta	II-Cj	6	5
TOTAL NO	II-CN	43	40

Fuente: Elaboración propia

Los resultados nos muestran que sólo algunos de los estudiantes para ambos niveles completan sus apuntes. Aunque muchos de ellos no especifican las fuentes de donde obtienen la información, de los datos de la tabla 4 observamos que es tan frecuente la consulta en Internet como en los libros recomendados por la cátedra.

Observando la tabla 2 correspondiente a la categoría I-B1 “no copia todo del pizarrón” encontramos que el 59% de los estudiantes de primer año y el 57% de los de segundo no tendrán completos sus apuntes por no copiar todo lo que el profesor escribe en el pizarrón.

Realizando el mismo análisis con los datos de la tabla 4 categoría II-C “completa los apuntes” arribamos a que el 53% de los estudiantes de primer año y el 48% de los de segundo, no tendrán completos sus apuntes por no completarlos con otras fuentes de información. Si los alumnos que no copian todo lo que se escribe en el pizarrón son coincidentes con los que no completan sus apuntes nos encontramos con un alto porcentaje de estudiantes con apuntes incompletos. Situación que resulta preocupante si estos mismos alumnos utilizan como única fuente de estudio sus apuntes de clase.

Para poder ajustar más nuestros datos, y verificar la posibilidad del análisis del párrafo precedente, hemos realizado el entrecruzamiento de la categoría I-B1c “no copia todo del pizarrón” y II-CN “Total de estudiantes que no complementa sus apuntes”. Los valores obtenidos se encuentran en la tabla 5.

De los resultados obtenidos podemos afirmar que el 26% de los estudiantes de primer año y el 36% de los de segundo, posiblemente estudien de un apunte que se encuentre incompleto o que posea algunos errores. Si bien la cifra es menor que la inicialmente obtenida, los

porcentajes son altos, teniendo en cuenta que se trata de estudiantes universitarios quienes deberían tener presente las falencias que puede tener un apunte.

Tabla 5. Entrecruzamiento categoría I-B1 Copia del pizarrón y II-C-Completa los apuntes.

	1er Año		2do año	
	Copia todo	No copia todo	Copia todo	No copia todo
Completa apunte	14	23	7	37
No completa apunte	16	21	5	30
No contesta	3	3	2	3

Fuente: Elaboración propia

3.3 Análisis de la dimensión III – Uso del apunte

Al analizar los registros para la categoría III A “Consulta”, no hemos considerado que utilizan el apunte como consulta aquellos estudiantes que contestaron darle al mismo como función principal la de estudiar para el examen parcial o final. Por lo tanto la subcategoría “Si” contiene todas aquellas respuestas en las cuales se usa el apunte tanto, para resolver ejercicios, para estudiar durante la cursada de la asignatura o la lectura antes de la clase o posterior a la misma. En tanto que la subcategoría “No” contiene la suma de aquellos que contestaron utilizar el apunte para estudiar para los exámenes y los que no contestaron.

En esta categoría los resultados obtenidos para los estudiantes de primer y segundo año comienzan a presentar algunas diferencias, especialmente en la cantidad de estudiantes de segundo año que no utilizan el apunte para consulta porque la finalidad que le dan al mismo es la de estudiar para los exámenes

En la tabla 6 se muestra el detalle de los resultados obtenidos.

Tabla 6. Subcategoría y resultados para la Categoría III-A- Utiliza el apunte para consulta.

Categoría III - A		
Utiliza el apunte para consulta	1er Año	2do Año
Previo parciales y finales	10	36
Cuando hace ejercicios	7	15
Para estudiar y para ejercitar	13	21
Para recordar o consultar	47	12
No contesta	3	0

Fuente: Elaboración propia

En la categoría III-B “utiliza el apunte para estudiar”, el criterio empleado fue considerar como positivas todas aquellas respuestas en las que los estudiantes mencionaban hacer uso de los apuntes para alguna función aunque esta no fuera exclusivamente la preparación de los exámenes. Por lo tanto, surgen subcategorías como la utilización como ayuda memoria, complemento o guía, o para consulta.

Los valores obtenidos se encuentran tabulados en la tabla 7

Tabla 7. Subcategoría y resultados para la Categoría III-B- Utiliza el apunte para estudiar.

Categoría III - B			
Utiliza el apunte para estudiar		1er Año	2do Año
Ayuda memoria	III-Ba	6	0
Como complemento o guías	III-Bb	3	1
De consulta	III-Bc	2	5
Si no especifica	III-Bd	66	72
TOTAL SI	III-BS	77	78
No	III-Be	1	3
No contesta	III-Bf	2	3
TOTAL NO	III-BN	3	6

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla 7 encontramos que 66 estudiantes de primer año y 72 de segundo año, utilizan el apunte para estudiar, lo que equivale a un 82% y 85% respectivamente, los restantes le dan diferentes usos, y no hacen empleo de ellos como la principal fuente de información para estudiar.

Con la intención de robustecer nuestras conclusiones hemos entrecruzado la categoría II-C “completa los apuntes” con la categoría III-B “utiliza el apunte para estudiar”. En la tabla 8 presentamos la matriz de entrecruzamiento para primer y segundo año.

Tabla 8. Matriz de entrecruzamiento Dimensión II-C y III-B-Primer año y Segundo año

	1er Año			2do Año		
	Completa	No completa	No contesta	Completa	No completa	No contesta
Usa para estudiar	31	33	2	39	32	1
Lo usa como consulta, ayuda memoria, resumen	6	3	2	3	2	1
No lo usa	0	1	0	1	1	1
No contesta	0	0	2	1	0	2

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 8 nos indican que el 41% de los estudiantes de 1er año y 38% de los de segundo año utilizan el apunte tomado en clase para estudiar y no lo completan con otras fuentes de información.

Encontramos otro entrecruzamiento interesante entre la categoría I-B1 “Copia del pizarrón” y la categoría III-B “Utiliza el apunte para estudiar”.

Los datos obtenidos se encuentran tabulados en la tabla 9.

Tabla 9. Matriz de entrecruzamiento Categorías I-B1 y III-B

	1er Año		2do Año	
	Copia todo	No copia todo	Copia todo	No copia todo
Usa para estudiar	30	36	29	43
Lo usa como consulta, ayuda memoria, o guía	3	8	2	4
No lo usa	0	1	2	1
No contesta	0	2	3	0

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de los datos en esta situación obtenemos 45% estudiantes de primer año y 51% de segundo año que usan el apunte para estudiar y no copian toda la información que el profesor escribe en el pizarrón.

La tabla 10 nos brinda unificada la información de los tres entrecruzamientos realizados para aproximar los valores con respecto a los estudiantes que pueden tener sus apuntes incompletos y hacer uso de los mismos como única fuente de información.

Tabla 10. Matriz de entrecruzamiento

	No completa el apunte y no copia todo	%	No completa y lo usa para estudiar	%	No copia todo y lo usa para estudiar	%
1er año	21	26	33	41	36	45
2do año	30	36	32	38	43	54

Fuente: Elaboración propia

Los valores nos indican que por lo menos el 26% de los estudiantes de primer año y el 36% de segundo tendrán sus apuntes incompletos, y estos posiblemente constituyen su principal fuente de estudio

4. Conclusiones y recomendaciones

Ambos grupos de estudiantes, primer y segundo año, priorizan tomar apuntes antes de grabar la clase. Si bien el audio permite recuperar la totalidad oral de la clase, no es fácil de consultar al no estar en soporte papel y requerir mayor tiempo.

Con respecto a copiar el discurso del profesor los estudiantes de ambos niveles dicen que no es posible copiarlo todo y piensan que mucho del discurso es irrelevante. Mientras algunos sostienen que es importante copiar del pizarrón, muchos copian sólo lo importante. La diferencia entre la cantidad de alumnos que copian todo y los que copian sólo lo importante en primer año y en segundo año, no es relevante como para adjudicar que la diferencia de nivel tiene incidencia para clasificar a los estudiantes en copistas o estratégicos según al nivel al que corresponden.

Los estudiantes que complementan sus apuntes con otras fuentes hacen uso tanto de libros de texto como de las páginas web. Con respecto a este punto debemos tener en cuenta que algunos de ellos usan como única fuente de consulta la red. No obstante los estudiantes dicen completar sus apuntes sólo si tienen dudas, si piensan que están incompletos, o si no entienden la explicación brindada por el profesor. Basados en estas respuestas nos cabe pensar que en muchas ocasiones las notas tomadas por los estudiantes en clase pueden tener errores o estar incompletas y ellos no percibir este inconveniente. Una situación semejante surge cuando dicen copiar solo lo importante. En esta expresión debemos tener en cuenta que “sólo lo importante” está evaluado según el criterio de los estudiantes, y posiblemente no sea coincidente con lo que realmente es importante conceptualmente, ocurriendo que tal vez lo importante pase desapercibido al criterio de ellos. Esto muestra la importancia del discurso del profesor quien deberá profundizar y fortalecer aquellos conceptos que son relevantes para que los estudiantes puedan conceptualizar adecuadamente los temas y quedando reflejado en los apuntes.

Otro aspecto interesante es que los estudiantes de segundo año utilizan sus apuntes prioritariamente para preparar sus exámenes, atribuyendo a los mismos un gran valor como fuentes de estudio, en tanto que los de primero priorizan su uso como consulta sobre los ítems anotados. Al respecto consideramos que esto puede deberse a que muchos de los estudiantes de primer año aún no han rendido sus exámenes por lo cual no le han dado al apunte el empleo como fuente principal para conocer los contenidos a ser evaluados y la profundidad con que serán examinados.

Con respecto a categorizar a los estudiantes como copistas o estratégicos, si bien era de esperar estudiantes estratégicos a los estudiantes de segundo año y copista a los de primer año los resultados no muestran esta tendencia. Ambos grupos dieron valores semejantes para cada una de las categorías. Algunos estudiantes no encuentran aún la importancia de todo lo que el profesor escribe en el pizarrón, pensando que la información seguramente está en los libros, desconociendo las dificultades que puede conllevar la lectura e interpretación de los mismos, y que esta tarea se ve muy facilitada con un completo y buen apunte de clase.

Como reflexión final se destaca que el apunte es una herramienta fundamental de estudio para los alumnos universitarios que hacen uso casi exclusivo de los mismos para preparar sus exámenes. Debido a que la mayoría de ellos son anotadores copistas el discurso del profesor y las anotaciones en el pizarrón o en el power point adquieren un papel relevante. Estos factores nos remiten a la responsabilidad del docente de destacar, profundizar, aclarar y reforzar los conceptos nodales organizándolos estratégicamente en su presentación.

5. Referencias

- [1] ESPIRO DATSIRA, S; MIRAS MESTRES, M. (2013) El proceso de anotación y el uso posterior de los apuntes para el aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 18, (59), 1257-1280.
- [2] MONEREO, C; CASTELLÓ, M; CLARIANA, M; PALMA, M; PEREZ, M. (1999). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*. Barcelona: Editorial Graó
- [3] OSSES, S; JARAMILLO, S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Estudios pedagógicos*, XXXIV, N° 1: pp 187-197.
- [4] POZO, J; MONEREO, C; CASTELLÓ, M. (2001). *Psicología de la educación escolar*. Madrid: Alianza Editorial
- [5] VIGOTSKY, L. (1988). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. México: Editorial Crítica, Grupo editorial Grijalbo.

- [6] ORTEGA MARTINEZ, E; GONZÁLEZ RUIZ, L;. (2007) La estrategia de aprendizaje apuntes vs libros. Análisis comparativo de los estudios de administración y dirección de empresas con otros estudios. Recuperado 15-10-2015 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2480903>
- [7] INGA, M. (2007). Estrategias metacognitivas para la comprensión y producción de textos continuos. *Investigación Educativa*, 11(20), p.45-59
- [8] ESPIRO DATSIRA, S; MIRAS MESTRES, M. (2011) Relaciones entre el enfoque de aprendizaje de los estudiantes universitarios y su representación de la toma de apuntes. *Anuario de Psicología*. 41, (1-3), p.135-153
- [9] GLASER, B; STRAUSS, A. (1967). The Discovery of grounded theory, strategies for qualitative research. New York Aldine Publishing Company
- [10] SANDOVAL, C. (1997) Investigación cualitativa, Módulo 4, Programa de especialización en teoría, métodos y técnicas de investigación social. Universidad de Antioquía. Medellín. 433p

LOS DESAFÍOS DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Gloria Alzugaray, UTN SANTA FE, gloriaalzugaray@gmail.com

Lara Zingaretti, UTN SANTA FE, larazingaretti@hotmail.com

Pablo Marelli, UTN SANTA FE, pablomarelli@gmail.com

Lucía Rodríguez Virasoro, UTN SANTA FE, lrodriguezvirasoro@frsf.utn.edu.ar

Resumen— Debido a la dinámica con que evolucionan la ciencia y la tecnología en el mundo actual y a su carácter estratégico para el desarrollo económico social de cualquier país, el Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) identificó la necesidad de introducir en las prácticas de enseñanza de las carreras de Ingeniería de la Regional Santa Fe la dimensión ambiental en una forma más eficiente, basada en espacios de integración y diálogo entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, con el fin de crear conciencia ambiental y habilitar nuevos espacios para la construcción de significados sobre dicha problemática. En esta línea, en términos de la formación académica, el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina, CONFEDI, establece como una de las competencias sociales, políticas y actitudinales ingenieriles el “Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global”. Para ello, en primera instancia se analizarán los diseños curriculares de las carreras de Ingeniería de UTN SANTA FE, para determinar la presencia de competencias referidas a la problemática de la Educación Ambiental y el modo en que son abordadas didácticamente. Seguidamente, se diseñarán saberes y herramientas pedagógico-didácticas a socializar entre los docentes responsables de las distintas disciplinas, orientados al tratamiento holístico de la enseñanza de la dimensión ambiental en el marco de un desarrollo sostenible, articulando las funciones institucionales de docencia, investigación y extensión.

Palabras clave— *Educación Ambiental, ingeniería, desarrollo sostenible.*

1. Introducción

Los grandes cambios en el medio ambiente ocasionados por las actividades humanas constituyen una de las inquietudes principales de la sociedad actual: el calentamiento global del planeta, la destrucción de la capa de ozono, la sobrepoblación humana, los cambios climáticos, la erosión y la desertificación de los suelos, la escasez de alimentos y de agua, el uso de plaguicidas, la extinción de especies y la contaminación ambiental local y sus efectos sobre la salud de los habitantes de las ciudades, son sólo algunos de problemas ambientales que hoy en día despiertan gran interés.

Se coincide con Ávila Galarza [1] cuando expresa que la sociedad actual comienza a darse cuenta de la necesidad de detener o revertir la destrucción de los ecosistemas, ya que éstos están llegando, o ya rebasaron, su capacidad máxima de autolimpieza y regeneración. La calidad de vida de la sociedad no puede mantenerse ni mejorarse con los sistemas vigentes de explotación y de uso de los recursos naturales.

En este sentido, la UNESCO reconoció a través de sus programas el grave problema del deterioro ambiental y la necesidad de reorientar el rumbo hacia un desarrollo sustentable, el cual constituye uno de los mayores retos actuales de la humanidad.

La educación, y en particular la Educación Ambiental, son herramientas fundamentales para la generación de una cultura respetuosa del medio ambiente. Las instituciones de Educación Superior no pueden, ni deben, permanecer ajenas a la solución de la problemática ambiental, a través de sus funciones principales de docencia, investigación y extensión/vinculación.

La Educación Ambiental ha sido definida como “el proceso de adquisición de valores y clarificación de conceptos cuyo objetivo es desarrollar actitudes y capacidades necesarias para entender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, su cultura y su entorno biofísico” [2]. Enkerlin et al [2] consideran que la Educación Ambiental también incluye la formación de la persona para que participe en la toma de decisiones y la formulación de un código de conducta relacionado con los temas relativos a la calidad ambiental.

De manera ideal, la Educación Ambiental es un proceso por el cual las personas llegan a cuestionar su relación con el ambiente y a comprender el impacto que sus acciones tienen en los sistemas naturales que los rodean.

El propósito fundamental de la Educación Ambiental es generar una sensibilización hacia la necesidad de cuidar el medio ambiente. No obstante, la Educación Ambiental debe también modificar actitudes y proporcionar nuevos conocimientos y criterios más allá de los conceptos puramente ecológicos.

La Educación Ambiental [3] debe contemplar al individuo desde una perspectiva ecológica, como un ser integrante de un ecosistema. Esto determina una pedagogía del medio ambiente, en donde la conducta de uso correcto de los recursos del planeta viene a constituirse en uno de los objetivos finales del proceso educativo.

De acuerdo con esto, surge la necesidad de tener un mejor conocimiento del medio ambiente, de adquirir habilidades apropiadas para utilizar este conocimiento, y de iniciar acciones tendientes a un uso sensato del medio ambiente sin perturbar el equilibrio ecológico.

2. Educación Ambiental y Educación Superior

Son numerosos los pronunciamientos que manifiestan la necesidad de la Educación Ambiental a nivel superior. A continuación se citan algunos de los más importantes:

En el informe final de la Conferencia de Tbilisi [4], referente a las universidades, se establece que: “Las universidades, en su calidad de centros de investigación, de enseñanza y de formación del personal calificado del país, deben dar cada vez mayor cabida a la investigación sobre Educación Ambiental y la formación de expertos en educación formal y no formal. La Educación Ambiental es necesaria para los estudiantes, cualquiera que sea la disciplina que estudien, ya sean las Ciencias Exactas y Naturales, las Ciencias Sociales o las Artes, puesto que la relación que guardan entre sí la naturaleza, la técnica y la sociedad marca y determina el desarrollo de una sociedad”.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [5] reconoce la importancia de la educación y de la investigación ambiental, ya que a las Instituciones de Educación Superior les corresponde el papel relevante en la generación y transmisión del conocimiento.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) (Río de Janeiro, 1992) [6], conocida también como cumbre para la Tierra, se convino en que la protección del medio ambiente y el desarrollo económico y social eran esenciales para lograr el desarrollo sostenible teniendo en cuenta los "Principios de Río". Para conseguirlo, los líderes de todo el mundo aprobaron un plan general titulado Programa 21.

Por su parte, en el Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental (1992) [7] se expuso la necesidad de integrar la problemática ambiental a la currícula de las carreras universitarias. Los expertos ahí reunidos coincidieron en que el diseño de programas de estudio a nivel licenciatura contribuirá a reforzar los valores del estudiante, dándole una formación en materia ambiental.

Durante la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002) [8] se pasó revista a los progresos conseguidos desde la Cumbre para la Tierra de 1992. En la "Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible" y en su "Plan de Aplicación", se afirmó la importancia fundamental del desarrollo sostenible y se preparó el terreno para abordar sus problemas más urgentes. También se contrajeron compromisos sobre objetivos con plazos fijos, incluidas nuevas metas relacionadas con el saneamiento, la utilización y producción de sustancias químicas, el mantenimiento y la restauración de las poblaciones de peces y la reducción del ritmo de desaparición de la diversidad biológica.

El programa del 5to Congreso Mundial de la Educación Ambiental (Montreal, mayo de 2009) [9] se diseñó para involucrar a los participantes directamente en el proceso de la Educación Ambiental atacando situaciones reales con participantes de todo el mundo. Intentando preparar a las generaciones futuras en ciudadanos ambientales, en vista a desarrollar una población capaz de tomar decisiones informadas con respecto a su bienestar personal y de todas las personas en este planeta.

La Educación Superior tiene hoy grandes retos en materia ambiental, como son: la generación de programas de Educación Ambiental para la transferencia de conocimiento, la conformación de grupos académicos capaces de abordar y plantear los problemas que requieren de la participación articulada de diversas disciplinas.

3. CONFEDI y Educación Ambiental

En el Proyecto Curricular de las Ingenierías (2005-2007) del CONFEDI [10] se trabajaron las competencias genéricas y específicas en el ciclo de especialización de ingeniería. Dentro de las competencias genéricas se mencionan como competencias a desarrollar:

- Realizar análisis de las consecuencias políticas del manejo de la tecnología y su implicancia en el desarrollo económico y social del país.
- Tener una visión geopolítica actualizada del país y del mundo, para encarar la elaboración de las soluciones que demande la sociedad.
- Poseer aptitudes profesionales con sentido humanístico y ético, para la conservación del patrimonio cultural y ecológico del medio.

- Poseer el conocimiento y la actitud necesaria para desarrollar su actividad profesional teniendo en cuenta requisitos de calidad, higiene y seguridad en el trabajo, como asimismo los conocimientos necesarios para la evaluación de impactos ambientales.

El CONFEDI [11] define con respecto al eje de formación profesional integrada, que contribuye fundamentalmente al logro de las competencias genéricas del ciclo de especialización, atento a que son comunes a todas las carreras de ingeniería las subáreas y los contenidos curriculares que deben valorarse en cuanto al medio ambiente y que en la Tabla 1 se detallan:

Tabla 1: Subáreas y contenidos curriculares definidos por el CONFEDI.

Subárea	Contenidos curriculares
Gestión Ambiental	Hombre y ambiente. Enfoques ecológicos y productivos del ambiente. Evaluación de impacto ambiental. Auditorias y monitoreos ambientales. Sistemas de Gestión Ambiental. Higiene y seguridad en el trabajo y en el medio ambiente.
Gestión de Riesgo	Riesgo, amenaza y vulnerabilidad. Orígenes socio-histórico-territoriales de las amenazas y la vulnerabilidad. Principios de mitigación y prevención y su gestión.
Ciencia, Tecnología y Sociedad	Interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad. Ciencia y tecnología: impacto en el sistema productivo. Dimensión cultural, social y humana de los cambios tecnológicos. Ética profesional.

Fuente: elaboración propia.

Del informe del CONFEDI se puede manifestar que algunos objetivos de la formación del ingeniero serían:

- Propiciar y recomendar el uso racional de la energía, estimulando el desarrollo de fuentes no convencionales de energía y defender la preservación del medio ambiente.
- Asumir una visión conservacionista de los recursos naturales y del medio ambiente.
- Manifestar un compromiso con el cuidado de medio ambiente.
- Conocer los efectos negativos de la actividad antrópica.

4. La Educación Ambiental en carreras de ingeniería de UTN SANTA FE

La educación para la preservación del medio ambiente constituye una preocupación para quienes en la UTN están a cargo de la formación de los ingenieros del mañana. La UTN tiene como objetivo, en relación con lo académico, “Preparar profesionales idóneos en el ámbito de la tecnología capaces de actuar con eficiencia, responsabilidad, creatividad, sentido crítico y sensibilidad social, para satisfacer las necesidades del medio socio productivo, y para generar y emprender alternativas innovadoras que promuevan sustentablemente el desarrollo económico nacional y regional, en un marco de justicia y solidaridad social”. [12] Ello implica por parte del profesional de la ingeniería, la toma de conciencia acerca de las implicancias sociales y éticas de su accionar en el entorno humano y natural en el que se desenvuelve.

Es así como los Diseños Curriculares actualmente vigentes de las carreras de Ingeniería de la UTN [13], y los específicamente implementados en la Facultad Regional Santa Fe [14], ponen de manifiesto esta intención, ya sea en sus propósitos formativos como en las vías de acción para alcanzarlos. De este modo, distintas asignaturas van incluyendo temáticas que refieren a

las distintas subáreas declaradas por el CONFEDI —Gestión Ambiental, Gestión de Riesgo y Ciencia, Tecnología y Sociedad—, algunas vinculadas a la especialidad ingenieril a la que hagamos referencia y otras correspondientes al ciclo común de todas las carreras de Ingeniería, a lo que institucionalmente se denomina Ciencias Básicas.

En primer lugar, se puntualizarán las especificidades de cada Diseño Curricular de las carreras de Ingeniería que se dictan actualmente en UTN SANTA FE para, en segunda instancia, analizar los abordajes comunes de los diseños curriculares de todas las Ingenierías de UTN del país.

La carrera Ingeniería Eléctrica explicita en su diseño curricular, correspondiente al año 1995 y adecuado mediante Ord. CS N° 1026 de 2004, un perfil de graduado cuyo desempeño está definido por las disciplinas tecnológicas y profesionales, consideradas dentro de las carreras de grado:

- La electro-energética, entendiéndose por tal el estudio de la metodología para optimizar la producción y utilización de la energía y de los sistemas eléctricos.
- Las fuentes de energía renovables, incluyendo la tecnología de los sistemas eólicos y solar.

Entre las actividades profesionales reservadas al título, la Resolución Ministerial N° 1232/01 —normativa del Ministerio de Educación de la Nación que establece lineamientos y criterios para la evaluación de un grupo de carreras de Ingeniería—[15], detalla, entre otras, la realización de “Estudios, tareas y asesoramiento relacionado con: (...) Higiene, seguridad industrial y contaminación ambiental (...)”.

Es un objetivo general de la carrera “d) Utilizar racionalmente los recursos naturales del país o de la región, previendo su preservación y la conservación del ambiente natural y humano.”

Para alcanzar este objetivo, propone la asignatura Seguridad, Riesgo Eléctrico y Medio Ambiente, de cuatro horas cátedra y cuatrimestral. La materia se fundamenta en la necesidad de que el estudiante y futuro egresado conozca la importancia de observar las medidas de seguridad para la disminución de los riesgos de accidentes y enfermedades laborales y reconocer la importancia del cuidado y el respeto por el medio ambiente. Para ello, deberá estar formado en el conocimiento que le permita identificar, analizar y prevenir los principales riesgos existentes en la actividad laboral, tomar conciencia del cuidado y observación de las normas que regulan esta actividad y disponer de la adecuada formación para el cuidado de nuestro medio ambiente. La materia se propone como objetivo general brindar al alumno las herramientas necesarias que le permitan tomar conciencia sobre la importancia de desarrollar actividades laborales en adecuadas condiciones de seguridad a efectos de evitar accidentes y enfermedades de índole laboral, formándose en la prevención de riesgos en general y riesgos eléctricos en particular; conociendo las disposiciones legales que resguardan la seguridad de las personas y del medio ambiente. Entre sus objetivos específicos se propone evitar o minimizar los daños generados al medio ambiente en el ejercicio de su profesión. Para alcanzar estos objetivos, dispone de una unidad temática —Influencia en el medio ambiente de las instalaciones eléctricas en general—, que incluye los siguientes contenidos: Conciencia y educación para el cuidado y la preservación del Medio Ambiente. Introducción a la ecología y el desarrollo sustentable. Los problemas ambientales. Contaminación del aire, el agua y el suelo. Legislación ambiental. Influencia de la energía eléctrica sobre el medio ambiente, riesgos ambientales asociados a la generación de energía eléctrica.

La carrera Ingeniería Mecánica, ya menciona como un lineamiento de su Diseño Curricular (Ord. CS N° 1027), a la Ingeniería Ambiental: “Consideramos de importancia la inclusión de asignaturas como Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial para la formación responsable en lo que respecta a la preservación del medio ambiente.” La asignatura Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial, anual, de tres horas cátedra semanales, bajo el fundamento de que el

profesional ingeniero debe estar capacitado para preservar el capital humano y el medio ambiente, se plantea los siguientes objetivos generales:

- Del medio ambiente. Estimular una actitud prevencionista positiva que se debe aprender y aprehender de los principios básicos de la higiene y seguridad en el trabajo y la conservación del medio ambiente.
- Lograr el conocimiento básico de técnicas preventivas, no sólo en los aspectos técnicos sino también, y preponderantemente, en los aspectos actitudinales.
- Asumir conciencia proactiva en lo referente a las condiciones de higiene y seguridad que debe impregnar toda su actuación profesional.
- Entre sus objetivos específicos, busca:
- Proteger la vida, preservar y mantener la integridad síquica y física de las personas en su calidad de trabajadores y de usuarios del Medio Ambiente.
- Prevenir, reducir, eliminar o confinar toda fuente de riesgos para las personas y el medio ambiente.

Estos objetivos se alcanzarán a partir del abordaje de dos unidades temáticas:

Medio Ambiente: Concepto y visión antropológica. Estudio de Impacto Ambiental, definiciones. Evaluación, gestión de política Ambiental, ISO 14000. Pasivo ambiental. Definición.

Externalidades Industriales, Residuos Peligrosos: Legislación actual de tratamiento de residuos peligrosos. Distintas formas de contaminar. Responsabilidad del Generador, del Transportista y del Tratador Final. No contaminar es la solución.

Al igual que en el caso de Ingeniería Eléctrica, entre las actividades profesionales reservadas al título, la Resolución Ministerial N° 1232/01 —normativa del Ministerio de Educación de la Nación que establece lineamientos y criterios para la evaluación de un grupo de carreras de Ingeniería—[15], detalla, entre otras, la realización de “Estudios, tareas y asesoramiento relacionado con: (...) Higiene, seguridad industrial y contaminación ambiental (...)”.

La carrera Ingeniería Civil establece que en su perfil, el Ingeniero Civil formado en la UTN entenderá, entre otras cosas, en la seguridad, el mantenimiento y operación, modernización, planificación, control ecológico y eficiente reemplazo de la infraestructura, teniendo en cuenta los aspectos técnico-económicos. Entre las actividades profesionales reservadas al título, la ya mencionada Resolución Ministerial N° 1232/01 [15], detalla, entre otras, la realización de “Estudios, tareas y asesoramiento relacionados con: (...) Higiene, seguridad y contaminación ambiental (...)”. Incluye entre sus objetivos generales, “Contribuir al desarrollo del medio, a la elevación del nivel de vida de la sociedad y mejoramiento de las condiciones del entorno.”

La asignatura Organización y Conducción de Obras, 5 hs. cátedra, anual, plantea como uno de sus objetivos “Adquirir habilidad para aplicar, analizar e interpretar los resultados de los métodos de organización, programación y de la legislación sobre higiene y seguridad”. Entre sus contenidos, incluye la aplicación de la legislación sobre higiene y seguridad.

Ingeniería Industrial, por su parte, incluye en su estructura curricular la asignatura obligatoria Seguridad, Higiene e Ingeniería Ambiental, de tres horas cátedra. El objetivo general de esta última refiere, entre otras cuestiones, a comprender la relación entre plantas industriales y el medio ambiente a efectos de asegurar la no contaminación del mismo y aplicar las técnicas capaces de generar procesos industriales no contaminantes.

Todos sus objetivos específicos se vinculan de alguna manera con la temática que nos ocupa:

- Obtener conceptos generales que permitan una visión integral de la prevención de los riesgos laborales y ambientales en lo que respecta al campo de acción de la profesión.
- Conocer las técnicas y métodos que permitan la detección de riesgos laborales y ambientales, su análisis y evaluación, y la elaboración de acciones - que permitan su

- Adquirir conocimientos, metodologías de actuación y las normas específicas sobre Seguridad, Higiene Industrial y Medio Ambiente y la prevención y protección del medioambiente laboral y general.
- Conocer las técnicas de seguridad, investigación de accidentes y análisis de estadísticas como técnicas preventivas.
- Familiarizarse con la normativa legal que rige las actividades de las empresas en lo que respecta al Seguridad e Higiene en el Trabajo y protección del Medio Ambiente.

Las siguientes unidades temáticas componen su planificación de cátedra: Introducción a la seguridad e higiene industrial, Normativa, Teoría de la prevención, Prevención y extinción de incendios, Ergonomía, Riesgo eléctrico, Equipos y elementos de protección personal, Iluminación y color, Ambiente térmico y ventilación, Ruido y vibraciones, Contaminantes químicos, Primeros auxilios, Ecología, Legislación ambiental, Contaminación del aire, Contaminación del agua y Contaminación del suelo.

Entre las actividades profesionales reservadas al título, la Resolución Ministerial N° 1054/02 —normativa del Ministerio de Educación de la Nación que establece lineamientos y criterios para la evaluación de la carrera Ingeniería Industrial e Ingeniería en Agrimensura— [16], detalla, entre otras, la realización de arbitrajes y peritajes referidos a: la planificación y organización de plantas industriales, sus instalaciones y equipos, y el proceso de producción, los procedimientos de operación y las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo, para la producción y distribución de bienes industrializados.

El Diseño Curricular vigente de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información plantea que en virtud de su perfil profesional el graduado ha recibido una preparación integral en materias técnicas y humanísticas que lo ubican en una posición relevante en un medio donde la sociedad demandará cada vez más al ingeniero un gran compromiso con la preservación del medio ambiente, el mejoramiento de la calidad de vida en general y una gran responsabilidad social en el quehacer profesional. No tiene asignatura específica.

La Resolución Ministerial N° 786/09 [17], —normativa del Ministerio de Educación de la Nación que establece lineamientos y criterios para la evaluación de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, entre otras—, no especifica actividades profesionales reservadas al título vinculadas con la problemática objeto de estudio.

Con relación al ciclo básico, común a todas las carreras de Ingeniería de UTN, una de las asignaturas que aborda la problemática en cuestión es Ingeniería y Sociedad. El objetivo de esta materia reside en “Formar ingenieros con conocimientos de las relaciones entre tecnología y el grado de desarrollo de las sociedades, que asimismo interpreten el marco social en el que desarrollarán sus actividades e insertarán sus producciones”. Su programa sintético incluye: la Argentina y el mundo actual; problemas sociales contemporáneos; el pensamiento científico; ciencia, tecnología y desarrollo; políticas de desarrollo nacional y regional y universidad y tecnología.

Otra asignatura también común es Legislación, la que incluye entre sus objetivos el “Conocer derechos y obligaciones de las distintas personas que actúan en el ámbito constitucional e interpretar leyes, decretos y disposiciones que rigen la actividad del Ingeniero como profesional liberal”. De este modo, distintos contenidos tales como: Ejercicio Profesional; Derechos y deberes legales del ingeniero; Reglamentación del ejercicio profesional; Actividad pericial; Responsabilidades del ingeniero: civil, administrativa y penal; Legislación sobre obras, etc., abonarían también al perfil de un profesional comprometido con la conservación del patrimonio ecológico del medio.

En los últimos tramos de la carrera, el alumno debe elegir de entre un variado espectro de asignaturas asociadas a la especialidad, las materias electivas que desea cursar, conforme sus metas e intereses profesionales. En UTN Santa Fe, las asignaturas vinculadas estrechamente con la problemática del cuidado medioambiental son: Ética Profesional, El Hábitat desde una perspectiva interdisciplinaria y Gestión e Impacto Ambiental (las dos primeras comunes a las

El último espacio curricular de la carrera a cumplimentar por el alumno es el denominado Proyecto Final (materia integradora de la carrera), anual, de 4 hs. cátedra, que exige al alumno el desarrollo de un proyecto que resuelva una necesidad trascendente y sentida por la comunidad. Debe constituirse en una propuesta válida para la solución del tema elegido, que comprenda el diagnóstico de la situación, la formulación y evaluación del proyecto y el estudio de impacto ambiental.

5. Conclusiones y recomendaciones

Las carreras de ingeniería juegan un papel de suma importancia en la adquisición de valores y conocimientos, por lo que deben brindar una Educación Ambiental formal y no formal a los estudiantes y a los profesionales graduados.

Es necesario dar mayor énfasis a la formación de grupos académicos interesados en la problemática ambiental y, que sustenten los programas educativos, además de un mayor impulso a la investigación interdisciplinar que permita generar nuevos conocimientos y alternativas viables para la solución de los problemas ambientales.

Dadas las características anteriores, la dinámica con que evolucionan la ciencia y la tecnología en el mundo actual y el carácter estratégico de estas últimas para el desarrollo económico social de cualquier país, los planes de estudio de carreras de ingeniería tienen el compromiso de introducir en las prácticas de enseñanza de las carreras de Ingeniería la dimensión ambiental en una forma más eficiente, basada en espacios de integración y diálogo entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

6. Referencias

- [1] Ávila Galarza, Alfredo (2002). La Educación Ambiental a Nivel Superior. Profesor - Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). San Luis Potosí, México.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/052.pdf>
- [2] Enkerlin E, Cano G, Garza R, Vogel E. (1997), Ciencia ambiental y desarrollo sostenible, International Thomson Editores.
- [3] Roberto P. Guimarães (2002). La ética de la sustentabilidad y la formulación de políticas de desarrollo, en Ecología Política: naturaleza, sociedad y utopía. Comp. Héctor Alimonda Ed. CLACSO
- [4] Informe Final de la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. Organizada por la Unesco con la cooperación del PNUMA. Tbilisi (URSS). 14-26 de octubre de 1977. ED/MED/49 – Paris, abril de 1978.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000327/032763sb.pdf>
- [5] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. UNEP – Oficina Regional para América Latina y el Caribe. (1985). <http://www.pnuma.org/>
- [6] Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD, Cumbre para la Tierra). Río de Janeiro, Río de Janeiro, 3 al 14 de junio de 1992.
https://sustainabledevelopment.un.org/agenda21_spanish/?utm_source=OldRedirect&utm_medium=redirect&utm_content=dsd&utm_campaign=OldRedirect
- [7] Primer (I) Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental (1992, Noviembre). [Transcripción en línea]. Disponible: <http://www.nereainvestiga.org/es/eventos/detalhes/scripts/core.htm> (Consulta: 2007, Junio 07).
- [8] Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible aprobada en la 17ª sesión plenaria, celebrada el 4 de septiembre de 2002. Tercera Cumbre Mundial de las Naciones

- [9] Programa del 5to Congreso Mundial de la Educación Ambiental (Montreal, mayo de 2009).
- [10] CONFEDI - Consejo Federal de Decanos de Ingeniería XXXVII. Reunión Plenaria Santa Fe - 4 al 6 de Mayo. Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005-2007. Documento Preliminar.
- [11] CONFEDI (2014) Documentos de CONFEDI. Competencias en Ingeniería. Declaración de Valparaíso sobre competencias de Egreso del Ingeniero Iberoamericano
- [12] Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional. Resolución de Asamblea Universitaria N° 1 de 2011.
- [13] Adecuaciones de Diseños Curriculares de Carreras de Ingeniería de Universidad Tecnológica Nacional (Ord. CS N° 1030, Ingeniería Civil; Ord. CS N° 1026, Ingeniería Eléctrica; Ord. CS N° 1114, Ingeniería Industrial; Ord. CS N° 1027, Ingeniería Mecánica y Ord. CS N° 1150, Ingeniería en Sistemas de Información).
- [14] Planificaciones de cátedra, implementación curricular de Diseños Curriculares de Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Sistemas de Información de UTN SANTA FE).
- [15] Resolución del Ministerio de Educación de la Nación N° 1232/01. Incluye en la nómina del artículo 43 de la Ley N° 24.521 los títulos de Ingeniero Aeronáutico; Ingeniero en Alimentos; Ingeniero Ambiental; Ingeniero Civil; Ingeniero Electricista; Ingeniero Electromecánico; Ingeniero Electrónico; Ingeniero en Materiales; Ingeniero Mecánico; Ingeniero en Minas; Ingeniero Nuclear; Ingeniero en Petróleo, e Ingeniero Químico.
- [16] Resolución del Ministerio de Educación de la Nación N° 1054/02. Incluye en la nómina del artículo 43 de la Ley N° 24.521 los títulos de Ingeniero Agrimensor e Ingeniero Industrial y aprueba: contenidos curriculares básicos, carga horaria mínima, criterios de intensidad de la formación práctica, estándares para la acreditación de las carreras y actividades profesionales reservadas.
- [17] Resolución del Ministerio de Educación de la Nación N° 786/09. Aprueba los contenidos curriculares básicos, la carga horaria mínima, los criterios de intensidad de formación práctica, los estándares y la nómina de Actividades Profesionales Reservadas para las carreras correspondientes a los título de Licenciado en Ciencias de la Computación, Licenciado en Sistemas/Sistemas de Información/Análisis de Sistemas, Licenciado en Informática, Ingeniero en Computación e Ingeniero en Sistemas de Información/Informática.

Cursado virtual de Matemática Discreta para alumnos recursantes en carreras de ingeniería

Adelina García, Facultad de Ingeniería, agarcia@fi.unju.edu.ar

Roberto D. Lamas, Facultad de Ingeniería, rdlamas@fi.unju.edu.ar

C. Marcelo Pérez Ibarra, Facultad de Ingeniería, cmperezi@fi.unju.edu.ar

Verónica M. Torres, Facultad de Ingeniería, vtorres@fi.unju.edu.ar

Resumen— Las tecnologías educativas están cambiando la forma de impartir la enseñanza superior. Los sistemas de gestión de aprendizaje individual y colaborativo, recursos de Internet para la enseñanza y el aprendizaje, materiales académicos en formato electrónico, facilitan el desarrollo de nuevas estrategias educativas basadas en el aprendizaje colaborativo, cambia el rol del docente en la enseñanza virtual y también del alumno ya que debe ser protagonista de su propio aprendizaje, así como de los restantes miembros del grupo.

Este trabajo presenta la experiencia llevada a cabo en la cátedra de Matemática Discreta de las carreras de Licenciatura en Sistemas e Ingeniería Informática en la implementación del cursado virtual para alumnos recursantes en la cohorte 2015, cuyo objetivo es aumentar la retención de los alumnos ofreciendo un cursado virtual que posibilita que los mismos puedan manejar sus tiempos de estudio, incorporen el aprendizaje ubicuo y las competencias digitales necesarias para el cursado. Se detallará el diseño formativo del aula virtual en la plataforma Moodle, se presentarán los materiales multimediales y el sistema de comunicación que permite la interacción de los alumnos con el material, con el profesor tutor y con los demás alumnos. Los buenos resultados obtenidos en el dictado virtual nos animan a seguir innovando con las distintas herramientas que se encuentran en la web.

Palabras clave— *Matemática discreta, cursado virtual, alumnos recursantes.*

1. Introducción

La conectividad en la sociedad actual no solo ha alterado el sentido y la producción del conocimiento, sino también los espacios y los tiempos del aprendizaje, rompiendo la organización social del siglo XX. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), posibilitan el diseño y desarrollo de espacios virtuales con nuevas propuestas de enseñanza.

Esto demanda la constante capacitación del docente que le permita desempeñarse como: a) un trabajador del conocimiento, que ayude al estudiante en su aprendizaje mediante un proceso de mediación, y b) un diseñador de ambientes de aprendizaje, capaz de utilizar los diferentes espacios donde se produce el conocimiento. El docente debe estar preparado para enfrentar este nuevo reto y ofrecer una educación virtual de calidad.

Conscientes de la situación de cambio que se da en la enseñanza superior con la integración de las TIC, los docentes de la Catedra de Matemática Discreta comenzaron un trabajo de revisión de las prácticas educativas que culminó con la implementación del aula virtual de la materia en el campus digital de la Universidad Nacional de Jujuy, para el redictado de la misma a alumnos recursantes.

En el marco teórico de este trabajo se consideran las nuevas pedagogías emergentes basadas en el aprendizaje colaborativo, activo, autorregulado y el aprendizaje ubicuo, mediadas por las tecnologías emergentes. En un segundo apartado se describe el contexto de aplicación, luego se analiza el diseño y organización del aula virtual, la evaluación de la experiencia y las conclusiones.

2. Marco Teórico

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación han generado cambios sustanciales en todos los aspectos de la sociedad actual. La educación que es un proceso mediado con la incorporación de estas nuevas tecnologías como el ordenador, multimedia, red que más que un medio de enseñanza aprendizaje es un medio de comunicación, de producción, indagación, investigación, diversión, juego,... es decir que se utiliza en casi todas las esferas de la vida. Hoy se da a los medios y a las mediaciones la importancia que antes se desconocía o ignoraba.

Facundo [1] considera que el tránsito desde un enfoque educativo tradicional lineal, pre configurado, rígido, en los que se ha desarrollado una estructura educativa que se basa en la enseñanza por exposición, en aprendizaje receptivo y una interacción espacio, tiempo y sujetos a enfoques más flexibles, abiertos, impredecibles, pluralistas, dinámicos, interactivos, interdisciplinarios, dónde el tiempo y el espacio desaparecen, no es fácil.

En la sociedad del conocimiento, se requieren estudiantes activos, que sean capaces de planificar, buscar, evaluar, aplicar y renovar constantemente los conocimientos a lo largo de toda la vida. El docente pasa a cumplir las funciones de facilitador y motivador permanente de sus estudiantes en la búsqueda y organización de los contenidos, de orientador y asesor de los aprendizajes autónomos. Se requiere una alta dosis de motivación, de conciencia, responsabilidad y actividad, pero, sobre todo, un ejercicio permanente de reflexión crítica sobre el proceso mismo de aprendizaje, también de análisis, interpretación y evaluación de la información para poderse apropiar adecuadamente y transformarla en conocimiento.

En el siglo XX, la vida del conocimiento era medida en décadas, hoy, se devalúa con rapidez, la vida media del conocimiento está disminuyendo y la expectativa de relevancia y validez se ha reducido en algunas disciplinas desde un ciclo de años y décadas a otro de meses y años [2]. El hecho de que el conocimiento pueda ser un nodo de una red y que cualquier red pueda proporcionar conocimiento significa que todo y todos podemos ser recursos para el aprendizaje.

El aprendizaje se hace ubicuo, lo que afecta a los espacios de aprendizaje. La ubicuidad implica una especial capacidad para la flexibilidad y la adaptación a contextos diversos y en constante movimiento. El aprendizaje ubicuo también se relaciona con las tecnologías móviles, ya que hace referencia al hecho de que cualquier persona gracias a las tecnologías digitales está conectada en cualquier momento y en cualquier lugar produciendo y difundiendo información. Cuatro características definen el aprendizaje ubicuo: permanencia, accesibilidad, inmediatez, interactividad [3].

Una serie de criterios que los entornos de aprendizaje deben cumplir con el fin de apoyar los procesos de aprendizaje autorregulados son: a) alentar a los estudiantes a planificar su propia actividad de aprendizaje, b) proporcionar retroalimentación sobre el desempeño de las tareas con el fin de facilitar su seguimiento y la correcta autodirección del proceso de aprendizaje y c) proporcionar a los estudiantes los criterios para evaluar los resultados de su aprendizaje [4].

El aprendizaje colaborativo es una técnica didáctica de aprendizaje activo determinado por las interacciones complejas entre tres grandes elementos: el conocimiento existente en los alumnos, el contexto que se trate, y el problema a resolver [5].

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) , es una metodología que se centra en el aprendizaje, la reflexión y la investigación, permitiendo que un grupo pequeño de alumnos se reúna para analizar y resolver un problema seleccionado o diseñado especialmente para el logro de ciertos objetivos de aprendizaje, acompañados por un tutor [6].

El aprendizaje es un proceso activo que genera un cambio en la conducta o en la habilidad de los individuos para hacer algo, resulta de la práctica o de la experiencia, es perdurable, ocurre en el estudiante y puede ser determinado por él, pero para que se dé el aprendizaje es necesario propiciar un ambiente adecuado en el cual el estudiante se sienta cómodo [7]. Se entiende por ambiente de aprendizaje el lugar donde los estudiantes pueden trabajar juntos y apoyarse unos a otros, así como utilizar una variedad de herramientas y recursos de información con la finalidad de alcanzar metas de aprendizaje y resolver problemas. Desde el punto de vista institucional este ambiente es proporcionado por los sistemas LMS como Moodle.

Los estilos de aprendizaje proporcionan al docente información sobre cómo se realiza el aprendizaje individual en los estudiantes, de forma tal, que éste pueda adecuar sus estrategias de enseñanza a los diferentes estilos individuales y grupales, razón por la cual, es necesario conocer los mismos [8]. Los estilos de aprendizaje van ligados a las estrategias de aprendizaje las cuales son procedimientos o habilidades que el alumno posee y emplea de forma flexible para aprender y recordar la información, afectando los procesos de adquisición, almacenamiento y utilización de la información. Conocer sobre los Estilos de Aprendizaje de los estudiantes, facilita el diseño, elaboración, y selección de materiales y medios para la instrucción y durante el desarrollo del mismo, para atender las necesidades o dificultades particulares.

El aprendizaje a lo largo de la vida, la movilidad de los estudiantes y la globalización de la enseñanza, son cada vez más importantes. El reciclaje y la adaptación a los cambios requieren de un modelo cada vez más abierto y flexible que marca una nueva tendencia para las universidades, más abiertas y adaptadas a las necesidades formativas de la Sociedad del Conocimiento.

3. Contexto de la experiencia

A partir del año 2011, la Universidad Nacional de Jujuy implementó el proyecto UNJu Digital, un Campus virtual basado en la plataforma LMS Moodle. La creación de aulas en este espacio virtual permitió a los docentes de las diferentes unidades académicas incorporar recursos digitales como apoyo al dictado presencial.

En particular, la cátedra Matemática Discreta realizó la implementación del aula virtual en 3 etapas [9]. En la primera etapa se utilizó el aula virtual como complemento de la docencia

presencial, con el fin de transmitir información (programa de la materia, resultados de exámenes parciales, horarios de consultas) y para la comunicación con los alumnos (mensajería interna).

En la segunda etapa, en una constante búsqueda de integración de las TIC, se fomentó la intervención de los alumnos en el aula virtual a través de actividades tales como presentación de trabajos (grupales e individuales), cuestionarios, foros de consultas, etc. Todo ello, a fin de lograr una mayor interacción docente-alumno y alumno-alumno más allá del aula presencial.

En la tercera etapa, y a fin de retener mayor cantidad de alumnos que regularizan y/o promocionan la asignatura se propuso el redictado. Debido a cuestiones de horario, disponibilidad de aulas y recursos se decidió implementar el cursado virtual. En esta modalidad los recursos didácticos cobran especial relevancia ya que el proceso de aprendizaje estará guiado, en su mayor parte, por los propios alumnos. La interacción comunicativa dentro del aula virtual resulta un factor clave para el éxito del estudiante. Por ello, resultó preciso la reestructuración del aula a fin de ofrecer un escenario adecuado para el desarrollo de un proceso de enseñanza-aprendizaje virtual.

Si bien no hay un Proyecto Institucional para la implementación de cursos virtuales de las materias, la Institución está en una etapa de estudio y experimentación para una futura implementación de carreras.

4. Estructura del Aula Virtual

El aula virtual es un espacio creado virtualmente con la intención de que el estudiante obtenga experiencias de aprendizaje a través de recursos/materiales formativos bajo la supervisión e interacción con un profesor. A través del aula virtual el alumno puede acceder y desarrollar una serie de acciones similares a las que acontecen en un proceso de enseñanza presencial como conversar, leer documentos, realizar ejercicios, formular preguntas al docente, trabajar en equipo, etc.

Al implementar un aula virtual deben considerarse las dimensiones pedagógicas y los estilos de aprendizaje involucrados.

4.1 Dimensiones Pedagógicas

En el diseño del aula virtual se identifican las siguientes dimensiones [10]:

- *Dimensión informativa.* Se refiere a todo el conjunto de materiales (textual, multimedia, gráfica, audiovisual) que muestran o ayudan a los estudiantes a acceder a los conocimientos. Se pueden incluir presentaciones multimedia, mapas conceptuales, videoclips o animaciones, sitios web o recursos diversos mediante enlaces o hipervínculos.
- *Dimensión práctica.* Se refiere al conjunto de acciones, tareas o actividades, planificadas por el docente, que los estudiantes tienen que realizar para facilitar la experiencia de aprendizaje. Estas pueden ser de diverso tipo: participar en foros, leer y redactar ensayos, realizar un diario personal, plantear y analizar casos prácticos, buscar información sobre un tema específico, crear una base de datos, elaborar proyectos en grupo, resolver problemas y/o ejercicios, planificar y desarrollar una investigación, desarrollar trabajos colaborativos mediante wikis, etc. Con estas tareas se espera que los alumnos desarrollen una experiencia activa en la construcción del conocimiento.

- *Dimensión comunicativa.* Se refiere al conjunto de recursos y acciones de interacción social entre estudiantes y el profesor. Esta comunicación se produce a través de herramientas telemáticas tales como foros, chats, mensajería interna, correo electrónico, videoconferencia, etc.
- *Dimensión tutorial y evaluativa.* El papel del tutor virtual es un elemento clave para el éxito de esta modalidad educativa, el docente debe desarrollar el papel de supervisor y guía del proceso de aprendizaje del alumno. Las tareas implicadas en un curso virtual para el tutor o profesor son las siguientes: tutorías individuales, tutoría grupal, actualización del foro de novedades, evaluación de trabajos, control y seguimiento a través de estadísticas de los accesos y tiempos de utilización del aula virtual por los estudiantes, coordinación con otros profesores y siempre que sea posible, seguimiento del curso a través de un diario personal donde se recojan distintos datos e incidencias de la implementación del mismo.

4.1.1 Estilos de Aprendizaje

Las personas con estilos de aprendizaje teóricos integran sus observaciones dentro de teorías lógicas y complejas. Buscan la racionalidad, objetividad, precisión y exactitud. Aquí juega un papel muy importante el material didáctico que deberá permitir al estudiante analizar el marco teórico de la materia objeto de estudio para su posterior esquematización [11].

Las personas con estilos de aprendizaje pragmáticos tratan siempre de poner en práctica sus ideas y buscan la rapidez y eficacia en sus acciones y decisiones. También debemos señalar que las herramientas de comunicación presentes en las plataformas virtuales están incrementando paulatinamente el protagonismo del educando en el hecho educativo y la interacción multidireccional que posibilita el intercambio de experiencias compartidas.

4.1.2 Diseño del Aula Virtual

El diseño del aula virtual de Matemática Discreta, destinado al redictado 2015, se realizó tomando en cuenta las dimensiones descriptas y los estilos de aprendizaje del alumnado (teórico-pragmático) determinados a partir de una experiencia previa de la cátedra.

Teniendo en cuenta el perfil del alumno, su estilo de aprendizaje, el aprendizaje socio-constructivista de la plataforma y fundamentalmente el diseño pedagógico de la materia; el diseño del aula virtual comprende 2 bloques genéricos que se describen a continuación.

Bloque 1: Presentación de la materia

En este bloque se contemplan los siguientes elementos:

- *Aspectos generales de la materia:* Aquí se proporciona al alumno una descripción general del curso: programa de la materia, objetivos de la materia, profesores tutores, resultados esperados, cronograma del curso, cronograma de parciales, horarios de consultas presenciales, sistema de evaluación de la materia, etc.
- *Foro de Novedades:* en este tipo de foros se anuncian las novedades y/o noticias que deben recibir todos los usuarios de forma automática. Sólo los administradores y tutores del curso pueden editarlo.
- *Formulario de Inscripción:* es una la base de datos de los alumnos inscriptos en el aula, todos los alumnos de la materia deben completarlo.

- *Glosario*: construido con conceptos relevantes de cada unidad de la materia, sirve de base para la generación de juegos de autoevaluación.
- *Foro de Consultas*: es el espacio destinado a las consultas técnicas como académicas de los alumnos.
- *Juegos para autoevaluación*: es una extensión de Moodle que permite habilitar juegos como sudoku, ahorcado y crucigramas basados en glosarios y preguntas de los cuestionarios que sirven de autoevaluación a los alumnos.

Bloque 2: Contenidos

Este bloque se estructura en pestañas que se corresponden con los temas principales de la materia. Cada pestaña contempla los siguientes elementos:

- *Presentación del tema*: Incluye el contenido, los objetivos específicos, la semana en que se desarrolla y un cronograma de actividades a presentar.
- *Recursos teóricos*: tiene como objetivo orientar la lectura del material teórico desarrollado por la cátedra, que se presenta por medio del recurso libro de Moodle, también en formato pdf, para facilitar su descarga, y una presentación en Prezi con un resumen del tema.
- *Recursos prácticos*: se especifica las tareas individuales y grupales que deben realizar los alumnos. Se provee la guía individual del TP y ejercicios resueltos de orientación para los alumnos. Se asignan tareas a los grupos en sus foros con un mensaje donde se presentan los ejercicios aplicados y una vez resueltos y revisados por el profesor tutor deben compartirse con los compañeros en un muro colaborativo realizado en Padlet. También tienen una instancia individual de presentación de trabajos prácticos.
- *Foros de consulta grupales*: es el espacio donde se resuelven las tareas asignadas en forma grupal mediante trabajo asincrónico colaborativo.
- *Wikis*: son espacios en los que los integrantes de los grupos pueden realizar la edición de contenido de los trabajos prácticos en forma colaborativa.
- *Videos y sitios de interés*: se proporcionan videos o enlaces a páginas web con temáticas relacionadas o interesantes propuestos por los profesores tutores.
- *Envío de Tareas*: a través de este recurso los alumnos pueden subir archivos en diferentes formatos, para que los profesores realicen correcciones y observaciones.

En el Bloque 1, se cubren las dimensiones informativa y comunicativa del diseño pedagógico del aula virtual. Mientras que en el Bloque 2 se combinan las 4 dimensiones del diseño pedagógico. Esto es debido a que en el segundo bloque se desarrolla concretamente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

5. Desarrollo de la Experiencia

La materia Matemática Discreta se cursa en forma presencial en el primer cuatrimestre del segundo año de las carreras de Ingeniería Informática y Licenciatura en Sistema, el régimen de cursada es de 80% de asistencia a los trabajos prácticos y la aprobación de dos parciales prácticos y dos parciales teóricos, teniendo la posibilidad el alumno de acceder al régimen de promoción de la materia, para lo cual se necesita aprobar los exámenes con un nota mayor o igual a 7, para la regularidad la nota de los parciales prácticos debe ser mayor o igual a 6 y el alumno accede a un examen final teórico.

El redictado se llevó a cabo en el segundo cuatrimestre del año 2015 con un grupo inicial de 28 alumnos recursantes. Con objeto de informar acerca del redictado a los alumnos interesados se realizó una reunión presencial en la que se explicó la metodología del cursado, el acceso al aula virtual (clave de entrada al curso), la metodología de trabajo, el rol del docente y las formas de comunicación a utilizar. También se destacó que en la modalidad virtual el alumno debe ser protagonista activo del proceso de enseñanza-aprendizaje y que el profesor tutor es una guía en este proceso y no su actor principal.

El curso se organizó en 16 semanas. La primera se destinó a la adaptación y reconocimiento del aula y sus herramientas. En tanto que para el desarrollo de los contenidos teóricos y prácticos se destinaron 10 semanas, dedicándose las 5 restantes a la evaluación de los conocimientos adquiridos.

En principio, se conformaron los grupos de trabajo y se habilitaron progresivamente las pestañas de temas y los correspondientes foros grupales para el desarrollo de las tareas colaborativas previstas en el curso.

Los trabajos prácticos se plantearon con el enfoque ABP a fin que los alumnos construyeran el conocimiento rescatando las teorías obligatorias y opcionales para resolver las situaciones problemáticas con sus compañeros mediante el desarrollo del aprendizaje colaborativo.

Los trabajos prácticos propuestos para cada tema se estructuraron de la siguiente forma:

- *Ejercicios resueltos*: se trata de ejemplos de ejercicios que sirven de guía para la resolución de problemas.
- *Práctica individual*: se trata de ejercicios que el alumno debe desarrollar y presentar en forma individual, basándose en los ejercicios resueltos.
- *Práctica Grupal*: se trata de un problema aplicado para la resolución en forma grupal por medio de herramientas colaborativas.

Los resultados de la práctica grupal se publicaron en el muro colaborativo del tema correspondiente, previa revisión del tutor realizada en los foros grupales.

Respecto a la comunicación, ésta fue asincrónica por medio de foros de consulta y foros grupales, además del servicio de mensajería interno de la plataforma. También se formó un grupo de WhatsApp de la materia que fue de gran ayuda cuando la Plataforma no funciona bien.

Si bien el desarrollo del proceso de aprendizaje se llevó a cabo en un escenario virtual, la evaluación de los resultados de este proceso se concretó de forma presencial, ya que es incipiente el desarrollo de cursos virtuales dentro de la Institución y no hay reglamentación específica respecto de la evaluación en estos cursos por lo cual adoptamos la evaluación presencial en esta etapa. A continuación se describe la forma de evaluación.

La materia podía aprobarse por promoción o por regularización con examen final. El sistema de evaluación presencial constó de dos exámenes parciales prácticos con una recuperación flotante y dos exámenes teóricos con una recuperación flotante. El examen presencial contribuyó a la nota final en un 80%, mientras que el 20% restante fue evaluado en la plataforma por medio de los aportes en los foros grupales y, la realización de las tareas individuales. Al primer examen parcial práctico se presentaron 19 alumnos de los cuales aprobaron 15, y al examen parcial teórico se presentaron 19 alumnos de los cuales aprobaron 15. Los resultados finales de la cursada virtual se consignan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del cursado virtual de Matemática Discreta.

Condición	Cantidad	Porcentaje
Promocionados	11	39%
Regulares	2	7%
Desaprobados	6	22%
Ausentes	9	32%
Inscriptos	28	100%

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis global podemos decir que dentro del porcentaje de alumnos ausentes están alumnos que aprobaron el primer parcial y que por motivos que desconocemos abandonaron el cursado virtual, también observamos que alumnos que no aprobaron el primer parcial siguieron la cursada y aprobaron la materia con dedicación y esfuerzo. El resultado global de aprobados es del 46%, resultado interesante teniendo en cuenta que son alumnos recursantes.

6. Evaluación de la Experiencia

Teniendo en cuenta los actores implicados en esta experiencia, la evaluación de ésta se realizó desde 2 perspectivas: del docente y del estudiante.

- *Punto de vista del docente:* considerando los aspectos visuales-organizativos, el material didáctico provisto y las estrategias de enseñanza utilizadas la docente a cargo observó que si bien la organización y secuenciación de los recursos teóricos y prácticos generados por la cátedra son adecuados, el material de apoyo audiovisual de fuentes externas podía resultar confuso al utilizar terminología diferente para las temáticas abordadas en el curso. Esto la motivó a indagar acerca de herramientas para la producción de material propio. Respecto a los alumnos, la docente observó que si bien éstos accedían al aula, algunos tenían poca o ninguna intervención en las actividades grupales, lo que indica cierta resistencia a la interacción virtual. Esto conlleva a buscar nuevas estrategias que incentiven la participación activa de los alumnos en el espacio virtual.
- *Punto de vista del alumno:* los alumnos evaluaron positivamente el material de estudio provisto en diferentes formatos, la predisposición del equipo docente, la ventaja de organizar sus tiempos de estudio y la disponibilidad del material en cualquier lugar. No obstante, observaron problemas en cuanto a la organización del trabajo grupal por falta de participación de algunos compañeros y por la deserción de otros, además de dificultades técnicas de la plataforma, y la falta de conocimientos técnicos para el manejo de algunas herramientas.

7. Conclusión

En este trabajo se presentó el diseño y ejecución del redictado, en modalidad virtual, de la materia Matemática Discreta. Esta experiencia, apoyada en las tecnologías de la información y la comunicación, consistió en la implementación de pedagogías emergentes basadas en trabajo colaborativo, aprendizaje activo y ubicuo. Consecuentemente, el diseño del aula virtual sobre la que se llevó a cabo la experiencia se basó en 4 dimensiones pedagógicas y 2 estilos de aprendizaje. Durante el desarrollo del curso, la docente a cargo observó que el material de apoyo externo no se ajustaba completamente a las necesidades de los alumnos. Por tanto, advirtió la necesidad de generar recursos a medida, tales como

vídeos de corta duración (píldoras) que traten los temas de mayor dificultad. Asimismo, detectó que para fomentar la participación de los alumnos es necesario contar con herramientas alternativas para: a) la producción de trabajos (infografías, audios, videos, etc.), b) la interacción sincrónica y asincrónica (correo electrónico, *WhatsApp*, *Hangout*, *Skype*, redes sociales, etc.) y c) el acceso compartido a material digital (*DropBox*, *GoogleDrive*, *OneDrive*, etc.) para implementar el trabajo colaborativo. Otro aspecto considerado en esta experiencia fue la evaluación del alumno, que si bien se realizó de forma presencial podría haber sido apoyada por herramientas de autoevaluación que indiquen tanto al docente como al alumno el progreso de éste último. Esta experiencia se realizó por la necesidad de introducir las TIC en forma efectiva en la Educación Superior aprovechando las ventajas del aprendizaje ubicuo y el uso de los Smartphone dado que son herramientas que casi todos los alumnos disponen y así lograr que los mismos adquieren competencias digitales necesarias para el aprendizaje a lo largo de la vida. Debe tenerse en claro que las TIC son sólo un medio y que lo importante es el diseño pedagógico que se realice para llevar a cabo un proceso educativo de calidad. El trabajo a futuro es seguir integrando las TIC a la Educación Superior por medio de pedagogías emergentes como ser el aula invertida.

8. Referencias

- [1] FACUNDO, A. H. (2004). La virtualización desde la perspectiva de la modernización de la educación superior: consideraciones pedagógicas. *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento* (RUSC). UOC. Vol. 1, n° 1. Consultado el 14/03/2016 en <http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/facundo1104.pdf>
- [2] SIEMENS, G. (2010). *Conociendo el conocimiento*. Ediciones Nodos Ele.
- [3] COPE, B., & KALANTZIS, M. (2010). Multialfabetización: nuevas alfabetizaciones, nuevas formas de aprendizaje. *Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios*, 25(98), 53-92.
- [4] BARTOLOMÉ, A. & STEFFENS, K. (2011). Technologies for self-regulated learning. En R. Carneiro, P., Lefrere, K., Steffens, K. & Underwood, J. (Eds.), *Self-regulated Learning in Technology Enhanced Learning Environments: A European Review* (pp. 21- 31). Rotterdam: Sense Publishers.
- [5] JOHNSON, D.W. JOHNSON, R.T., & HOLUBEC, E.J.: *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Barcelona: Paidós. (1999)
- [6] ESTEBAN GUITART, Moisés (2001), Del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) al Aprendizaje Basado en La Acción (ABA). Claves para su complementariedad e implementación. Monográfico *Aprendizaje basado en problemas*, Vol. 9 n° 1. (Abril, 2011). Sitio: <http://redu.net/redu/index.php/REDU/article/view/195>
- [7] ZAPATA-ROS, M. (2014). Gestión del aprendizaje en Educación Superior y web social. RED, *Revista de Educación a Distancia*. Número 42. Número monográfico sobre "Experiencias y tendencias en affordances educativas de campus virtuales universitarios". 15 de septiembre de 2014. Consultado el 02/04/2016 en <http://www.um.es/ead/red/42>
- [8] TORRES-DIAZ, J. et al. (2012). Integración de redes sociales y entornos virtuales de aprendizaje. RED, *Revista de Educación a Distancia*. Número 35. 1 de enero de 2013. Consultado el 02/04/2016 en <http://www.um.es/ead/red/35/>

- [9] AREA, M. (Coord) (2007/08): Monográfico —La docencia virtual en las universidades presenciales. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 2 vols.: nº 10(2), Diciembre 2007, y nº 11(1), Junio 2008. Disponible en <http://www.utpl.edu.ec/ried/>
- [10] AREA, M. y ADELL, J. (2009): —eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. De Pablos (Coord): Tecnología Educativa. *La formación del profesorado en la era de Internet*. Aljibe, Málaga, pags. 391-424.
- [11] RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, N. (2014). Fundamentos del proceso educativo a distancia: enseñanza, aprendizaje y evaluación. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, volumen 17, nº 2, pp. 75-93.

Propuesta de planificación de una Unidad Didáctica en una asignatura de Ingeniería en Alimentos

Paz, María Mercedes, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, pazoca13@yahoo.com.ar

Lescano Farias, Lara Valeria, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, lescanolaravaleria@gmail.com

Salto, Héctor Javier, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, hjsalto@unse.edu.ar

González Celia Carlota, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, celgon@arnet.com.ar

Resumen— La propuesta de planificación de la Unidad Didáctica que se presenta a continuación corresponde al programa de una asignatura, de carácter optativo, de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. La misma tiene por objetivo plantear el cambio del modelo de enseñanza –aprendizaje hasta ahora vigente en la referida asignatura. En la elaboración de la propuesta se tuvieron en cuenta características propias de la asignatura en cuestión en donde se fijaron los objetivos y contenidos de la Unidad Didáctica y se establecieron la selección y secuencia de las actividades a llevarse a cabo. También se consideran los recursos necesarios para ejecutar dichas actividades, el tiempo que insume el desarrollo de las mismas y los criterios de evaluación. Asimismo se analiza la estrategia didáctica utilizada en la planificación de esta Unidad. Dicha estrategia incluye aprendizajes prácticos y operativos que requieren de una actuación cognitiva compleja permitiendo el desarrollo afectivo y actitudinal de los sujetos, pretendiendo mostrar a los alumnos que no solamente es el conocimiento teórico en sí lo que hace al ejercicio de la profesión sino el conocimiento aplicado a una actividad.

Se incluirán, por lo menos, 3 palabras claves separadas por comas. La cabecera será en Times New Roman, de 14 pt, en negritas, alineado a la izquierda, interlineado sencillo. El texto deberá estar en Times New Roman, de 12 pt, justificado, interlineado sencillo.

Palabras clave— *planificación, estrategia didáctica, ingeniería en alimentos, modelo enseñanza-aprendizaje.*

1. Introducción

El método didáctico – expositivo, también conocido como clase magistral, es la estrategia con que, hasta el presente, se desarrollan los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura optativa Carnes y subproductos, perteneciente al último año de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Con relación a este método Valcárcel Pérez [1] sostiene que “es una estrategia docente que se basa en la transmisión verbal de conocimientos, su exposición y /o explicación oral, por el Profesor a los alumnos. Por tanto, se basa en una forma de comunicación predominantemente unidireccional”. Sin embargo, también sobre dicho método afirma que “lo deseable es que el alumno no adopte un papel de oyente pasivo, tomando apuntes, sino que se den otras formas de interacción en la clase planteando cuestiones, aportando ideas, etc.”[1].

Por otra parte, Najmanovich [2] afirma que “estamos en una época que bien podríamos denominar como la era de las tres c: Crisis, Cambio y Complejidad. El campo educativo está en el centro de un torbellino que, por ahora, no cesa de crecer”. Además, menciona que como consecuencia de ello se producen “cambios drásticos en la concepción del conocimiento que llevan a la necesidad de gestar nuevos modos de relación enseñanza-aprendizaje, que no implica solamente una actualización de los contenidos sino que exige una transformación profunda del vínculo entre docentes, alumnos, y en el conjunto de la comunidad educativa. Se trata sobre todo de privilegiar la dimensión del encuentro, en lugar de pretender una transmisión unidireccional, de valorar la exploración y la creatividad sin desprestigiar la memoria y la sistematización, de privilegiar la producción en lugar de la repetición, de dar lugar a la singularidad de los actores y no encerrarlos en roles esquemáticos y rígidos”[2]. Todo ello lleva a replantear el modelo de enseñanza – aprendizaje hasta ahora utilizado e innovar, de forma tal que permita dar mejor respuesta a la demanda de la sociedad actual en relación con los futuros profesionales, la cual se traduce en la formación de sujetos que sepan buscar información y transformar la misma en conocimiento pertinente, que posean capacidad para trabajar en redes colaborativas, que sean críticos, autónomos, plurales, creativos, que sostengan valores éticos, que se encuentren preparados para el mundo del trabajo en el marco de la responsabilidad social y que recuperen y revaloricen las identidades culturales.

Tomando como base estas consideraciones se ha planificado la presente Unidad Didáctica, titulada Transformación y Métodos de Conservación de la Carne y parte integrante de la Planificación de Carnes y Subproductos.

2. Materiales y Métodos

Las actividades comprendidas en esta Unidad Didáctica se desarrollan durante 4 clases, presentándose el desglose de éstas últimas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Características de las clases

Orden de la Clase	Tipo	Extensión
1°	Presencial	3 horas
2°	No Presencial	2 semanas
3°	Presencial	5 horas (*)
4°	Presencial	3 horas

Fuente: elaboración propia

(*) La extensión de la 3° Clase Presencial 5 horas se divide en: 4 horas destinadas a la elaboración del producto seleccionado y 1 hora a la ejecución de los respectivos controles de proceso y calidad. El tiempo de 1 hora que insume el llevar a cabo los controles antes mencionados se prorratea en las siguientes 2 semanas de concluida la elaboración.

Los recursos utilizados en el desarrollo de las actividades comprendidas en la Unidad Didáctica son: Notebook, Internet, Pizarrón, Marcadores, Bibliografía, Plataforma Virtual Moodle, Cañón, Videos Ilustrativos, Sala de Producción de Carnes (recinto provisto de equipamiento de producción e instrumental para controles de proceso y calidad).

Con referencia a las actividades desarrolladas en cada una de las clases que integran la Unidad Didáctica, las mismas se detallan a continuación:

1° Clase (Presencial): En el inicio de esta Clase, el Profesor expone los contenidos conceptuales de la Unidad Didáctica referidos a chacinados y luego utiliza el Método de Casos mediante dos procedimientos: a) exposición de un video sobre el ganado caprino en Sgo. del Estero, b) relato sobre la problemática de los pequeños productores caprinos de nuestra provincia, en relación al uso de la carne de descarte (esto es: carne proveniente de animales caprinos adultos y no demandada para el consumo fresco). A continuación, y con el propósito de que los alumnos formulen Hipótesis de Trabajo mediante el Método de Indagación, el Profesor les efectúa la siguiente pregunta disparadora: Ud., como Ingeniero en Alimentos, ¿qué producto innovador podría elaborar con la carne de descarte, de manera tal de conferirle valor agregado y contribuir así a la economía de estos pequeños productores santiagueños?. Seguidamente, los alumnos se dividen en grupos y realizan una primera indagación referida a la selección del producto a obtener y su técnica de elaboración con el propósito de confeccionar las respectivas Hipótesis. La obtención de las mismas marca el final de la 1° Clase (Presencial).

2° Clase (no Presencial): En esta clase los grupos se dedican a consolidar sus respectivas Hipótesis de Trabajo, mediante la investigación y discusión de los posibles resultados a obtener. Además, pueden realizar consultas a la Cátedra, ya sea personalmente o bien por intermedio de la Plataforma Virtual Moodle. Los avances del trabajo realizado y la decisión final adoptada se dan a conocer en el sitio que la asignatura posee en dicha Plataforma, en fechas y horarios que los Grupos tienen asignados de antemano. La 2° Clase concluye con la consolidación de las Hipótesis de Trabajo.

3° Clase (Presencial): Al comienzo de esta clase, la Cátedra suministra a los Grupos información referida a la 4° Clase (Presencial):

- a) Desarrollo de Exposición Grupal, modalidad Oral, y referida al trabajo a ejecutarse en ésta 3° Clase (Presencial).
- b) Los medios utilizados para la exposición oral quedarán a criterio de cada uno de los grupos.
- c) Lineamientos del Informe Técnico Escrito que deberá presentar cada Grupo al finalizar la Exposición Oral antes mencionada.

A continuación, en la Sala de Producción de Carnes, cada Grupo corrobora su Hipótesis de Trabajo mediante la ejecución de la técnica de elaboración seleccionada a los fines de obtener el producto elegido. Una vez obtenido el producto, se realiza los controles de proceso y calidad por espacio de 2 semanas, al cabo del cual finaliza la 3° Clase (Presencial).

4° Clase (Presencial): En esta clase, cada Grupo desarrolla su Exposición Oral con el propósito de mostrar el método de elaboración seleccionado, explicar los fundamentos de su selección y presentar tanto los resultados obtenidos como las conclusiones finales. Concluidas todas las Exposiciones Orales, tiene lugar una puesta en común en la cual los Grupos responden interrogantes, intercambian experiencias de trabajo y comparan las diferentes propuestas de soluciones. La 4° Clase Presencial concluye con la entrega, por parte de cada Grupo, del Informe Técnico Escrito.

En lo que respecta a la Evaluación, se aplica la Evaluación Rúbrica como instrumento para la valoración tanto de las competencias adquiridas por el estudiante como también su desempeño individual y su participación grupal.

3. Resultados y Discusión

Las actividades comprendidas en las cuatro clases que integran esta propuesta de planificación de Unidad Didáctica fueron diseñadas, por una parte, con el propósito de revertir la estrategia de transmisión de la información de profesor a estudiante, dejando de lado el rol del profesor como emisor de información y asumir el que Kozak [3] define como “un orientador y un problematizador que dinamice y ponga en acción el conocimiento de los estudiantes”. Por otra parte y con el objetivo de fomentar el trabajo autónomo y autogestivo de los estudiantes, en el diseño de las mismas se tuvieron en cuenta algunas de las consideraciones señaladas a saber: “a) concebir al estudiante universitario como un adulto responsable de su formación y abandonar los vínculos de carácter paternalista o autoritario en los que el profesor se sitúa en el lugar central del saber que le confiere el mero hecho de detentar ese rol, b) tratar al estudiante como un futuro colega, c) alentar a probar nuevas alternativas, caminos, opciones de resolución de problemas de la profesión, d) alentar al estudiante a conformar grupos de trabajo (presenciales o no) en el marco del desarrollo de una verdadera cultura de colaboración”. [3]

En lo que respecta a la estrategia didáctica utilizada en la planificación de esta Unidad, la misma surge del ensamble de las que se detallan a continuación:

En primer lugar, se utiliza el Método de Casos y, dentro de esta estrategia, se selecciona el Modelo Metodológico de Resolución de Situaciones o Problemas. De acuerdo con el documento El estudio de casos como técnica didáctica (www.sistema.ytesm.mx) este modelo se centra en la toma de decisiones que requiere la solución de problemas planteados en la situación que se somete a revisión. Por otra parte, con este método se procura un aprendizaje significativo y quienes forman parte de este tipo de aprendizaje, no solo participan activamente en el análisis del caso sino que también logran involucrarse y comprometerse tanto en su discusión como en el proceso grupal para su reflexión. El Método de Casos permite tratar una situación concreta y real (aprovechamiento integral de la carne de cabra adulta) de la vida profesional y Litwin [4] destaca la conveniencia del planteo de situaciones problemáticas de esta naturaleza cuando afirma: “si en las aulas resolvemos problemas auténticos y no de juguete, esto es, si planteamos problemas reales para generar procesos de construcción del conocimiento, los alumnos acuden a clase con todas sus experiencias vitales a cuestas”. Por otra parte, el planteo de este tipo de situación posibilita mostrar otra faceta interesante del método, la cual consiste en que el mismo permite recuperar valores tales como el compromiso social para dar respuesta a una problemática de esta índole.

El empleo de la tecnología educativa, como una herramienta integrante de la estrategia para el aprendizaje del alumno, se realiza a través de: a) la proyección de un video, b) el uso de la Plataforma Virtual Moodle. La proyección del video constituye un elemento motivador de la clase puesto que permite captar la atención de los alumnos en relación al comportamiento del animal caprino en la etapa de crianza y cuidado. De esta manera, sirve de apoyo a la estrategia de casos para contextualizar la situación problemática planteada. La Plataforma Virtual Moodle constituye una herramienta tecnológica de empalme que permite ensamblar las metodologías elegidas y fortalecer la relación directa con los alumnos. Hernández Pino [5] sostiene que “la incorporación de las TIC en el aula no está supeditada al amplio dominio técnico del docente, sino a su capacidad de diseñar retos de aprendizaje para que los estudiantes, que sí se mueven y asumen estos escenarios como espacios de reconocimiento, utilicen las tecnologías para el procesamiento de la información y la generación de conocimiento”, por lo que ésta Plataforma

Virtual es usada en la Clase no Presencial por los alumnos animando al autoaprendizaje y les permite estar permanentemente actualizados de los avances, novedades, además de constituir un elemento motivador, por inducir reflexiones y preguntas en relación con el tema, como también comunicarse al instante sin limitaciones de tiempo y espacio con sus pares y el equipo docente de la Cátedra. De acuerdo con Litwin [6], “la tecnología puesta a disposición de los estudiantes tiene por objeto desarrollar las posibilidades individuales, tanto cognitivas como estéticas”, mientras que, sobre los beneficios de su uso, Kozak [7] afirma que “el estudiante puede acceder a contenidos muy diversos realizando operaciones muy sencillas. La facilidad que brinda el acceso por Internet a bibliotecas y textos digitalizados, a comunidades virtuales que tratan temáticas específicas, foros de discusión y a otros ámbitos académicos de producción de conocimientos, amplía enormemente el capital de información al que el estudiante puede acceder y, por consiguiente, podría incrementar la posibilidad de fundamentar mejor sus aprendizajes. La riqueza de los intercambios permite al alumno obtener parámetros respecto de qué se espera de él, o bien, cuál es el tono de los discursos que se conoce a través de los debates”. En segundo lugar, de acuerdo con Joyce & Weill [8] el uso del Método de Indagación “permite al alumno seguir un razonamiento relacionado a una investigación o a un problema metodológico”. Además, haciendo referencia a Schwab [9], estos autores afirman que en dicho Método “se organiza el trabajo para inducir a los estudiantes a investigar problemas y no solamente ilustrar un texto. Se presentan problemas cuyas respuestas no están en los libros, se crean situaciones que nos permiten participar en la Indagación, permite diseñar los programas en unidades con el propósito de que el alumno participe en la Investigación de un problema real y, a medida que la serie del caso progresa, los alumnos se acercan cada vez más a la frontera del conocimiento”. Por otra parte, en la página (www.galileo.org/teachers/designing-learning/articles) se encuentra otro argumento que justifica el aplicar el Método de Indagación. El mismo sostiene que “la indagación induce a que los estudiantes construyan conocimientos, lo que deriva en un entendimiento profundo. Se provee a los estudiantes de una diversidad de maneras flexibles para aproximarse a los problemas, cuestiones o preguntas bajo estudio, con lo cual adquiere sentido el problema, la cuestión o la pregunta. El estudio de Indagación fomenta en los estudiantes el desarrollar los hábitos mentales que los induce a preguntar sobre:

- a) Evidencias (cómo sabemos lo que sabemos).
- b) Puntos de vista (quien está hablando).
- c) Patrones y conexiones (que causa que).
- d) Suposiciones (de que otra manera podrían haber sido las cosas)
- e) Porque es importante (¿a quién le importa?).”

Para evaluar la calidad del trabajo, se seleccionó el tipo de Evaluación Rúbrica. Fernández Marcha [10] hace referencia al concepto de Evaluación Rúbrica a través de diferentes autores: “Son guías de puntuación usadas en la evaluación del desempeño de los estudiantes que describen las características específicas de un producto, proyecto o tarea en varios niveles de rendimiento, con el fin de clarificar lo que se espera del trabajo del alumno, de valorar su ejecución y de facilitar la proporción de feedback”. La elección de esta evaluación se hizo porque es necesario hacer una evaluación global de cómo se desempeña el alumno y éste dentro de un grupo, teniendo en cuenta que son actividades fuera de lo que conocemos como tradicional, por lo que nos resulta importante aprovechar su característica de la versatilidad al mismo tiempo que permite valorar las competencias desarrolladas por los estudiantes y éstos usarla como norma para estimar y juzgar sus progresos o fracasos, regulando sus esfuerzos para la culminación de la tarea logrando los objetivos preestablecidos.

4. Conclusiones y recomendaciones

Esta propuesta de planificación de Unidad Didáctica contempla el cambio en el modelo de enseñanza – aprendizaje hasta ahora aplicado en la asignatura optativa, como una forma de responder a la necesidad de implementar nuevos modelos de esta naturaleza y con el propósito de formar profesionales acordes a las actuales necesidades de nuestra sociedad. En el modelo propuesto, el docente desarrolla un nuevo rol y se promueve una forma de trabajo diferente a ejecutar por parte de los estudiantes. La estrategia didáctica a aplicar surge de la conjunción de las que permiten la participación activa del alumno y la que propicia el uso de tecnología educativa por parte del mismo, evaluándose su empleo no solo mediante las competencias adquiridas sino también por su desempeño individual como participación grupal.

5. Referencias

- [1] VALCÁRCEL PÉREZ, Maria V. (2009), Presentación y explicación de los contenidos: La clase magistral. Plan de formación inicial del profesorado de la universidad de Murcia (FIPRUMU VII). Murcia, España, p. 1-20.
- [2] NAJMANOVICH, DENISE. (2012). Educar en tiempos agitados: crisis, cambio y complejidad. Revista IRICE, CONICET - N° 24 – Rosario, Argentina.
- [3] y [7] KOZAK, DÉBORA (2002). Innovación pedagógica en la educación superior y nuevas tecnologías: entre hacer más de lo mismo o innovar de verdad. Comunicación oral, Segundo Congreso Internacional, Docencia Universitaria e Innovación. Tarragona, España.
- [4] y [6] LITWIN, EDITH. Los cambios educativos: Calidad e Innovación en el Marco de la Tecnología Educativa – Tecnología Educativa: Política, historias, propuestas. Ed: Paidós.
- [5] HERNÁNDEZ PINO, YOLI M (2015) Factores que favorecen la innovación educativa con el uso de la tecnología: una perspectiva desde el proyecto coKREA. Revista virtual universidad católica del norte, n. 45, p 38-52.
- [8] JOYCE B. & WEILL M. La Indagación Científica y el Entrenamiento para la Indagación. El Arte de hacer Inferencias. Modelos de Enseñanza, (Cap.10). Editorial Gedisa.
- [9] FERNÁNDEZ MARCHA, AMPARO. La evaluación de los aprendizajes en la universidad: nuevos enfoques. Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Politécnica de Valencia.

5.1 Publicaciones electrónicas

www.galileo.org/teachers/designing-learning/articles.
www.sistema.ytesm.mx

ENSEÑAR MATEMÁTICA EN EL CONTEXTO DE LA INGENIERÍA

Celestino Benito Brutti, UTN- Regional Paraná, celbrutti@gmail.com

Felicia Dora Zuriaga, UTN- Regional Paraná, doritabrutti@gmail.com

María Alicia Gemignani, UTN- Regional Paraná, alicia.gemignani@gmail.com

María Itatí Gandulfo, UTN- Regional Paraná, mariagandulfo@gmail.com

Magalí Soldini, UTN- Regional Paraná, magali.soldini@gmail.com

Gabriela Adriana Martínez, UTN- Regional Paraná, gabrieladrianamartinez@gmail.com

Milton Tadeo Martin, UTN- Regional Paraná, miltontm@gmail.com

Juan José Stivanello, UTN- Regional Paraná, jjstiva@gmail.com

Maricel De Zan, UTN- Regional Paraná, maricelvdezan@yahoo.com.ar

Luis Grinóvero, UTN- Regional Paraná, luisgrinovero@gmail.com

Resumen—Este trabajo da cuenta de las acciones implementadas por docentes de matemática de las carreras de Ingeniería de la UTN, Regional Paraná de primer año con el objetivo de provocar aprendizajes significativos a partir del enfrentamiento de los estudiantes con experiencias de aprendizaje en el contexto de su especialidad.

En las reuniones de Directores de Departamento de Materias Básicas de las distintas Facultades Regionales pertenecientes a la UTN, en su agenda 2014-2015, surge la necesidad de enfocar la formación haciendo eje en la profesión. En este contexto es fundamental proponer innovaciones didácticas centradas en enfoques interdisciplinarios. Se debe construir el edificio de la ingeniería moderna sobre el cimiento de los conceptos físico- matemáticos, pensado como un proceso que fortalezca la interdisciplinariedad y la articulación del Análisis Matemático I y del Álgebra y Geometría Analítica, con las materias específicas de la carrera.

En la UTN-Facultad Regional Paraná se lleva a cabo una experiencia impulsada por las Cátedras de Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica que apunta a que los alumnos de primer año logren las competencias necesarias para realizar dos trabajos prácticos integradores que involucran situaciones problemáticas de cada especialidad utilizando un software matemático.

Palabras clave— *Enseñanza, Matemática, Ingeniería, Trabajos prácticos integradores, Aprendizaje independiente.*

1. Introducción

Según Trejo, E. [1]: Los retos y desafíos de las Universidades actualmente han cambiado. El desarrollo tecnológico exige que los ingenieros que se formen en la educación superior sean competitivos en el ámbito nacional e internacional para hacer frente al proceso de globalización, por lo que se hace necesario el replantear el porqué de la matemática, sus contenidos y la metodología de enseñanza, de modo que los estudiantes tengan la capacidad

para ser creativos, innovadores y razonar en torno a la solución de problemas del área de desarrollo que les compete.

Desde las reuniones de Directores de Departamento de Materias Básicas de las distintas Facultades Regionales pertenecientes a la UTN, en su agenda 2014-2015, orientadas a plasmar la propuesta de reformulación de la oferta académica de la Universidad Tecnológica Nacional, surge la necesidad de enfocar la formación haciendo eje en la profesión y considerar la actividad profesional, desde el inicio de la carrera, como referencia significativa de la trayectoria formativa.

Para Camarena, G. P y Olazábal, A. [2]: La matemática en el contexto de las ciencias se fundamenta en el siguiente paradigma educativo: Con los cursos de matemáticas el estudiante poseerá los elementos y herramientas que utilizará en las materias específicas de su carrera, es decir, las asignaturas del área de matemáticas no son una meta en sí mismas sino una herramienta de apoyo a la carrera en estudio, sin dejar a un lado el hecho de que la matemática debe ser formativa para el alumno. Estas herramientas deben proporcionar a los estudiantes los fundamentos que les permitan enfrentar con éxito problemas que requieran de capacidad analítica e innovación.

En este contexto es fundamental proponer innovaciones didácticas centradas en enfoques interdisciplinarios, en el uso de nuevas tecnologías, en el desarrollo de procesos cognitivos complejos, en nuevas relaciones entre la teoría y la práctica. Ya que es, sobre el cimiento de los conceptos físico matemático, que se debe construir el edificio de la ingeniería moderna, pensada como un proceso que se inicia en la necesidad de fortalecer la interdisciplinariedad y la articulación horizontal y vertical del Análisis Matemático I y del Álgebra y Geometría Analítica, con las materias específicas de la carrera, planificando estrategias de acción y aplicación.

Las nuevas metodologías y técnicas de enseñanza deben inducir a que el docente actúe en el proceso de enseñanza aprendizaje como facilitador, de tal manera que los estudiantes desarrollen competencias y habilidades que le permitan un buen desarrollo social, personal y profesional.

Para que la Universidad actual cumpla con las demandas de formación que requiere la sociedad, es fundamental adoptar nuevos enfoques en la enseñanza, especialmente en lo que se refiere a la enseñanza de la matemática y el aprendizaje basado en el planteo de problemas, que reflejan la naturaleza de la propia ingeniería, dado que es bajo este escenario en que el futuro ingeniero puede adquirir los conocimientos y métodos de carácter científico que le pueden garantizar el éxito profesional.

En este sentido, desde el año 2006 se realizan en las cátedras de Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica de la UTN, Facultad Regional Paraná dos trabajos prácticos integradores que son planteados como objetivos a lograr en la planificación y que se establecen como de aprobación obligatoria para la regularización y/o promoción de ambas asignaturas.

2. Fundamentación

El problema del aprendizaje de la matemática en general y del Análisis Matemático 1 y Álgebra y Geometría Analítica en particular, es tal vez uno de los mayores retos para la didáctica, y una de las mayores preocupaciones para los que tenemos la tarea de enseñarlo. Numerosas investigaciones han abordado el problema desde diferentes dimensiones: la psicológica, la didáctica y la epistemológica y desde distintos marcos teóricos de referencia.

El insuficiente dominio de los conceptos básicos, la escasa acumulación formal de ellos y la falta de habilidades para el análisis y resolución de problemas, como así también, el aprendizaje mecanicista y fuertemente operatorio de la matemática en el nivel medio, demuestran que solo un bajo porcentaje de los aspirantes al ingreso a las carreras de ingeniería de la Facultad Regional Paraná, tienen los conocimientos y habilidades mínimas básicas para iniciar el cursado de Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica, según lo muestran las pruebas diagnósticas del seminario introductorio. Todo ello conlleva una carga psicológica negativa muy poderosa en el ingresante y es función de los docentes de primer año revertir totalmente esta situación logrando que los alumnos desarrollen las actitudes y aptitudes necesarias.

Distintos trabajos de investigación abordan estas problemáticas proponiendo estrategias didácticas, con diversos objetivos, algunos de ellos, el de propiciar aprendizajes significativos. Según Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanaseian, H. [3] se entiende por estrategias didácticas, a las estrategias de enseñanza que concretan una serie de actividades de aprendizaje dirigidas a los estudiantes y adaptadas a sus características, a los recursos disponibles y a los contenidos objeto de estudio, con el objetivo de favorecer la comprensión de los conceptos, su clasificación y relación, la reflexión, el ejercicio de formas de razonamiento y la transferencia de conocimientos.

Según Herrera Clavero, F. [4]: actualmente estamos sumergidos en la era de la revolución tecnológica, y por ello, el número de conocimientos culturales y técnicos, de teorías y habilidades, de modelos y estrategias, aumentan de modo exponencial; siendo por lo que la educación se enfrenta al gran reto de transmitirlos, relacionando a la vez lo teórico con la vida real, problema cada vez más difícil de solucionar. Además, curiosa y paradójicamente, hallándonos de pleno en la era de la comunicación social, nos encontramos con los niveles más altos, históricamente hablando, de incomunicación personal; lo que agrava sobremanera esta problemática.

Los alumnos dedican muy poco tiempo a las actividades autónomas, especialmente a consultas, que vemos en la escasa asistencia a los espacios de tutorías de áreas que existe en la Facultad Regional Paraná de la UTN, reduciéndose su actividad, en la mayoría de los casos, a escuchar al profesor y tomar nota. Esto imprime una alta conducción en sus actividades de trabajo y un procesamiento pasivo de la información.

El estudio e implementación gradual de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), en el desarrollo de los distintos temas de los programas vigentes de las asignaturas en juego, constituyen un factor imprescindible en la motivación del estudiante.

La visualización juega un rol central en el aprendizaje de las ciencias (Zimmerman W.; Cunningham, S. [5]; Duval [6]; Hitt [7]). Varios artículos, relatan experiencias áulicas donde utilizan TIC como recurso mediador en el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos vinculados al cálculo. El uso de estas herramientas tecnológicas de ninguna manera invalida la enseñanza clara y precisa de los conceptos matemáticos. Primero los conceptos y luego, como elemento potenciador de su aplicación, el uso de estas herramientas.

La resolución de problemas resulta ser una de las problemáticas que en estos últimos tiempos está siendo abordada con gran interés y preocupación por la investigación educativa. Para Gaulin, C. [8] hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y definir una estrategia de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata.

La aparición del enfoque de resolución de problemas como preocupación didáctica surge como consecuencia de considerar el aprendizaje como una construcción social que incluye conjeturas, pruebas y refutaciones con base en un proceso creativo y generativo. La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas.

Así, el aprendizaje basado en problemas ayuda al alumno a desarrollar y a trabajar diversas competencias. Entre ellas, De Miguel [9] destaca:

- Resolución de problemas
- Toma de decisiones
- Trabajo en equipo
- Habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información)
- Desarrollo de actitudes y valores: precisión, revisión, tolerancia

Del mismo modo, Benito, A. [10] además de la adquisición de competencias ya citadas indica que la resolución de problemas favorece el desarrollo del razonamiento eficaz y la creatividad.

Como un primer paso en el camino a lograr la articulación buscada, y desde el primer año de cursado, los alumnos deben realizar dos trabajos prácticos integradores, que las cátedras de Análisis Matemático I y de Álgebra y Geometría Analítica, desarrollan en forma conjunta, con el objeto de fomentar la articulación horizontal y fortalecer en los estudiantes la idea de que estos espacios no son compartimentos aislados.

3. Objetivos

Con el planteo de problemas, los protagonistas del aprendizaje son los propios alumnos, que asumen la responsabilidad de ser parte activa en el proceso.

Prieto, L. [11] defendiendo el enfoque de aprendizaje activo señala que el aprendizaje basado en problemas representa una estrategia eficaz y flexible que, a partir de lo que hacen los estudiantes, puede mejorar la calidad de su aprendizaje universitario en aspectos muy diversos.

En concordancia con las ideas de esta autora, nos proponemos como objetivos, los propios de las asignaturas involucradas a través del desarrollo de competencias en:

- Identificación de problemas relevantes del contexto profesional
- La conciencia del propio aprendizaje
- La planificación de las estrategias que se van a utilizar para aprender
- El pensamiento crítico
- El aprendizaje autodirigido
- Las habilidades de evaluación y autoevaluación
- El aprendizaje permanente

4. Desarrollo de la experiencia

En este contexto dentro de las exigencias de cátedra para regularizar y/o promocionar las asignaturas Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica, está la aprobación por parte de los alumnos de dos Trabajos Prácticos Integradores (TPI) que deben realizar en grupos de dos o tres alumnos usando el software Mathematica.

Estos TPI constan de ejercicios que poseen un mayor grado de complejidad de los que se pueden resolver manualmente y problemas de aplicación según la especialidad. Los temas involucrados en cada TPI son previamente trabajados en las clases de teoría y práctica.

Como se mencionó anteriormente esta actividad es realizada por todos los alumnos que cursan ambas materias distribuidos en cinco comisiones de aproximadamente 36 estudiantes cada una: dos de la especialidad ingeniería electrónica, dos de civil y una de electromecánica. Si bien estos TPI se realizan dentro de la carga horaria de las asignaturas que cuentan con 160 horas distribuidas en 5 hs durante 32 semanas, los alumnos deben asistir al laboratorio de computación con una periodicidad de una clase cada tres semanas, en horarios fijos extra áulicos, donde resuelven ejercicios propuestos en las clases prácticas u otros de mayor complejidad operativa utilizando el software específico y analizando los resultados obtenidos. Las mismas tienen como objetivo motivar e incentivar el aprendizaje con la herramienta computacional tendiente a optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas clases son impartidas por alumnos becarios de las asignaturas quienes elaboran guías extra con comandos y aplicaciones, bajo la tutela de los docentes responsables de las comisiones, siendo una antesala de lo que los alumnos deben producir en los TPI integradores.

Como apoyo adicional para esta tarea se establecen clases de consultas en horarios especiales a cargo de los distintos profesores de ambas cátedras.

Por otro lado se ofrece en la Regional Paraná un espacio de tutorías como estrategia implementada para favorecer el rendimiento académico y la permanencia, colaborando en el desarrollo de estrategias tendientes a generar en los alumnos el aprendizaje autónomo.

Los TPI son formulados por los directores de cada cátedra con colaboración y aportes de todos los integrantes de las mismas, acordados en reuniones de articulación realizadas en el Departamento de Materias Básicas previas al inicio del cursado del año lectivo.

Cada comisión tiene un docente responsable de la teoría y otro de la práctica que son los encargados de llevar adelante la actividad con los grupos, así como de realizar toda modificación que consideren pertinente sobre los TPI y que surja de las interacciones con sus estudiantes en el aula. De estas interacciones se nutre el docente para obtener información del proceso que es útil para tomar decisiones e intervenir con estrategias que permiten guiar a los estudiantes hacia los objetivos de aprendizaje propuestos.

Se presentan algunos de los ejercicios a resolver por los estudiantes ya que por razones de espacio no es posible incorporar también las producciones:

EJERCICIO N °2

Dada la siguiente representación gráfica:

- Determinar la ecuación de la parábola y sus características (focos, vértices, directrices, lado recto, excentricidad, etc.)
- Determinar las ecuaciones de la recta, su ordenada al origen y pendiente.
- Determinar los coeficientes de la ecuación del polinomio de tercer grado.
- Calcular la ecuación de la superficie generada al girar la recta alrededor del eje x. Graficar.
- Calcular la ecuación de la superficie generada al girar la parábola alrededor del eje x. Graficar.

- f) Calcular el área A de la región R . Limitada superiormente por la recta, lateralmente por la parábola y el polinomio e inferiormente por el eje x . Considerar las medidas en metros.
- g) Calcular el perímetro de la región R .
- h) Calcular el volumen VX generado al girar la región R alrededor del eje x .
- i) Calcular el área lateral AX del volumen generado al girar la región R alrededor del eje x .
- j) Calcular las coordenadas del centroide de la región R . Graficar.
- k) Calcular las coordenadas del centro de gravedad de una placa de densidad superficial $\delta = (150 + 0.218x + 0.12x^2) \text{ kg/m}^2$

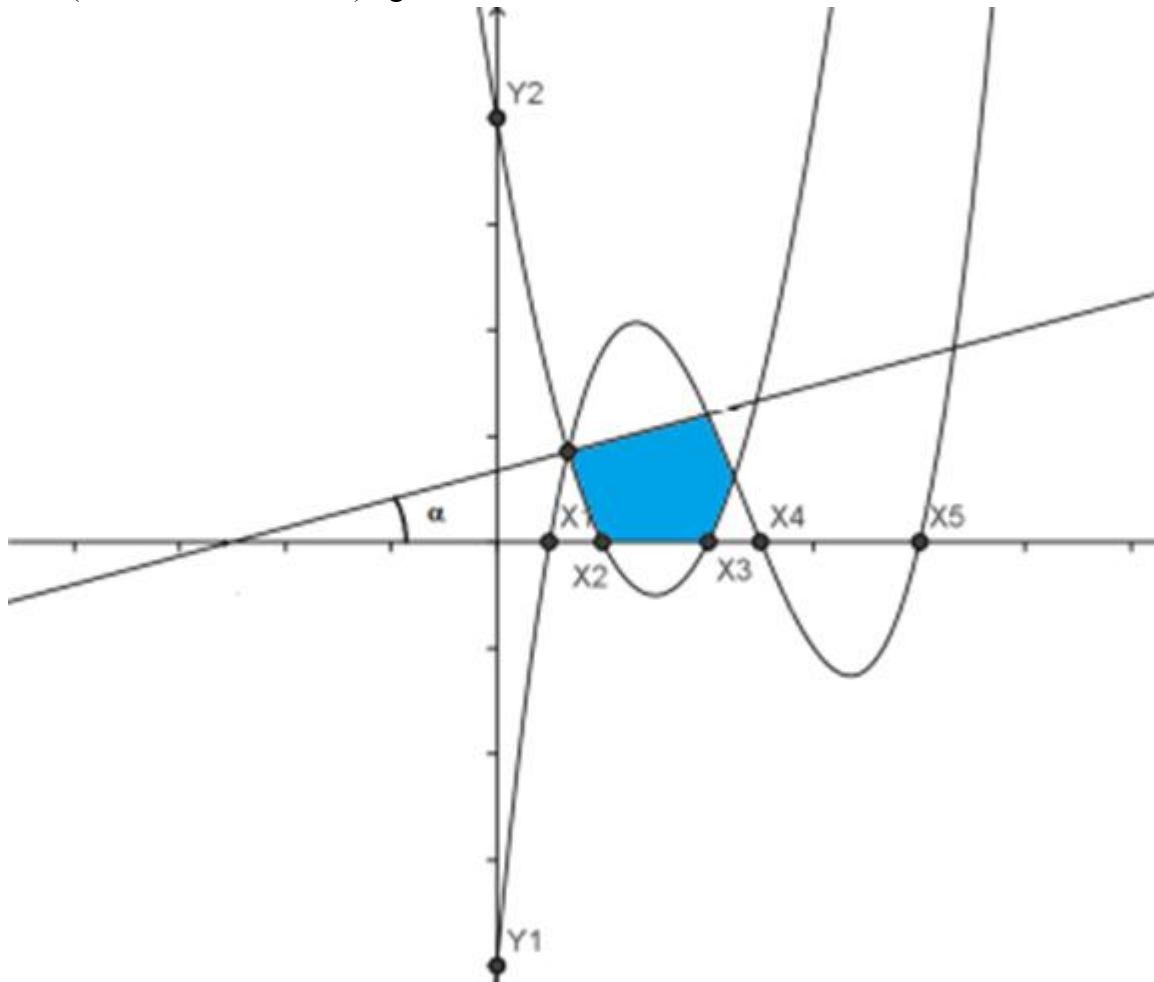


Figura 1: Gráfico correspondiente al Ejercicio N°2.

EJERCICIO N°8

El esquema representa una compuerta de un dique que contiene agua

- a) Determinar las ecuaciones de la elipse, la parábola y la recta. Graficar.
- b) Calcular el área de la sección.
- c) Calcular la fuerza ejercida por la presión del líquido (agua) sobre la compuerta.

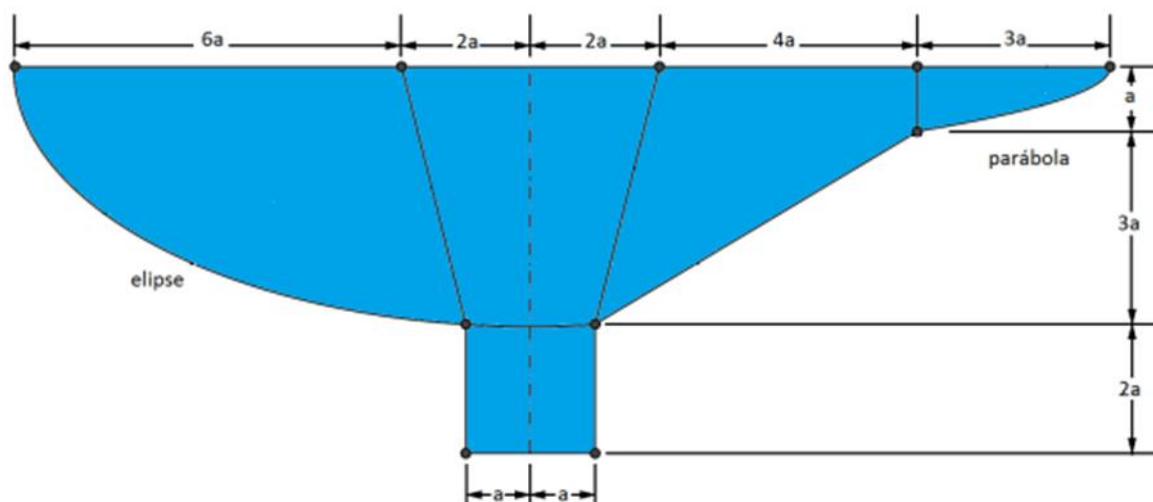


Figura 2: Gráfico correspondiente al Ejercicio N°8.

Tabla 1. Gráficos correspondientes al Ejercicio N°8.

Grupo	a (metros)
1	14,2
2	15,2
3	14,5

Fuente: elaboración propia.

EJERCICIO 9

Dada la siguiente viga

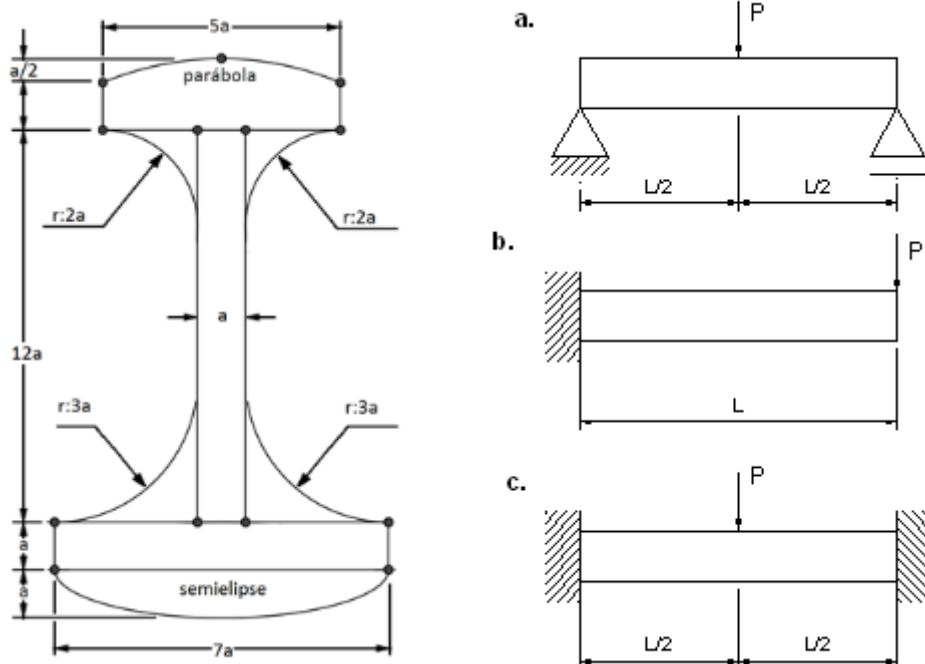


Figura 3: Gráficos correspondientes al Ejercicio N°9.

a1) Predimensionar la sección de la viga para una tensión de trabajo σ_t tal que
 $500 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_t \leq 550 \text{ kg/cm}^2$

a2) Calcular el área de la sección.

a3) Calcular el centroide de la sección X_C e Y_C .

a4) Calcular los momentos de inercia I_{XC} ; I_{YC} e I_{0C} .

a5) Calcular los momentos resistentes W_{XC} y W_{YC} .

a6) Dimensionar la sección de la viga para una tensión de trabajo σ_t tal que
 $500 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_t \leq 550 \text{ kg/cm}^2$

b1) Predimensionar la sección de la viga para una tensión de trabajo σ_t tal que
 $500 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_t \leq 550 \text{ kg/cm}^2$.

b2) Calcular el área de la sección.

b3) Calcular el centroide de la sección X_C e Y_C .

b4) Calcular los momentos de inercia I_{XC} ; I_{YC} e I_{0C} .

b5) Calcular los momentos resistentes W_{XC} y W_{YC} .

b6) Dimensionar la sección de la viga para una tensión de trabajo σ_t tal que
 $500 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_t \leq 550 \text{ kg/cm}^2$

c1) Predimensionar la sección de la viga para una tensión de trabajo σ_t tal que
 $500 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_t \leq 550 \text{ kg/cm}^2$.

c2) Calcular el área de la sección.

c3) Calcular el centroide de la sección X_C e Y_C .

c4) Calcular los momentos de inercia I_{XC} ; I_{YC} e I_{0C} .

c5) Calcular los momentos resistentes W_{XC} y W_{YC} .

c6) Dimensionar la sección de la viga para una tensión de trabajo σ_t tal que
 $550 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_t \leq 600 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 2. Gráficos correspondientes al Ejercicio N°9.

Grupo	P (kg)	L (cm)
1	5750	1000
2	5800	900
3	5900	600

Fuente: elaboración propia.

En los ejemplos antes vistos, se puede observar la integración horizontal entre las materias, donde se utilizan los conceptos de Álgebra y Geometría Analítica, como son las ecuaciones cónicas, recta en el plano y superficies de revolución, junto a contenidos de Análisis Matemático 1 como son áreas, volúmenes y momentos.

Los autores presentaremos en el 3° Congreso Argentino de Enseñanza en la Ingeniería (CAEDI) 2016 otras producciones de los alumnos de los últimos años.

Los temas involucrados en el TPI N°1 son:

- Gráfica aproximada de funciones
- Polinomio de Taylor y Mc Laurin
- Estudio completo de funciones con distintos grados de dificultad
- Problemas de aplicación de sistemas de ecuaciones Lineales
- Problemas de optimización
- Aplicación de derivadas
- Aplicaciones prácticas de los teoremas del cálculo diferencial

Los temas involucrados en el TPI N°2 son:

- Problemas de Aplicaciones de las integrales definidas en coordenadas cartesianas, polares y paramétrica (Cálculo de: áreas, perímetros, áreas laterales, centroides, momentos de inercia, volúmenes, fuerzas, trabajos)
- Cónicas
- Cuádricas
- Derivación e integración numérica
- Problema de aplicación a cada especialidad

La planificación de ambas cátedras, establece que el TPI N°1 se publica en el campus durante la primera semana de junio y los estudiantes lo deben entregar resuelto la primera semana de julio. El TPI N°2 es publicado durante la primera semana de setiembre y debe ser presentado para su defensa en coloquio la primera semana de noviembre.

5. Evaluación

Una vez corregido el TP, se realiza la devolución al grupo de alumnos, quienes deben efectuar las correcciones y observaciones sugeridas, si correspondiese. Posterior a esto, se realiza una instancia de coloquio con la presencia de todos los integrantes del grupo, siendo la evaluación individual. En estos trabajos se evalúa: la capacidad para aplicar los conceptos estudiados, la capacidad para determinar las vinculaciones entre conocimientos, la aptitud para interrelacionar la teoría y práctica, los procedimientos realizados, los resultados obtenidos, la factibilidad de los mismos y la aplicación del software.

En la planificación de las asignaturas figuran las condiciones de eximición de las mismas. Una de las condiciones para acceder a la regularidad de las mismas es tener aprobados los dos Trabajos Prácticos Integradores con nota mayor o igual a 65% y mayor o igual a 70% para acceder a la promoción. La calificación de cada trabajo práctico es individual y se obtiene haciendo el promedio entre la nota obtenida en el trabajo presentado por el grupo y la nota individual del coloquio.

Si un alumno no aprueba un TPI puede recuperarlo haciendo otro TPI con ejercitación distinta y defenderlo en el primer llamado de examen de Febrero -Marzo del año siguiente al año de cursado. En ningún caso se pueden recuperar los dos TPI.

6. Conclusiones

Podemos percibir año a año cómo el carácter grupal de los trabajos prácticos promueve la colaboración entre pares, desarrollando habilidades interpersonales y compromiso mutuo por la tarea a resolver.

Los estudiantes muestran mucho interés por los problemas específicos de las especialidades porque sienten que se inician en la resolución de situaciones problemáticas, similares a las que posiblemente deba afrontar en su futura tarea profesional. En muchos casos los alumnos profundizan determinados temas que son de su interés y son alentados por los docentes a continuar con trabajos dentro de las cátedras en el año siguiente como alumno becario.

También muestran gran entusiasmo por el aprendizaje del software que utilizan con solvencia y constatamos cómo en el segundo nivel lo utilizan en Análisis Matemático II para resolver problemas en R^3 . La posibilidad de visualización que brinda el software ofrece un entorno para la exploración, la experimentación, la creatividad y favorece la comprensión y la apropiación de los conceptos. Los estudiantes en muchos casos han superado a los docentes en el manejo del software, planteando animaciones y ejercicios con comandos que permiten la interacción, usando el lenguaje de programación que ofrece el software Mathematica.

El aprendizaje cooperativo, se centra en el alumno y pretende favorecer el aprendizaje de determinadas estrategias a partir del intercambio de información que tiene lugar en las actividades en pequeños grupos. Adherimos a Pifarré, M.; Sanuy, J. [12], quienes establecen que la oportunidad que tienen los alumnos de ayudarse mutuamente en la resolución de una tarea, de negociar nuevos significados, de desarrollar nuevas estrategias y de construir nuevo conocimiento repercute positivamente en su aprendizaje.

Aunque los alumnos reconocen a las asignaturas Análisis Matemático 1 y Álgebra y Geometría Analítica como pilares fundamentales de su formación integral como ingenieros, persiste un cierto divorcio entre contenidos y aplicaciones, aún cuando es a través de ellas que se resuelven en forma efectiva diversos problemas de ingeniería.

Esto nos compromete a continuar con las investigaciones en metodologías y didáctica de la enseñanza de la matemática buscando estrategias que acerquen a los alumnos a su especialización, fomentando en el aula el desarrollo de habilidades de valoración, reflexión individual y colectiva y sobre todo el compromiso de los estudiantes en su formación académica y profesional. Nos proponemos seguir enriqueciendo esta actividad que viene demostrando gran aceptación de parte de los alumnos y ha incentivado la investigación y el aprendizaje independiente.

7. Referencias

- [1] TREJO TREJO, E.; CAMARENA GALLARDO, P.; TREJO TREJO, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, Vol. 11, No. especial, pp. 397-424.
- [2] CAMARENA, G. P.; OLAZÁBAL, A. (2008). Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias. *Actas del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas* pp. 83-107.
- [3] AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D., HANASEIAN, H. (1990). *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.
- [4] HERRERA CLAVERO, F. (2001). Habilidades. Cognitivas. *Centro de profesores y recursos web*.

<http://www.cprceuta.es/Asesorias/FP/Archivos/FP%20Didactica/HABILIDADES%20COGNITIVAS.pdf> Accedido el 10 de marzo de 2015.

- [5] ZIMMERMANN, W.; CUNNINGHAM, S. (1991). *Visualization in teaching and learning mathematics*. Mathematical Association of America.
- [6] DUVAL, R. (1999). Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking. *Proceedings of the 21st North American PME Conference*, pp. 3-26.
- [7] HITT, F. (1998). Visualización matemática, nuevas representaciones, nuevas tecnologías y currículo. *Revista de Educación Matemática*, Vol. 10, pp. 23-45.
- [8] GAULIN, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *Sigma: revista de matemáticas= matematika aldizkaria*. Vol. 19, pp. 51-63.
- [9] DE MIGUEL, M. (2005). *Metodologías de enseñanza para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Madrid: Alianza.
- [10] BENITO, A. (2005). *Nuevas claves para la docencia universitaria: en el espacio europeo de educación superior*. Narcea Ediciones.
- [11] PRIETO, L. (2006). Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas. *Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, Vol. 64, No. 124, pp. 173-196.
- [12] PIFARRÉ, M.; SANUY, J. (2001). La enseñanza de estrategias de resolución de problemas matemáticos en la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 19, pp. 297-308.
- [13] AUSUBEL, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*.
- [14] ARCEO, F. D. B.; ROJAS, G. H.; GONZÁLEZ, E. L. G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. McGraw-Hill.
- [15] COSTA, V. A.; DI DOMENICANTONIO, R. M.; VACCHINO, M. C. (2010). Material educativo digital como recurso didáctico para el aprendizaje del Cálculo Integral y Vectorial. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*. Nro. 21, pp. 173-185. http://www.fisem.org/descargas/21/Union_021_018.pdf. Accedido el 20 de octubre de 2015.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
CORDOBA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROCCIDENTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESGRANAMIENTO Y ABANDONO EN QUÍMICA PARA INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN. POSIBLES CAUSAS Y PROPUESTAS DE MEJORA

Dolores María Eugenia Álvarez, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional
Córdoba, dalvarez@frc.utn.edu.ar

Ema Virginia Sabre Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
esabre@frc.utn.edu.ar

Analía Laura Cánepa, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
acanepa@frc.utn.edu.ar

Claudia Teresa Carreño, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
carreno_claudia@hotmail.com

Carina María Colasanto, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
ccolasanto@yahoo.com.ar

Verónica Berdiña, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
veroberdia@yahoo.com.ar

Griselda Alejandra Eimer, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
geimer@scdt.frc.utn.edu.ar

Mónica Elsie Crivello, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
mcrivello@scdt.frc.utn.edu.ar

Resumen— La asignatura Química pertenece al segundo nivel de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. Ésta se caracterizó desde su incorporación en el diseño curricular de la especialidad, por los elevados porcentajes de desgranamiento y abandono de los estudiantes. Docentes de la Cátedra analizaron las causas e identificaron como determinantes el escaso interés de los alumnos por la asignatura al considerarla innecesaria para su profesión, el deseo de promocionarla e impedimentos laborales. Esto llevó a trabajar sobre propuestas, teniendo en cuenta que los jóvenes que hoy habitan las aulas universitarias tienen características muy diferentes a quienes las transitaban hace algunos años. Se propusieron actividades, talleres, prácticos de laboratorio y aulas virtuales. Así, se observó un desgranamiento decreciente entre los años 2011 y 2014 (31, 29, 24 y 20%). Este parámetro se incrementó en 2015, llegando al 46% de abandono, probablemente por las exigencias para la aprobación en este año. En este sentido, es de considerar que los estudiantes que abandonaron la materia son los que no se contactaron con la realidad áulica ni participaron en las experiencias mencionadas. Es importante notar que los porcentajes de regularidad y promoción se incrementaron desde el año 2011 al 2014, como consecuencia de las propuestas implementadas. Pero disminuyeron en 2015 dado el incremento en los requerimientos para aprobar.

Palabras clave— desgranamiento, deserción, química, ingeniería en sistemas de información.

1. Introducción

En las instituciones educativas de nivel superior en las que se ofrecen carreras técnicas y/o tecnológicas, existe desde hace un tiempo una creciente preocupación relacionada con el abandono y deserción de los estudiantes durante los primeros años de su formación. Así lo demuestran diferentes estudios realizados sobre esta temática y reuniones científicas que intentan dar respuesta a esta problemática. Otras situaciones que generan preocupación en las universidades son el déficit en el estudio de los educandos, permanencia exagerada y calidad educativa [1].

En Argentina, la tasa de deserción en primero y segundo año en carreras de ingeniería es del 60%, mientras que la tasa de graduación es del 18% [2]. Lagger y cols. [3] analizaron la deserción del estudiantado de la carrera de Ingeniería Industrial y las posibles causas que la provocan, llegaron a la conclusión que el no poder aprobar asignaturas como Análisis Matemático, Álgebra, Física, Química y la dificultad para entender las explicaciones de sus docentes, como la disponibilidad del tiempo y otros, fueron los factores que incidieron en la deserción de los estudiantes.

La repitencia se entiende como la acción de cursar reiteradamente una actividad docente, sea por malrendimiento del estudiante o por causas ajenas al ámbito académico. La repitencia y la deserción son fenómenos que en muchos casos están concatenados, ya que la investigación demuestra que la repitencia reiterada conduce, por lo general, al abandono de los estudios. Ambos fenómenos son siempre procesos individuales, si bien pueden constituirse en un suceso colectivo o incluso masivo y ser estudiado como tal. En dicho caso, por lo general, se asocia a la eficiencia del sistema [4].

Al ingresar un estudiante a la Universidad se produce una gran ruptura con respecto a las prácticas que asimiló en los niveles primarios y medio, siéndole muy difícil deshacer largos años de construcción en las estrategias de aprendizaje [5]. La apreciación que los alumnos tienen del nivel medio, que a veces se incrementa con la complicidad de los docentes, es que la escuela secundaria constituye un sistema relajado, en gran parte prescripto y pautado. Esto se enfrenta con las capacidades básicas que un estudiante debería manejar en el ciclo superior tales como: autonomía de trabajo, autoevaluación, en definitiva la autogestión necesaria para adaptarse satisfactoriamente como estudiante universitario. En realidad, el educando, recién cuando ingresa a la Universidad experimenta la necesidad de adecuarse a las nuevas modalidades de interacción con los conocimientos, con los docentes y con sus pares. Esta situación habla de la falta de articulación entre niveles medio y universitario, la cual sólo se limita a la mera información acerca del diseño curricular de la carrera y la salida laboral de las mismas [6].

“Química General” y “Química” pertenecen al bloque de Ciencias Básicas del Área “Química” y se desarrolla en todas las especialidades de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional. En la Facultad Regional Córdoba, esta materia pertenece al Departamento de Ingeniería Química y se dicta cuatrimestralmente en las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) y anualmente en las otras especialidades (Civil, Eléctrica, Electrónica, Industrial, Mecánica y Metalúrgica).

En el caso de Química General presenta un diseño curricular común a todas las ingenierías, pero existen algunas diferencias en los contenidos previstos para Química en ISI, la cual se dicta de manera cuatrimestral durante el segundo nivel y comprende un programa orientado a la especialidad [7].

El programa se organiza en un orden creciente de complejidad. Así, a partir de la estructura y comportamiento de la materia en su estado de subdivisión más fino (átomos y moléculas) se

llega gradualmente hasta el análisis e interpretación de reacciones químicas y electroquímicas para concluir con un abordaje a la Química Orgánica e Inorgánica y a la problemática ambiental.

En la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), docentes de la Cátedra de Química que desarrollan clases en la especialidad de Ingeniería en Sistemas de la Información (ISI), tras realizar un análisis estadístico sobre una población promediada de 406 estudiantes, mostraron que el desgranamiento entre los años 2011 y 2014 fue 31, 29, 24 y 20%, respectivamente, pero aumentó al 29% en 2015; mientras que los porcentajes de abandono fueron del 43 % en el 2011, aumentando hasta el 46% en 2015. Esta situación llevó a realizar un estudio crítico sobre los posibles factores condicionantes de la situación, teniendo en cuenta las acciones que se vienen desarrollando en la Cátedra para aportar soluciones a la problemática. Asimismo, se proponen algunas estrategias a implementar, tendientes a continuar mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje de química en ISI, de la UTN-FRC.

2. Desarrollo y Metodología

La asignatura Química pertenece al segundo nivel de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba.

El segundo nivel se compone de siete cursos, distribuidos en los tres turnos disponibles: mañana, tarde y noche. Química se desarrolla de forma cuatrimestral, específicamente en el segundo cuatrimestre. En esta asignatura se desarrollan contenidos teóricos, a cargo de docentes adjuntos, a través de clases expositivas utilizando recursos tecnológicos como retroproyector, programas interactivos, etc., y prácticos, que contemplan la resolución de ejercicios y trabajos de laboratorio, a cargo de docentes auxiliares. A tal fin, los estudiantes disponen de una Guía de Trabajos Prácticos elaborada por los docentes de la Cátedra.

En cuanto a las características de la Cátedra, se destaca la comunicación fluida y continua entre los docentes. Asimismo, las decisiones en relación a la materia se resuelven por consenso en reuniones a lo largo del período educativo. La primera reunión anual, se realiza antes de comenzar el ciclo lectivo, con la finalidad de plantear objetivos, unificar criterios para la toma de exámenes y parciales, proponer innovaciones para el desarrollo de las clases y planificar los talleres. Durante los encuentros docentes se comparten vivencias, situaciones problemáticas y posibles soluciones, entre otras cuestiones relacionadas al proceso de enseñanza-aprendizaje. La última reunión se realiza al finalizar el ciclo lectivo, en la cual se comparten experiencias, analizan las opiniones vertidas por los estudiantes (en encuestas y charlas áulicas) para poder identificar las posibles causas que conducen al abandono de la asignatura.

Uno de los parámetros para evaluar la eficacia de los procesos de enseñanza y de aprendizaje es el resultado obtenido en las evaluaciones realizadas por los estudiantes. Se efectúan dos evaluaciones (parciales) durante el cursado, las que consisten en pruebas escritas estructuradas, obligatorias e individuales, con una escala de calificación cuantitativa. Además se propone una evaluación de recuperación, a aquellos estudiantes que no aprobaron o estuvieron ausentes en uno de los parciales. De los resultados de dichas evaluaciones se obtienen los siguientes datos, que el docente de cada curso informa al finalizar el ciclo lectivo:

- Inscriptos: total de estudiantes formalmente anotados en el curso.
- Regulares: aquellos estudiantes que han aprobado los parciales o en su defecto un parcial y el recuperatorio con un porcentaje no menor a 50% (hasta el ciclo lectivo 2015 era del 40%).

- Promocionados: aquellos estudiantes que obtuvieron un promedio, en las dos evaluaciones, superior al 70%.
- Abandono: se consideran a aquellos estudiantes que no se presentaron a rendir ninguna de las dos evaluaciones.
- Libres: se considera a los estudiantes que no aprobaron ninguno de los dos parciales o que habiendo aprobado uno de ellos no aprobaron la instancia del recuperatorio.
- Desgranamiento: Este indicador da cuenta de la cantidad de estudiantes que se presentaron a algunas de las instancias de evaluación, pero no cumplieron con la regularidad.

A partir de los datos anteriores, se calcularon los porcentajes de abandono (1) y desgranamiento (2):

- Porcentaje de abandonos (A):

$$A = \frac{\text{número de abandonos}}{\text{número total de inscriptos}} \cdot 100 \quad (1)$$

- Porcentaje de desgranamiento (D) como:

$$D = \frac{\text{total de estudiantes que se presentaron a una única instancia de evaluación}}{\text{número de alumnos regulares} + \text{número de alumnos libres}} \cdot 100 \quad (2)$$

Se realizó un estudio comparativo en el período 2011-2015 entre los porcentajes de desgranamiento y abandono. Se realizaron entrevistas a docentes en las reuniones llevadas a cabo durante el cuatrimestre, y de las encuestas realizadas por los estudiantes, con el objetivo de determinar posibles factores condicionantes de estos resultados.

3. Resultados y Discusión

En una primera instancia se presentan indicadores que demuestran la situación relativa al desgranamiento y abandono en la Cátedra de Química para ISI, de la UTN-FRC. Seguidamente, se lleva a cabo un análisis sobre los posibles factores incidentes y se mencionan las estrategias desarrolladas por docentes de la asignatura, a lo largo del período de análisis. Finalmente, se analiza el efecto de dichas estrategias sobre el rendimiento académico de los estudiantes.

3.1 Situación relativa al desgranamiento y abandono en la Cátedra de Química para ISI

En la Figura 1 se muestra la progresión del número de estudiantes inscriptos en la cátedra de Química para ISI y dentro de ellos la cantidad de recursantes, abarcando el período 2011 a 2015.

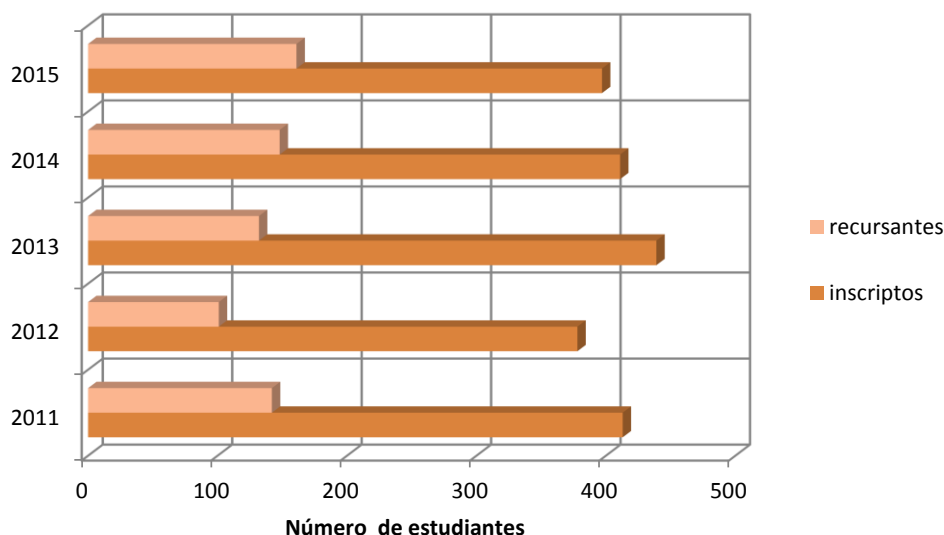


Figura 1: Estudiantes recursantes vs. inscriptos en el período 2011-2015
Fuente: elaboración propia

Como se observa en la figura, existe un alto porcentaje de alumnos recursantes en función de los inscriptos. Dicho porcentaje es, en todos los casos, superior al 30 %. Es de destacar que, en muchos casos, los estudiantes cursan la materia en más de una oportunidad.

En la Figura 2, en tanto, se observa la evolución de los indicadores en relación al desgranamiento y abandono de la materia.

En dicho gráfico se evidencia que el desgranamiento disminuyó significativamente entre los años 2011 y 2014 (31 a 20%). Sin embargo, este porcentaje se incrementó al 29% en el año 2015. Lo observado en el último año puede deberse al aumento en el porcentaje necesario para la aprobación en los exámenes parciales.

Los porcentajes de abandono, en tanto, oscilaron alrededor del 40% durante el período de análisis. En este sentido, es de considerar que los estudiantes que abandonaron la materia son los que no lograron el contacto con la realidad áulica y, por tanto, no pudieron participar de las propuestas generadas por la Cátedra.

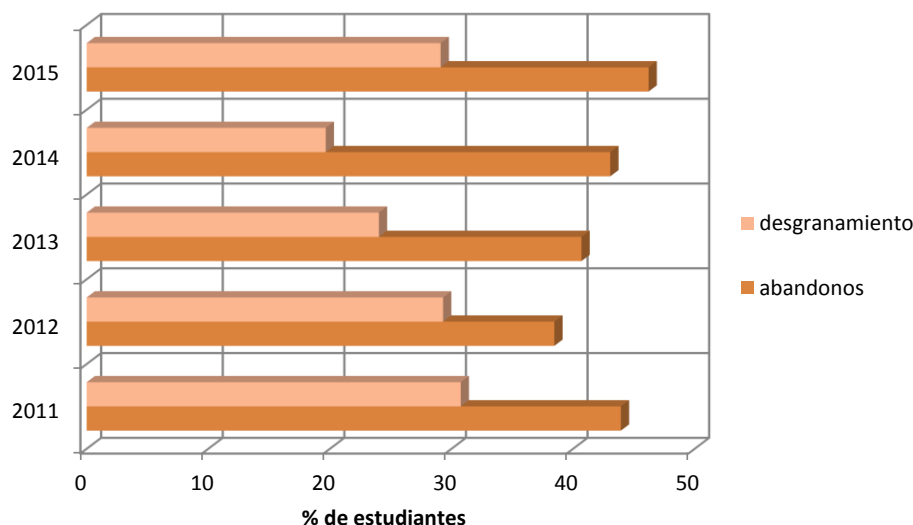


Figura 2: % de desgranamiento y abandono en Química para ISI período 2011-2015
Fuente: elaboración propia

3.2 Análisis sobre los posibles factores incidentes. Estrategias desarrolladas

Muchos son los factores que podrían influir sobre el comportamiento de los indicadores previstos; según un análisis realizado por García de Fanelli[8], en relación a un estudio sobre las universidades nacionales, los principales factores en relación al rendimiento académico de los estudiantes son: el género (mejor desempeño de las mujeres), el nivel educativo de los padres (mejor desempeño cuanto mayor es la educación de los padres, la actividad económica (la cantidad de horas trabajadas, en particular al comienzo de los estudios, afecta negativamente el rendimiento); la edad (los estudiantes más jóvenes obtienen mejores resultados, a su vez, aquéllos que dejan transcurrir un lapso mayor entre la finalización de la escuela media y la universidad muestran peores niveles de rendimiento). Por otro lado, estudios realizados Di Gresia y col.[9][10] demostraron que, como era de esperar, la cantidad de horas que se dedica al estudio también es influyente. En este sentido, se encontró que el rendimiento es mayor entre los que afirman estudiar más horas.

A su vez, el trabajo realizado por Oliver y col. [11] en el año 2009, en relación a la materia Química desarrollada en la UTN-FRC, en particular, coincide con el autor anterior en relación a la escasa preparación adquirida por los estudiantes durante el nivel medio de educación, en lo que respecta a materias básicas. Además, pone de manifiesto que los estudiantes ingresantes no están debidamente informados en el aspecto vocacional, y remarca la elevada relación al número de alumnos por docente, el cual se toma en cuenta como indicador de la calidad educativa.

Por otro lado, según las opiniones vertidas por los docentes de la Cátedra de Química, uno de los problemas recurrentes de la materia es la falta de interés de los estudiantes y la pregunta constante de “¿para qué estudio química?”, con la convicción que nunca la aplicarán en su vida profesional. Así, con anterioridad al período de análisis, existía una creencia de que las clases podían ser sustituidas por el estudio autónomo con apoyo bibliográfico. Se sumaba a esto (según encuestas y charlas áulicas con estudiantes), la idea que la única forma de aprobar la materia era a través de la promoción, descartando así la posibilidad de aprovechar las sucesivas instancias para regularizarla.

En la Figura 3 se observan los porcentajes de desgranamiento y abandono en relación a los turnos de cursado de la materia; mañana, tarde y noche. En estas gráficas no se evidencia variación en relación a los indicadores mencionados, en el período analizado. En este sentido, es de destacar que la mayoría de los estudiantes de ISI se inserta en el mercado laboral en los primeros años de cursado de la carrera, por la gran demanda que existe en relación a la especialidad. Contrariamente a la idea generalizada de que al turno noche asisten mayormente estudiantes que trabajan, en esta rama de la ingeniería, un gran número de estudiantes que cursan durante los turnos mañana y tarde, también se desempeñan laboralmente.

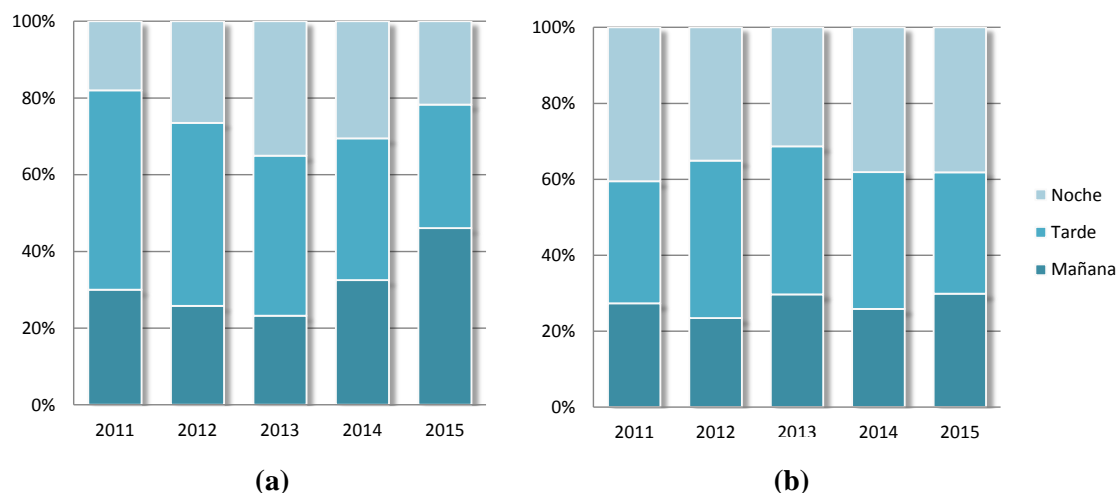


Figura 3: Desgranamiento (a) y abandono (b) respecto a los turnos de cursado por años
Fuente: elaboración propia

Atendiendo esta situación, desde el año 2011, en la Cátedra de Química de la UTN-FRC, se vienen desarrollando acciones, desde distintos enfoques, tendientes a minimizar la problemática de la deserción estudiantil.

A partir de dicho año, se implementaron los trabajos prácticos de laboratorio, como condición para la aprobación de la materia, con la intención de generar el nexo entre la teoría y la práctica. En esta misma línea de trabajo, se comenzó a incorporar el abordaje de determinados contenidos desde una mirada más cercana a intereses profesionales tal fue el caso de los temas semiconductores, cristales líquidos, efecto fotoeléctrico, etc.

En el año 2012, los docentes se reorganizaron en relación al abordaje de las distintas instancias de evaluación. De esta forma, se trabajó coordinadamente para la confección de los exámenes finales, articulándolos con los parciales previstos durante el cursado.

Durante el año 2013, se reestructuró la guía de trabajos prácticos propuestas por la Cátedra. Se incorporó en cada unidad una introducción teórica, objetivos propuestos, definiciones y conceptos importantes y preguntas de orientación, además de la ejercitación. Asimismo, dicha ejercitación fue revisada y modificada, incorporando situaciones problemáticas con mayor relación entre la química y el campo de los sistemas informáticos.

Durante el año 2014, se propuso el abordaje del tema “Cristales líquidos”, previsto en el programa de la Cátedra, a partir de un taller teórico-práctico dictado por docentes especializadas. El objetivo fue introducir el tema de mención, en el estudio de los estados y propiedades de la materia, a través de experiencias prácticas. Durante el encuentro se desarrolló una exposición dialogada acerca de las generalidades de los estados de la materia, el estado sólido y los sólidos cristalinos, propiedades anisotrópicas e isotrópicas, los sólidos amorfos, los cristales líquidos, sus características y aplicaciones. Dicho taller se realizó fuera del horario de clases y para todos los cursos de la especialidad.

A su vez, se editó una guía de ejercicios adicionales para reforzar los temas del programa en cuanto a la resolución de ejercicios prácticos.

Durante el año 2015, con vistas a generar el acercamiento de los estudiantes a la materia, se organizó una exposición interactiva acerca de los residuos informáticos, como una aplicación de química en la especialidad. Durante la propuesta se desarrollaron los siguientes contenidos teórico-prácticos en relación a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos: Definición,

clasificación, aspectos legales y económicos; datos sobre su generación, acumulación y política de gestión en Argentina y el mundo y métodos de clasificación y procesamiento. A su vez, se describió la composición interna de las computadoras en cuanto a los elementos químicos constituyentes, como así también la problemática ambiental asociada a cada uno de ellos.

3.3 Efecto de dichas estrategias sobre el rendimiento académico de los estudiantes

En la Figura 4 se muestra la evolución de los porcentajes de alumnos que regularizaron y promocionaron, a lo largo del período evaluado. Se puede observar que tanto los porcentajes de regularidad como de promoción se incrementaron desde el año 2011 al 2014. En el año 2015 dichos índices disminuyeron, posiblemente como consecuencia del incremento de los requerimientos para la aprobación, como ya se explicó anteriormente, en referencia al gráfico 2.

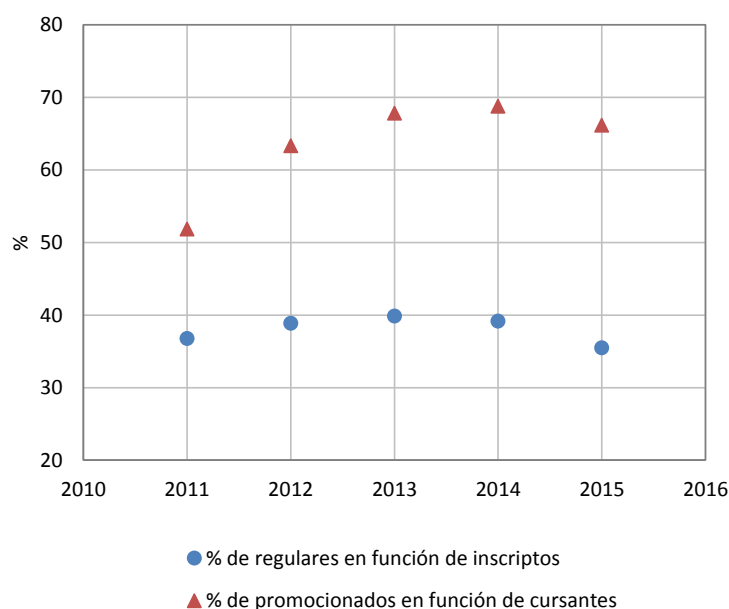


Figura 4: % de estudiantes regulares y promocionados en función del tiempo
Fuente: elaboración propia

En el gráfico 5 se visualiza la variación en el porcentaje de estudiantes que lograron la regularidad de la materia en función de los que cursaron la asignatura por primera vez (a) y en más de una oportunidad (b). En ambos casos se manifiesta un crecimiento de dicho indicador, desde el año 2011 al 2014, disminuyendo en el año siguiente. Este comportamiento concuerda con lo detectado en relación al porcentaje de estudiantes que cursaron por primera vez la materia y la regularizaron o promocionaron, pudiéndose explicar también a partir del aumento en los requerimientos de la Cátedra para la aprobación.

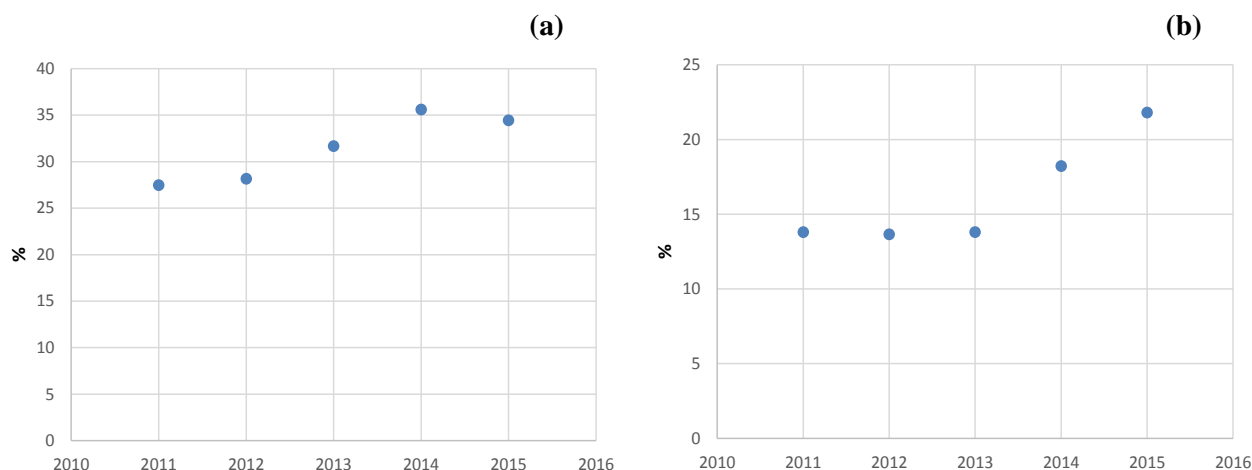


Figura 5: % de estudiantes que regularizaron la materia en función de los que cursaron la asignatura por primera vez (a) y en más de una oportunidad (b)

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

Con el fin de abordar la problemática del abandono, desgranamiento y bajo rendimiento académico en la materia de Química General para la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) de la UTN-FRC, desde la cátedra se propusieron distintas acciones y actividades innovadoras que resultaron en un efecto positivo sobre los niveles de desgranamiento, regularización y promoción de la materia. Así, se observó entre los años 2012 y 2014 un desgranamiento decreciente y un incremento en los porcentajes de regularidad como de promoción. Sin embargo, tales parámetros se vieron desfavorecidos en 2015 probablemente a causa del incremento en las exigencias para la aprobación de la materia en este año. En estos momentos docentes de la cátedra en un trabajo mancomunado con directivos y equipos psicopedagógicos de la UTN-FRC continúan redoblando esfuerzos para atenuar esta problemática tan apremiante de la comunidad universitaria.

5. Referencias

- [1] CHAILE, M. O., DEL OLMO, A. P., OLIVERA, N. B., MORENO, O. V. (2015). Estudiocomparativo de las propuestas de ingreso a la universidad nacional de salta: políticas, posicionamientos y alcance de las categorías igualdad y equidad. Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de Salta. V Congreso Nacional e Internacional de Estudios Comparados en Educación. (Trabajo 126), [en línea] Salta [citado 10 de junio de 2016]. Disponible en internet en: <http://www.saece.org.ar/docs/congreso5/trab126.pdf>.
- [2] CONFEDI (2010). La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible Aportes del CONFEDI. I Congreso Mundial Ingeniería 2010. [en línea] Buenos Aires [citado 10 de junio de 2016]. Disponible en internet en: [file:///C:/Users/Business/Downloads/CONFEDI%202010%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Business/Downloads/CONFEDI%202010%20(1).pdf).
- [3] LAGGER, J. M., DONET, E., GIMENEZ URIBE, A., y SAMOLUK, M. (2008). La deserción de los alumnos universitarios, sus causas y los factores (pedagógicos, psicopedagógicos, sociales y económicos) que están condicionando el normal desarrollo de la carrera de Ingeniería Industrial, UTN-FRSF. Trabajos Completos. VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI). Salta.

- [4] TINTO, V. (1982). Limits of theory and practice in student attrition. *Journal of Higher Education*, Ohio, v. 53, p. 687-700.
- [5] ORTEGA, F. (2000). Capítulo I. In: Narvaja (Ed.) *Atajos: saberes escolares y estrategias de evasión*. Córdoba, p. 7-34.
- [6] BOULET, P. (2005). La Universidad y los otros. *OEI – Revista Iberoamericana de Educación*, Madrid, v. 36, n.10, p. 1-13.
- [7] Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional. (2014) *Documentos-Ordenanza 1150 - Diseño Curricular - Plan 2008* [en línea] Córdoba [citado 2 de mayo de 2016]. Disponible en internet en: <http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/sistemas/Areas/Institucional/Acreditacion.asp>
- [8] GARCÍA DE FANELLI, A. (2012). Abandono y rendimiento académico en las universidades nacionales argentinas: Un análisis integrador de la producción científica. *Congreso de la Asociación de Estudios Latinoamericanos, (Latin American Studies Association)*. San Francisco.
- [9] Di Gresia, L.; Porto A.; Ripani, L. (2002). Rendimiento de los estudiantes de las universidades públicas argentinas. Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de La Plata. *Documento de trabajo N° 45*. [en línea] La Plata [citado 5 de febrero de 2012]. Disponible en internet en: <http://www.depeco.econo.unlp.edu.ar/doctrab/doc45.pdf>
- [10] Di Gresia, L. (2007). Rendimiento académico universitario. *Asociación Argentina de Economía Política*. [en línea] Ciudad Autónoma de Buenos Aires [citado 5 de marzo de 2012]. Disponible en internet en: <http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2007/digresia.pdf>
- [11] OLIVER, M.; EIMER, G.; BALSAMO, N.; CRIVELLO, M. (2009). Permanencia y abandono en Química General en las carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, La Serena, v. 2, n. 2, 2011, p. 117-129.

¿ES POSIBLE COMPRENDER LA RELACION ENTRE LA INGENIERIA Y LA SOCIEDAD A PARTIR DE UNA ASIGNATURA?

Karina Cecilia Ferrando, UTN-FRA, kferrando@fra.utn.edu.ar

Olga Haydée Paez, UTN-FRA, opaez@fra.utn.edu.ar

Nicolás Félix Kotliar, UTN-FRA, nkotliar@fra.utn.edu.ar

Jorge Eduardo Forno, UTN-FRA, jforno@gmail.com

Resumen— La asignatura Ingeniería y Sociedad apareció, en la UTN, en 1995, es obligatoria para primer año y corresponde al Área de Ciencias Sociales, aquellas que permiten relacionar la sociedad, la tecnología y el trabajo profesional. Se espera que, en este espacio curricular, el alumno pueda analizar los problemas de la sociedad, en relación con su profesión. En este contexto nos preguntamos: ¿es posible comprender la relación entre la Ingeniería y la Sociedad a partir de una asignatura?

Si bien existen contenidos mínimos comunes, en la Facultad Regional Avellaneda, luego de años de búsqueda, hemos encontrado en el campo disciplinar de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS), el marco teórico que nos permite desarrollar los temas de una manera que consideramos adecuada para los futuros ingenieros.

Presentamos una síntesis de nuestra experiencia de cátedra, ya que consideramos preciso contextualizar la enseñanza de la ingeniería en términos de historia, sociedad, ética, tecnología, política e ideología. Para nosotros, los diseños curriculares precisan priorizar la posibilidad de una construcción de conocimientos con base en reflexiones críticas sobre las implicancias de las nuevas tecnologías, de los nuevos problemas de la ciencia y la globalización de la economía, sin perder de vista una capacitación intelectual que coloque al futuro profesional en contacto permanente con las realidades sociales en que se encuentra inserto.

Palabras clave— *ingeniería, sociedad, CTS*

1. Introducción

En el año 1995, luego de un largo proceso de cambio de los diseños curriculares para las carreras de Ingeniería, la Universidad Tecnológica Nacional incorporó Ingeniería y Sociedad como asignatura obligatoria para el primer año de todas las especialidades, la misma se colocó dentro del currículo en el área de Ciencias Sociales. Esta área se presenta como un espacio donde el alumno podrá conocer y analizar los problemas presentes en la sociedad sin perder de vista la relación que esta dinámica tiene con la ingeniería.

Luego de años de investigación, y teniendo en cuenta los contenidos mínimos comunes exigidos desde la reglamentación vigente, nos preguntamos: ¿Es posible comprender la relación entre la ingeniería y la sociedad a partir de una asignatura?

Dado que esta comprensión implica conocer un entramado complejo de relaciones múltiples que se redefinen y transforman de manera continua, hemos hallado que el

marco teórico adecuado a la formación de los futuros ingenieros, es el campo disciplinar de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (CTS).

Es desde este enfoque, que nos parece posible contextualizar histórica, social, ética, tecnológica, política e ideológicamente la enseñanza de la ingeniería.

En este trabajo analizamos los lineamientos, objetivos y acepciones conceptuales presentes en los diseños curriculares de la UTN, y que creemos se corresponden con el marco teórico que ofrece el campo disciplinar de los estudios CTS. Nos parece necesario, que, desde los mismos diseños, se priorice la posibilidad de una construcción de conocimientos basada en reflexiones críticas sobre el impacto que tiene la producción y uso de tecnología en diversos aspectos, los problemas y características de la producción y uso de conocimiento científico y la globalización de la economía.

Por otro lado, revisamos respecto a la formación del ingeniero, perspectivas institucionales acerca de programas de formación, contenidos, prioridades y demandas sociales; y caracterizamos el tipo de sociedad en la cual estos futuros profesionales estarán insertos.

Desde nuestra experiencia de cátedra, describimos los rasgos prioritarios del enfoque teórico elegido, su propuesta educativa, y la relación que hemos establecido con Ingeniería y Sociedad, precisando en los contenidos, objetivos propuestos, implementación del enfoque CTS y nuestra metodología de trabajo.

Finalmente presentamos nuestras conclusiones esbozando una respuesta al interrogante que motiva nuestro trabajo.

2. Diseños curriculares en la UTN

En el año 1992 y como consecuencia de una serie de encuentros y discusiones en el seno de la Universidad se resolvió dictar los lineamientos generales para modificar los diseños curriculares de la UTN, en el sentido de modificarlos y actualizarlos.

Los puntos más importantes a ser alcanzados tenían que ver con:

- Actualizar los criterios para la formación del Ingeniero.
- Aumentar la motivación de la comunidad educativa (docentes – alumnos).
- Disminuir la deserción.
- Facilitar la inserción laboral de los egresados.
- Evitar la disociación entre la formación del estudiante y del ejercicio profesional.
- Formar un Ingeniero creativo capaz de interpretar y generar

cambios. Concretamente se fijaron los siguientes objetivos [1]:



Producir un Ingeniero Tecnológico, capacitado para desarrollar sistemas de ingeniería y paralelamente aplicar la tecnología existente de tal manera de formar

¿Es posible comprender la relación entre la Ingeniería y la Sociedad a partir de una asignatura?

graduados que estén comprendidos con el medio y le permita ser promotores del cambio, por lo tanto con capacidad de innovación al servicio de un proyecto de crecimiento productivo, generando empleos y posibilitando el desarrollo social.

- ✓ Promover la educación continua del egresado a través de cursos, seminarios y carreras de postgrado intensificando el espíritu crítico y de investigación.

Por otra parte, se pretende redefinir la actividad profesional y la concepción de tecnología vigente hasta el momento, para ello se aclara [2]

La tecnología parte de los problemas básicos a resolver (y no de buscar campo de aplicación a una determinada ciencia).

- Se entiende por problemas básicos aquellos de índole social cuya existencia ha dado origen y sostiene la profesión. Lo cual asigna a éstos un carácter integrador en la formación del Ingeniero.
- El nuevo diseño curricular de la UTN irrumpe en la formación de Ingenieros, Analistas y Licenciados de nuestro país con una concepción moderna de la tecnología, la que surge de la revolución científico técnica del siglo XX, concibiendo el desarrollo tecnológico como respuesta a necesidades y problemas básicos sociales, rompiendo con la concepción tradicional de tecnología como ciencia aplicada
- Se reconoce la forma de trabajo del Ingeniero más allá de los temas que toca teniendo en cuenta la existencia de un accionar típico de la profesión que abarca los procesos que se realizan en el trabajo de ingeniería.
- En este sentido se hace necesario explicitar esos procesos típicos de la profesión desde el diseño curricular (para ello se introducen las asignaturas integradoras).

3.- Características de formación del Ingeniero

El documento “El Ingeniero Iberoamericano. Elementos básicos de una propuesta” [3] fue presentado para su consideración en la Sesión del Comité Ejecutivo de ASIBEI en Río de Janeiro en Octubre 2006. El mismo da cuenta de la necesidad de modificar la manera en que se concibe el perfil profesional de los Ingenieros, así como la necesidad de unificar los diseños curriculares en la región, atendiendo a criterios comunes. De su análisis compartimos algunos elementos que se consideran desafíos de la Educación Superior en la formación de Ingenieros.

Los ingenieros del siglo XXI enfrentan nuevas necesidades sociales de infraestructura, bienes y servicios, dentro de procesos y sistemas cada vez más complejos y globales. Estas demandas exigen replanteamientos de fondo en la formación que reciben, para lo cual se requieren bases para trabajar en ambientes complejos, con un cuadro dinámico de necesidades en continua expansión, en condiciones políticas, sociales, culturales, económicas y ambientales que exigirán niveles de flexibilidad, comprensión y trabajo en equipo, sensiblemente diferentes a los que han orientado históricamente el desempeño de los ingenieros. La formación responsable de los nuevos ingenieros ha de enfatizar en el manejo riguroso y escrupuloso de los recursos sociales y en la seriedad de los

compromisos adquiridos en los proyectos y trabajos.

Para atender estas responsabilidades la educación superior debe preparar a los individuos, independientemente de su disciplina o su profesión, para el mundo de la vida y no solamente para una de sus dimensiones, por importante que ella sea. La acción transformadora para la cual deben prepararse los ingenieros no puede convertirse simplemente en acción laboral.

El equilibrio entre los valores de la academia y las demandas del entorno puede significar la diferencia entre una formación que se equilibra con la sociedad y el conocimiento y otra que subordina su misión a las demandas de mano de obra competente para mejorar la eficiencia empresarial y elevar sus indicadores de resultado.

Los ingenieros deben aproximar a la sociedad con los logros de la ciencia y la tecnología y con la evaluación de los efectos de tales logros. Para ello, el ingeniero debe estar en capacidad de trabajar en conjunto con diferentes disciplinas y profesiones y debe tener la formación que le permita establecer las conexiones para identificar, proponer y diseñar soluciones creativas para los cambiantes problemas que enfrenta la sociedad.

La educación de los nuevos ingenieros en la región debe apropiarse de la responsabilidad de promover el acercamiento de la sociedad con los métodos, estrategias, instrumentos, limitaciones y logros de la ciencia y la tecnología. La ingeniería es un factor crítico dentro del proceso de alfabetización tecnológica para promover el aprecio social por la investigación, la innovación y la integración creativa de conocimientos con propósitos de mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

El desarrollo de la Región es la más significativa responsabilidad de los ingenieros y por esa razón, los programas de educación en ingeniería (en todos sus niveles y modalidades) deben asegurar dentro de sus compromisos misionales la revisión permanente de la vigencia y pertinencia de las relaciones entre las estructuras académicas y las necesidades, oportunidades y expectativas del entorno. Esto puede alcanzarse a través de un ejercicio de evaluación y seguimiento siempre atento a alentar como impronta profesional en la sociedad una ingeniería competente, responsable y comprometida.

Luego de analizar diferentes documentos en cuanto a la formación de Ingenieros encontramos al menos dos proyectos diferentes: el primero, de corte instrumental en el que se piensa la formación como sinónimo de capacitación en ciencias básicas para la resolución de problemas ingenieriles. Otro que recupera un sentido pedagógico más amplio, en el que se asocia formación con “educación” para la comprensión de los problemas ingenieriles como problemas sociotécnicos complejos.

Esta segunda visión de la formación de Ingenieros se encuentra hoy prácticamente ausente en los proyectos académicos institucionales de las carreras de Ingeniería en nuestro país.

En la actualidad tanto CONFEDI [4] como CONEAU [5] denominan “materias de formación complementaria” a aquellas que refieren a contenidos de las ciencias sociales, sin embargo consideramos necesario trabajar en la redefinición de estos criterios para integrarlos a la formación de Ingenieros desde un proyecto de aprendizaje que aporte una visión crítica como alternativa a una formación meramente instrumental.

4. Sociedad de conocimiento - sociedad de riesgo

Para cumplir los objetivos de análisis que nos propusimos realizar en el presente trabajo, es importante detenernos a caracterizar el tipo de sociedad en que el ingeniero que estamos formando se verá inserto.

En la actualidad asistimos a la profundización de un proceso mundial que inició con la creación de los primeros sistemas de procesamiento de la información durante la posguerra y que algunos autores dieron en llamar “tercera revolución industrial”. De acuerdo con Rifkin [6], si bien las TIC no son la única innovación tecnológica que caracteriza a esta revolución, se considera que en convergencia con nuevas fuentes y sistemas de energía, las mismas “vienen produciendo” transformaciones económicas que han llevado a la civilización a un nuevo nivel de complejidad y continúan haciéndolo.

Es en este punto que han cobrado relevancia en un principio el concepto de Sociedad de la Información y luego el de Sociedad del Conocimiento, pasándose de resaltar el cambio exponencial en la magnitud de flujos de información que circulan alrededor del globo, a poner de manifiesto que dichos flujos constituyen un valioso capital, pasible de ser transformado en conocimiento, el cual sería el activo más importante de individuos y organizaciones en esta nueva época (En oposición a los bienes de capital tradicionales propios de la Primera y Segunda Revolución Industrial)

Esta nueva sociedad resulta vertiginosa en cuanto a la velocidad sin precedentes con la que se producen en ella las innovaciones tecnológicas en diversos campos científico-tecnológicos (TICs, biotecnología, nuevas fuentes de energía, etc.), cobrando las mismas todas las apariencias de la autonomía e inevitabilidad. Estas dos cualidades son reflejadas y reproducidas generalmente en discursos de tipo deterministas tecnológicos (en sus vertientes tecno-optimistas y tecno pesimistas) dando la idea fatalista de un tren a toda máquina que tiene “vida propia” y está por fuera de toda intervención humana.

Dice Aibar Puentes: “la inexorabilidad que actualmente se atribuye a la tecnología se puede constatar en el énfasis que se pone en las regularidades de su crecimiento. En el caso de las TIC, incluso, el proceso de innovación parece estar sometido a leyes que certifican su carácter inapelable (...) El desarrollo tecnológico parece seguir, de esta forma, pautas similares a los fenómenos físicos y naturales que se rigen por leyes impermeables a nuestros deseos o intenciones y con absoluta independencia de los avatares de la vida social” [7].

Es quizá de esta misma percepción de falta de control y de flujo vertiginoso de información e innovación sin límites, que surge el concepto de “Sociedad del Riesgo”, de Beck, en tanto la nueva estructura de la sociedad se caracterizaría por un alto nivel de inseguridad e incertidumbre. El problema central en este momento de la historia se convertiría entonces en:

"... evitar, minimizar, dramatizar, canalizar los riesgos y peligros que se han producido sistemáticamente en el proceso avanzado de modernización y limitarlos y repartirlos allí donde han visto la luz del mundo en la figura de efectos secundarios latentes, de tal modo que ni obstaculicen el proceso de modernización, ni sobrepasen los límites de lo soportable (ecológica, médica, sicológica, socialmente)?" [8].

Como señalan Luján y López Cerezo, si bien las sociedades actuales están condenadas a convivir con el riesgo, la gestión política del mismo puede realizarse desde una óptica preventiva o desde una óptica compensatoria, siendo el objetivo de la primera “prevenir

efectos no deseados de la introducción de ciertos procesos productivos. El problema es que muchas veces no se dispone, y puede llegar a ser muy difícil de obtener, del conocimiento suficiente para predecir estos efectos” [9].

A partir de este diagnóstico, encontramos que la complejidad de la sociedad del riesgo, sumada a la debilidad en las estrategias para su manejo, se debe en parte a la mirada parcial y poco transversal que se asume generalmente para reconocer e investigar los procesos científicos, tecnológicos, sociales y culturales. En este sentido trabajar desde una perspectiva CTS se presenta como un gran aporte para los diseños curriculares de las carreras de Ingeniería.

Como señalamos, el riesgo puede ser encarado desde una desde una lógica compensatoria que se limite a reparar los daños cuando éstos ya se han producido o bien desde una gestión política preventiva que inhiba el desarrollo de los potenciales peligros. Es en esta clave preventiva que González García, en línea con Beck, plantea una contraposición necesaria entre riesgo y reflexión, como dos caras constitutivas de la modernidad tardía, dado que

“Cuanto mayores son los riesgos tanto más elevadas son nuestras necesidades de reflexión para enfrentarnos a ellos” [10].

5. Características del enfoque CTS

Según López Cerezo [11], los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, o estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), constituyen un vigoroso campo de trabajo donde se trata de entender el fenómeno científico-tecnológico en contexto social, tanto en relación con sus condicionantes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales. El autor da cuenta que en relación a la presencia institucional, el enfoque CTS demarca un campo bien consolidado en universidades, administraciones públicas y centros educativos de numerosos países industrializados.

Para Kreimer y Thomas [12], el enfoque CTS se nutrió de aportes interdisciplinarios y muchos pioneros del campo eran formados en ciencias duras. Dada la naturaleza del campo, que ya cuenta con cinco décadas de existencia, resulta cada vez más habitual registrar intervenciones CTS en estudios interdisciplinarios, por ejemplo: desarrollo sustentable, estrategias de preservación del medio ambiente, innovación tecnológica y desarrollo socioeconómico. De esta manera el enfoque CTS aparece consolidado como un campo disciplinar que integra conocimientos provenientes de los estudios de sociología, historia y filosofía de la ciencia y la tecnología, economía del cambio tecnológico, política de ciencia, tecnología e innovación, bioética, ética de la investigación científica, comunicación pública de la ciencia y la tecnología y ciencias de la educación.

Thomas et al. [13] sostienen que la dinámica del enfoque CTS latinoamericano tiene un fuerte vínculo con la problemática regional y se caracteriza por la constante incorporación de nuevas perspectivas y aun, la triangulación conceptual. Así muchos trabajos incorporaron en sus marcos analíticos conceptos provenientes de diferentes matrices teóricas. Señalan además que los estudios sociales de la tecnología permiten abordar una multiplicidad de objetos: instituciones de I+D, prospectiva del cambio tecnológico, trayectorias tecnoproductivas, políticas públicas de I+D y dinámicas sociotécnicas a partir de investigaciones en las que convergen abordajes teóricos

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

multidisciplinares.

Actualmente este campo se constituye como una visión que entiende a las concepciones de ciencia, tecnología y sociedad estrechamente relacionadas y recíprocamente construidas. Como propuesta democratizadora el enfoque promueve la participación pública de los ciudadanos en las decisiones que sustentan el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Los aportes del enfoque CTS al estudio de los problemas regionales son variados y en los últimos años han generado una vasta producción académica en torno a cuestiones como las tecnologías para la inclusión social y el desarrollo sustentable.

6. Educar desde una perspectiva CTS

Por todo lo expuesto en los puntos anteriores, hemos considerado al enfoque CTS como el más adecuado para formar a los futuros ingenieros, ya que se trata de un campo en el que convergen múltiples disciplinas y que es adecuado para proporcionar una mirada crítica, acertada y concisa de este entramado sistémico pluridimensional.

Entre las disciplinas que integran este campo, trabajamos con conceptos que provienen de la sociología de la tecnología, economía de la tecnología, filosofía de la tecnología y ética de la tecnología.

Entendemos que el enfoque constituye una propuesta educativa integral e innovadora, y en nuestro ámbito, el universitario, estos contenidos constituyen un excelente complemento curricular de grado.

Acevedo Díaz, et al. destacan los rasgos de la educación CTS, citando a otros autores que señalan “La inclusión de contenidos que muestren las interacciones CTS constituye una ayuda para conseguir actitudes más positivas hacia la ciencia y su aprendizaje por su carácter motivador. (...) También facilitan la construcción de una mirada profesional visión más próxima a la realidad actual de la ciencia, la tecnología y la tecnociencia, así como del trabajo científico y tecnológico.” [14].

Asimismo, cabe mencionar algunas de las cualidades que deben mostrar aquellos profesores que realizan sus prácticas desde un enfoque educativo CTS:

- ellos dedican tiempo suficiente a planificar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la programación de aula, así como a la evaluación de la enseñanza practicada para mejorarla;
- son flexibles con el currículo y la propia programación;
- proporcionan un "clima" afectivamente acogedor e intelectualmente estimulante, destinado a promover la interacción y la comunicación comprensiva en el aula;
- indagan activamente, mostrándose deseosos de aprender nuevas ideas, habilidades y acciones, incluyendo tanto las que provienen de la psicopedagogía como de la actualidad científica-tecnológica y del ámbito social.
- también son capaces de aprender junto a sus compañeros y con sus alumnos.
- no contemplan las paredes del aula como una frontera (aula abierta), porque creen que el aprendizaje debe trascenderla. Llevan a clase personas y recursos diversos. Educan para la vida y para vivir.

Si tenemos en cuenta la variedad de estudios realizados por la Organización de los Estados Iberoamericanos desde hace varias décadas, encontramos que la educación CTS se ha implementado en distintos niveles de enseñanza, y su aplicación ha producido cambios en los contenidos de la enseñanza de la ciencia – tecnología, así como también cambios metodológicos y actitudinales por parte de los grupos sociales involucrados en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

La relación docente – alumno adquiere otros matices, se redefine un nuevo vínculo, según López Cerezo “(...) involucra el abandono del papel del profesor como meta-experto o como mediador privilegiado y autorizado del conocimiento experto, por un lado, y el estímulo de la participación crítica y creativa de los estudiantes en la organización y desarrollo de la docencia, por otro.” [15].

7. Ingeniería y Sociedad

Ingeniería y Sociedad es una asignatura que aparece en la UTN en el Plan 1995. Es de carácter obligatoria y se dicta en el primer año de la carrera de Ingeniería en todas las especialidades. Tiene una carga horaria de 64 hs. Depende de la Unidad Docente Básica Cultura e Idioma del Departamento Materias Básicas.

Esta asignatura corresponde al área de Ciencias Sociales, que, según los lineamientos curriculares, son aquellas que permiten relacionar la sociedad, la tecnología y el trabajo profesional, se espera de ellas que, en forma integrada, permitan al alumno analizar los problemas de la sociedad, y en especial, de la especialidad elegida. Esto le dará la oportunidad de observarlos desde el punto de vista social e ingenieril.

Se fijan los siguientes objetivos a ser cubiertos por el área:

- Formar ingenieros con conocimiento de las relaciones entre la tecnología y el grado de desarrollo de las sociedades.
- Lograr ingenieros que interpreten el marco social en el que desarrollarán sus actividades e insertarán sus producciones.

En concordancia con el objetivo de las ciencias sociales en general, la asignatura Ingeniería y Sociedad se plantea como objetivo lograr que los alumnos:

- reconozcan la importancia de los roles que históricamente asume el ingeniero en el proceso productivo y en las transformaciones económico sociales y culturales de dicho proceso.
- establezcan relaciones entre los elementos que se ponen en juego en el proceso tecnológico
- adquieran criterios que le permitan comprender la importancia del análisis metodológico y epistemológico del conocimiento científico y tecnológico
- analicen el marco histórico-social del desarrollo tecnológico y sus conexiones con el proceso de industrialización en Argentina
- examinen críticamente las consecuencias del “impacto tecnológico” en los albores del siglo XXI
- valoren la necesidad de comprender la relación ingeniería-sociedad

¿Es posible comprender la relación entre la Ingeniería y la Sociedad a partir de una asignatura?

- desarrollen capacidades para la aplicación de conceptualizaciones y categorías de análisis
- desarrollen habilidades para plantear problemas que puedan ser investigados empíricamente
- tomen conciencia del compromiso ético-social que implica el ejercicio responsable de su profesión.

Los contenidos se organizan en cuatro unidades temáticas que se desprenden de los Contenidos Mínimos (fijados por normativa institucional):

- La Argentina y el Mundo Actual.
- Problemas Sociales Contemporáneos.
- El Pensamiento Científico.
- Ciencia, Tecnología y Desarrollo.
- Políticas de Desarrollo Nacional y Regional.
- Universidad y Tecnología.

A partir de estos contenidos mínimos establecidos desde la Reglamentación vigente:



La priorización temática en nuestra Regional se centra en los ejes de Ciencia, Tecnología y Desarrollo siempre en relación con el Rol del Ingeniero y van de lo general (Revoluciones industriales, aparición de la Ingeniería como profesión) a lo particular (situación de Argentina en el contexto regional y mundial y Rol del Ingeniero en ese contexto).



Cada Regional prioriza distintos ejes, en algunos casos se inclinan hacia lo epistemológico (una suerte de Introducción al conocimiento científico del CBC-UBA) y en otros casos se inclina hacia lo histórico – social (una suerte de Introducción al conocimiento de la Sociedad y el Estado CBC-UBA).

8. Aportes desde la perspectiva CTS

La implementación de este espacio curricular, tal como lo hemos pensado, dentro de un enfoque CTS, pretende contribuir para que el alumno desarrolle capacidades tales como:

- a) Comprender la influencia de la ciencia y la tecnología en la evolución de las sociedades, así como los condicionamientos históricos y sociales existentes en la creación científica y tecnológica;
- b) Analizar y valorar las repercusiones sociales, económicas, políticas y éticas de las actividades científicas, tecnológicas y de Ingeniería;
- c) Aplicar los conocimientos científicos y tecnológicos aprendidos en los estudios y la valoración de problemas relevantes en la vida social;
- d) Utilizar los conocimientos sobre las relaciones existentes entre ciencia, tecnología y sociedad para comprender mejor los problemas del mundo en que vivimos;
- e) Buscar soluciones y adoptar posiciones basadas en los juicios de valor libre y

responsablemente asumidos;

- f) Apreciar y valorar críticamente las potencialidades y las limitaciones de la ciencia y de la tecnología para proporcionar mayor grado de conciencia y de bienestar individual y colectivo.

Hemos organizado el programa en cuatro unidades temáticas, en las que vamos enfatizando aspectos de los estudios CTS que nos permiten presentar una visión contextualizada de la producción y uso de la ciencia y la tecnología:

UNIDAD 1: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

Aquí presentamos diferentes modos de comprender el modo de producción de la tecnología, así como su impacto cultural, social, ético, medio ambiental, político, etc. Partimos de una definición sistémica y la colocamos en relación con la ingeniería entendida como ciencia de la transferencia.

UNIDAD 2: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INDUSTRIA. LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES

En esta unidad abordamos las características de las diferentes revoluciones (Primera, Segunda y Tercera), colocando el acento en identificar la aparición de la tecnología y cómo esto fue modificando los modos de producción y organización del trabajo. Presentamos características del conocimiento científico y destacamos el papel de la educación en los procesos de avances durante los procesos analizados. También ubicamos en la Primera Revolución Industrial la aparición de la Ingeniería como disciplina. Terminamos presentando el tema de globalización.

UNIDAD 3: INDUSTRIA Y DESARROLLO NACIONAL. PERSPECTIVAS ECONÓMICAS

Aquí introducimos la teoría de la dependencia como marco de análisis general y luego nos ocupamos de presentar las diferentes etapas de la industrialización en Argentina, asociando cada una a diferentes políticas de ciencia y tecnología. Mostramos cómo las políticas orientan el desarrollo (o no) de la industria período a período y analizamos el rol protagónico del ingeniero en estos procesos.

UNIDAD 4: ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO NACIONAL Y REGIONAL

En esta última unidad presentamos el modelo de desarrollo para América Latina propuesto desde el PLACTS y evidenciamos los efectos no deseados que ha tenido el modelo de desarrollo basado en el extractivismo. Analizamos diferentes casos de tecnologías para la inclusión social que se vienen dando en nuestro país y en la región como alternativa al consumo de recursos sin medida.

En cuanto a la modalidad de la cursada, la misma es teórico práctica, realizamos diferentes actividades que permiten desarrollar en los alumnos habilidades de expresión oral y escrita, además del uso de las TIC's como una herramienta didáctica que ofrece un alto potencial si es utilizado con la supervisión adecuada, para eso promovemos el uso de diferentes formatos de presentaciones, entrega de trabajos prácticos en formato digital, dentro de la modalidad impresión con tendencia a cero. Esta propuesta persigue despertar una conciencia en cuanto al uso racional de los diferentes recursos y, por otro lado, está siendo utilizada cada vez en diversas empresas e instituciones.

Para lograr un aprendizaje significativo, dentro del marco conceptual CTS, incorporamos el estudio de casos y la búsqueda de ejemplos de la vida cotidiana relacionados con los diferentes temas que vamos trabajando. Esto permite visualizar cómo la relación entre ciencia, tecnología y sociedad es algo inherente a la vida en sociedad, más allá del aspecto profesional, dado que atañe a la condición de ciudadano responsable.

Utilizamos como material de cátedra no sólo libros o revistas científicas, sino que apelamos a incorporar otros soportes más amigables para nuestros estudiantes como ser documentales, films comerciales, novelas, cuentos de ciencia ficción, comics, etc, todo trabajado y analizado a partir del marco teórico desarrollado.

Al contar con apenas dos horas cátedras por semana, la alternativa que encontramos para obtener resultados positivos en alcanzar los objetivos propuestos fue incorporar espacios asincrónicos de comunicación como la comunicación por correo electrónico con los docentes entre una clase y otra, el aula virtual y un grupo cerrado de facebook, donde compartimos materiales de actualidad, noticias sobre desarrollos tecnológicos, cursos, charlas o eventos relacionados a los temas vistos, algunas veces se agregan preguntas motivadoras como para promover un feedback por parte de los estudiantes, que, en algunas ocasiones, por temor a expresarse en esos espacios, eligen enviar un correo a los docentes con sus opiniones.

9. Conclusiones y recomendaciones

Retomando el interrogante que dio origen a este trabajo en torno a si es posible comprender la relación entre la ingeniería y la sociedad a partir de una asignatura, encontramos dos posibles respuestas:

A partir de lo expuesto, al haber analizado los aportes que la implementación del enfoque CTS ofrecen para la formación de los futuros ingenieros tecnológicos, y de acuerdo a nuestra experiencia en la asignatura Ingeniería y Sociedad concluimos que esa comprensión es posible y la respuesta sería positiva.

Al mismo tiempo, para cumplir ese objetivo, encontramos algunas cuestiones de importancia, que, de no ser atendidas, nos llevarían a inclinarnos por la opción negativa.

Un aspecto limitante en la actualidad es la tanto la carga horaria como el hecho de haber colocado una única asignatura con objetivos de formación tan importantes para el área de ciencias sociales. En nuestro caso, a modo de paliativo sumamos la utilización de espacios no presenciales –por ejemplo aula virtual, correo electrónico y redes sociales - y procuramos utilizar estrategias didácticas motivadoras y adecuadas para el tipo de contenidos y objetivos propuestos, que entendemos, trascienden a nuestro espacio curricular. Somos conscientes que este tipo de estrategias requieren de mucho tiempo de trabajo que no todos los profesores están dispuestos a asumir, y, por otro lado, el uso de las TIC's requiere de habilidades que no todos los docentes tienen.

Las múltiples interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad se han ido modificando y complejizando a través del tiempo, y, en este sentido la ingeniería como ciencia de la transferencia [16] adquiere un rol protagónico.

Desde esta perspectiva, vemos necesario, que los futuros ingenieros, tengan una comprensión acabada del impacto científico y tecnológico, para que puedan ejercer, decidir y actuar no sólo como expertos, sino también en su condición de ciudadanos.

Consideramos conveniente plantear, en vistas a las reformas de los diseños curriculares en las carreras de Ingeniería, redefinir el lugar de estos contenidos, así como reforzar la carga horaria y la cantidad de asignaturas.

Plantear la asignatura Ingeniería Sociedad desde un enfoque CTS conduce a la reflexión sobre la práctica tecnológica y ayuda a desnaturalizar los procesos de innovación y cambio llevados a cabo por los propios ingenieros, poniendo de manifiesto una y otra vez las múltiples instancias decisorias en los que ellos, como agentes involucrados, pueden y deben marcar una diferencia en el rumbo tecnológico.

Nuestra propuesta incluye la incorporación paulatina y coordinada de contenidos de las ciencias sociales en general y de los estudios CTS en particular con la intención de contribuir a fortalecer un proyecto pedagógico orientado a la formación de ciudadanos críticos y de Ingenieros capaces de comprender e intervenir responsablemente en la resolución creativa de problemas científicos, tecnológicos y sociales complejos.

Esto estaría en un todo de acuerdo con los objetivos de formación de ASIBEI pensando en formar un Ingeniero Iberoamericano.

Creemos que esto acompaña la definición de Ingeniería que propone el CONFEDI [17] en tanto ayudaría al profesional a desarrollar su tarea en “beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales”, cosa que encontramos poco probable según las características y contenidos de los diseños curriculares vigentes.

10. Referencias

- [1] RESOLUCIÓN 326/92 del Consejo Superior Universitario (UTN).
- [2] DOCUMENTO DEL RECTORADO, (1992) (Documento de circulación interna en la UTN)
- [3] ASIBEI. (2006). *Documento de la Sesión del Comité Ejecutivo de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería*. Río de Janeiro.
- [4] CONFEDI (2005), *Libro Azul*
- [5] RESOLUCIÓN 1232/01 Ministerio de Educación, *Estándares de acreditación den carreras de Ingeniería*, disponible en:
<http://portales.educacion.gov.ar/spu/files/2012/08/RM-1232-01-INGENIER%C3%8DAS-Art.-43-LES.pdf> (consultado en enero 2016)
- [6] RIFKIN, J. (2003) *"El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era."* Revista Chilena de Derecho Informático 2
- [7] AIBAR PUENTES, E. (2001) *"Fatalismo y tecnología ¿ es autónomo el desarrollo tecnológico."* Universidad de Cataluña. España. Disponible en:

<http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/0107026/aibar.html> (consultado en mayo 2016)

- [8] BECK, U. (1998) *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Paidós Ibérica.
- [9] LUJÁN, J. L., Y LÓPEZ CEREZO J. A. (2001) "La convivencia cotidiana con la incertidumbre." *La Vanguardia* 22.
- [10] GONZÁLEZ GARCÍA, J. M. (1997) "El regreso de la diosa Fortuna en la" *sociedad del riesgo*".
- [11] LÓPEZ CEREZO, J. (1998). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos*. En: Revista Iberoamericana de Educación. Número 18 - Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación. Disponible en: <http://rieoei.org/oeivirt/rie18a02.htm> (consultado en junio de 2016)
- [12] KREIMER, P. y THOMAS H. (2004). *Un poco de reflexividad ¿de dónde venimos?*, en: Kreimer, P; Thomas, H; Rossini, P; y Lalouf, A. (eds). Producción y uso social de conocimientos. UNQ Editorial
- [13] THOMAS, H., et. al. (2008). *Estudios sociales de la tecnología: ¿hay vida después del constructivismo?* REDES, 14(27), 59–76
- [14] ACEVEDO DÍAZ, J. A.; et. al. (2001). *El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias*. En Sala de Lectura CTS+I. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm> (consultado en junio 2016)
- [15] LÓPEZ CEREZO, J. (1998). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos*. En: Revista Iberoamericana de Educación. Número 18 - Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación. Disponible en: <http://rieoei.org/oeivirt/rie18a02.htm> (consultado en junio de 2016)
- [16] OCDE (1996) "La innovación Tecnológica: definiciones y elementos de base". Revista Redes, N° 6.
- [17] CONFEDI, (2001) *Estudio del vocablo Ingeniería*.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

USEMOS EL CELULAR EN EL AULA

Torroba Patricia Laura (1), UNLP, patricia.torroba@ing.unlp.edu.ar

Devece Eugenio (1, 2), UNLP, eugdvc@gmail.com

Gallego Sagastume Juana Inés (1), UNLP, chinchia@gmail.com

Aquilano Pereyra Luisina (3), UNLP, luu.aquilano@gmail.com

Hariyo, Marcelo, UNLP, mhariyo@yahoo.com.ar

(1) IMApEC Departamento de Cs Básicas Facultad de Ingeniería – UNLP

(2) IEC-EMIPASIVA-FRLP-UTN

(3) Becaria Alumna Departamento de Cs Básicas Facultad de Ingeniería – UNLP

Resumen— En la actualidad el celular es un dispositivo de uso cotidiano que la mayoría de las personas poseen. Este, contiene un complejo sistema que permite ejecutar múltiples aplicaciones, de las cuales se ha descubierto que algunas resultan útiles para la implementación en el área de la física experimental. En este trabajo se presenta una propuesta, en el marco de cursos introductorios de física de las carreras de ingeniería, que hace uso del celular como instrumento de toma de datos. Se propone medir el período de un péndulo simple y determinar a través de él la aceleración de la gravedad en el lugar en donde se realiza la experiencia. Esta actividad se desarrolla en el aula integrando aspectos teórico-práctico-laboratorio con el empleo de TIC y elementos tradicionales. A partir del sensor de proximidad que tienen estos dispositivos, se puede obtener el período del péndulo. Se comparan los resultados obtenidos a partir del celular, con los valores medidos con una fotopuerta para validar el uso del sensor de proximidad. La toma de datos en tiempo real favorece la validación que el análisis teórico predice del comportamiento de un sistema. Las actividades experimentales a desarrollar, como los laboratorios, en el marco de las leyes de Newton, tienen como objetivo la ejercitación de algunas capacidades como la observación, la interpretación de gráficos, elaboración de modelos, y la adquisición de criterios para su validación.

Palabras clave— *teléfono celular inteligente, movimiento armónico simple, laboratorio.*

1. Introducción

Las Universidades están enfrentando procesos de acreditación de programas y competencias como manera de demostrar la excelencia en la calidad de la educación. Los objetivos en la formación de los recursos humanos se centran hoy no sólo en los conocimientos de contenidos, sino también en las competencias, capacidades, actitudes y aptitudes que permitan generar un profesional de alta capacitación técnica con compromiso social, conciencia ambiental y capacidad de liderazgo.

El rol del laboratorio en la formación básica de los ingenieros tiene una importancia fundamental y es una actividad reconocida en todas las universidades del mundo. Una prueba de ello son las inversiones que se realizan en las Universidades para actualizar los equipos y promover profesores que estén al día con las TIC.

Esta actividad experimental permite la reconstrucción de conceptos como también el aprendizaje de las nuevas tecnologías y desarrollar formas de trabajo asociadas con la metodología científica. El laboratorio genera una instancia en la que el alumno puede ejercitar algunas competencias humanas, tanto metodológicas como participativas, ya que son componentes fundamentales para el ejercicio de la profesión. [1] [2]

Por otro lado, el uso de teléfonos inteligentes se ha extendido vertiginosamente en todo el mundo. Estos dispositivos son de uso cotidiano para el alumno y como tienen muy buena aceptación, acerca al estudiante de manera amigable a utilizarlo como instrumento de medida en el laboratorio.

Actualmente, los celulares inteligentes poseen una gran variedad de sensores: aceleración, rotación, sonido, luminosidad, proximidad, campo magnético, entre otros que los transforman en versátiles instrumentos de medida. El empleo de teléfonos celulares ha sido propuesto en varias experiencias que abarcan temas de mecánica, óptica y oscilaciones entre otras. [3] [4] [5] [6] [7]

El sensor de proximidad en los celulares tiene como objetivo bloquear la pantalla táctil, cuando se aproxima la cara al teléfono para evitar tecleos accidentales con la oreja o la mejilla durante una llamada. Cuando el celular es usado para medir el período del péndulo, requiere un montaje específico que tenga en cuenta las características para las cuales fue diseñado. Por ejemplo, la máxima distancia a la cual se puede colocar el celular para medir. Por lo tanto, el estudiante debe diseñar un esquema experimental adecuado para medir correctamente. Esta situación le permite ejercitar competencias propias del perfil del futuro ingeniero.

En este trabajo se presenta una práctica de laboratorio que consiste en determinar la aceleración de la gravedad con el empleo de un péndulo simple en el marco del estudio del movimiento armónico simple. La experiencia consiste en medir el período con una fotopuerta y con el sensor de proximidad que poseen los teléfonos inteligentes. Finalmente se comparan los resultados obtenidos con ambos instrumentos.

2. Marco Teórico

El laboratorio es un medio que permite lograr un aprendizaje activo [8]. Se considera el Aprendizaje Activo de la Física como el conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza y el aprendizaje de la Física, en donde los alumnos son guiados a construir su conocimiento de los conceptos físicos mediante observaciones directas del mundo físico”[9]

Las herramientas tecnológicas tienen la ventaja de: 1) Permitir a los alumnos que dirijan su práctica sin consumir la mayor parte del tiempo en recolectar datos para su demostración. 2) Los datos son graficados en tiempo real y permiten a los alumnos una inmediata retroalimentación y poder ver los datos en forma comprensible. 3) Debido al hecho de que los datos son rápidamente obtenidos y analizados, los alumnos pueden examinar fácilmente las consecuencias de un gran número de cambios en las condiciones experimentales durante una sesión de laboratorio. 4) Las herramientas de hardware y software son generales, es decir, independientes de los experimentos, por lo cual los alumnos son capaces de enfocarse en la investigación de muchos fenómenos físicos sin perder tiempo usando instrumentos más complicados [10].

La tarea docente en este laboratorio es la de guía en el proceso de aprendizaje del grupo de estudiantes.

3. Descripción de la actividad experimental

El objetivo general del laboratorio es determinar la aceleración de la gravedad (g) y comparar su valor con el medido para la ciudad de La Plata, por la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP. Como objetivos particulares se espera que el estudiante ejercite competencias tales como: el manejo de distintas herramientas de medición y analice la diferencia que existe entre ellos, tanto en aspectos técnicos como prácticos; practique el trabajo colaborativo, desarrolle la expresión escrita por medio de la presentación de un informe, modele un sistema físico e interprete gráficos.

Utilizando el marco teórico de las Leyes de Newton y el tema Movimiento Armónico Simple se realiza la experiencia mediante el uso de un péndulo simple, como se muestra en la figura 1

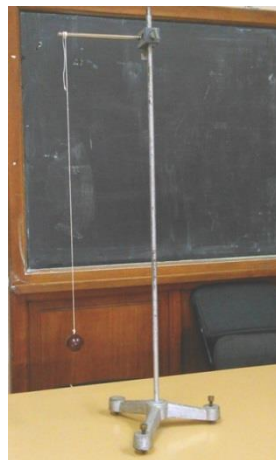


Figura 1. Péndulo simple

Fuente: elaboración propia

Si se aparta el péndulo de su posición de equilibrio, el mismo oscilará en forma periódica con un período que puede aproximarse mediante la siguiente expresión [11]:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Donde L es la longitud del hilo y g es la aceleración de la gravedad.

En esta instancia, el docente destaca la importancia del modelado del sistema físico y las suposiciones que se consideran e indaga sobre: a) ¿Si se modela a la esfera como partícula en dónde se pone de manifiesto esta condición? b) ¿Cómo lo considera al roce? c) ¿Cómo debe ser el apartamiento de la posición de equilibrio y por qué? d) El movimiento está restringido a un plano? e) ¿Por qué se toman varias medidas del período? f) ¿Cómo modela a la cuerda? g) ¿Con qué instrumento se mide su longitud? h) ¿Mide el radio de la esfera con un vernier? etc

Anteriormente, para realizar las medidas del período del péndulo se empleaba un cronómetro que actualmente ha sido reemplazado por las TIC que permiten relevar datos a tiempo real.

Se emplea un Photogate Vernier como se muestra en la figura 2 para medir el período. Este es un instrumento un poco más moderno, que requiere de una interfaz que codifique los datos medidos y de una computadora con el software “LoggerPro”. Con estos elementos se visualizan los resultados que la interfaz envía y se obtienen los gráficos con los valores obtenidos con su respectiva incerteza.



Figura 2. Fotopuerta vernier

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se mide con un celular inteligente con el montaje mostrado en la figura 3.

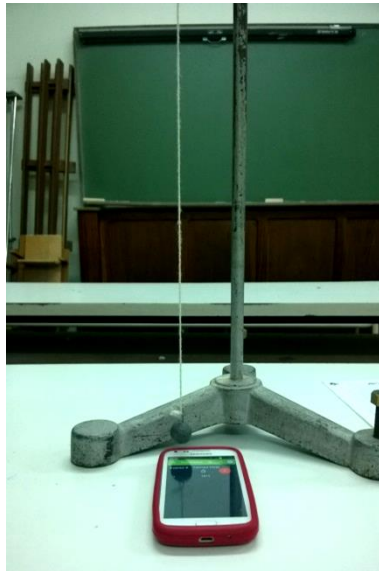


Figura 3. Montaje de la experiencia con el celular.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Distancias óptimas

Fuente. Elaboración propia

Cuando se toman los datos, el celular debe colocarse a una distancia no mayor a 1cm del péndulo y el apartamiento del equilibrio debe ser de la misma magnitud. Estas distancias se indican en la figura 4 y depende del dispositivo utilizado.

Es necesario que el dispositivo opere con Android exclusivamente. Una aplicación llamada “Sensor Box” permite visualizar todos los sensores disponibles en ese celular, explorar el funcionamiento de ellos y verificar que el sensor de proximidad este presente (Figura 5). La aplicación “Physics Toolbox” permite realizar las mediciones y se obtienen los datos del periodo del péndulo. Esta aplicación es una herramienta útil que permite realizar experimentos de física clásica sin la necesidad de disponer de sensores tradicionales. Utiliza los sensores de dispositivos móviles para recoger datos de registro que luego almacena en formato de texto como tabla y puede ser enviado por correo para su análisis en una hoja de cálculo. En este caso se utiliza el sensor de proximidad en el modo “Péndulo”.



Figura 5. Logo de Sensor Box

Fuente: www.play.google.com



Figura 6. Logo de Physics Toolbox

Fuente: www.andropedi.com

Se toman aproximadamente veinte medidas consecutivas del periodo con cada instrumento y luego se analizan los resultados para la validación de los conceptos teóricos y se procede con los cálculos necesarios.

4. Resultados y Discusión

El valor de la aceleración de la gravedad se obtiene a partir de la ecuación (1) resultando:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad (2)$$

Para expresar la incertidumbre asociada a g se empleó la Ley de Propagación, dando como resultado la expresión:

$$\Delta g = \frac{4\pi^2 \Delta L}{T^2} + \left| -\frac{4\pi^2 2L}{T^3} \right| \Delta T \quad (3)$$

En la tabla1 se muestran las medidas de los 20 períodos tomados con el sensor vernier y con el sensor de proximidad

Tabla1. Medidas de los periodos tomadas con el sensor vernier y el celular

Medida	Sensor	Celular
0	1,619s	1,625s
1	1,618s	1,624s
2	1,621s	1,623s
3	1,622s	1,625s
4	1,62s	1,619s
5	1,618s	1,621s
6	1,62s	1,619s
7	1,621s	1,622s
8	1,62s	1,623s
9	1,619s	1,62s
10	1,62s	1,618s
11	1,619s	1,621s
12	1,622s	1,62s
13	1,621s	1,621s
14	1,62s	1,623s
15	1,619s	1,618s
16	1,621s	1,621s
17	1,623s	1,624s
18	1,619s	1,622s
19	1,62s	1,624s

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se indican los promedios de los períodos tomados con ambos dispositivos

Tabla 2. Promedios de períodos

$\bar{T}(\text{Sensor})$	$\bar{T}(\text{Celular})$
1,620s	1,621s

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se presentan las incertezas vinculadas con los períodos dados por el software LoggerPro.

Tabla 3. Incertezas en las medidas de los períodos

$\Delta T(\text{Sensor})$	$\Delta T(\text{Celular})$
0,005s	0,007s

Fuente: Elaboración propia.

Se midió la longitud del péndulo y su valor fue:

Longitud del péndulo: $L = 0,66 \pm 0.0005m$

Utilizando la ecuación (2) y la (3) se obtuvieron los siguientes resultados finales de la gravedad

Tabla 4. Resultados de la experiencia

$g(\text{Sensor})$	$g(\text{Celular})$
$9,85 \pm 0,07 \frac{m}{s^2}$	$9,84 \pm 0,09 \frac{m}{s^2}$

Fuente: Elaboración propia.

Luego se obtiene la exactitud de la medida comparando el valor obtenido con cada uno de los instrumentos en relación al valor dado por el observatorio de la ciudad de La Plata UNLP.

Valor medido en el observatorio: $g = 9,7973667 \pm 0.0000001 \frac{m}{s^2}$

$$Exactitud = E\% = \left(1 - \frac{|M_1 - M_{ref}|}{|M_{ref}|}\right) * 100 \quad (4)$$

Donde M_1 es el valor calculado en el laboratorio y M_{ref} es el valor de referencia.

En la tabla 5 se muestra el valor de la exactitud para cada uno de los instrumentos.

Tabla 5. Resultados de la experiencia

$E\%(\text{Sensor})$	$E\%(\text{Celular})$
99,43	99,56

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En este trabajo se presenta una propuesta para determinar el valor de la aceleración de la gravedad midiendo el período de un péndulo simple con el sensor de proximidad de un celular. El valor obtenido fue $g = (9,84 \pm 0,09) m/s^2$. Se repitió la experiencia con otro instrumento de medida que emplea TIC, un sensor Vernier. Esta herramienta mide también el

período del péndulo simple. Con este instrumento de medida el valor obtenido de la gravedad fue $g = (9,85 \pm 0,07)$. Por lo tanto, por los resultados encontrados se puede afirmar que el sensor de proximidad es una herramienta válida para determinar el valor de la gravedad. Además, los valores obtenidos de la exactitud respaldan la confiabilidad del uso del sensor de proximidad del celular para la determinación de la aceleración de la gravedad.

Por otro lado, los sensores con que cuentan los celulares permiten realizar medidas que se aplican en una gran variedad de temas de mecánica, sonido, electromagnetismo y óptica. Este hecho junto con la familiaridad que tienen los estudiantes con los teléfonos inteligentes facilita el acercamiento de ellos a la actividad experimental.

Por lo tanto, el empleo de estos sensores permitiría fortalecer el rol del laboratorio en la formación del futuro ingeniero así como desarrollar las competencias propias de este espacio.

Referencias

- [1] PESA, M; BRAVO, S; PÉREZ, S. (2012). *La importancia de las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros*. Memorias del Decimoprimer Simposio de Investigación en Educación en Física. Sief XI Esquel, Argentina.
- [2] PESA, M; BRAVO, S; PÉREZ, S; VILLAFUERTE M. (2014). Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica. *Florianópolis. Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 642-665. Brasil
- [3] VOGT, P; KUHN, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *Phys. Teach.* 50, 182.
- [4] VOGT, P; KUHN, J. (2012) Analyzing spring pendulum phenomena with a smart-phone acceleration sensor. *Phys. Teach.* 50, 504.
- [5] VOGT, P; KUHN, J. (2013). Analyzing radial acceleration with a smartphone acceleration sensor. *Phys. Teach.* 51,182.
- [6] STREEPEY, J. (2013). Using iPads to illustrate the impulse-momentum relationships. *Phys. Teach.* 50, 54.
- [7] THOMS, L, COLICCHIA, G; GIRWIDZ, R (2013). Color reproduction with a smart-phone . *Phys. Teach.* 51,440.
- [8] SOKOLOFF, D; THORNTON, R. (2004). Interactive lecture Demonstrations. Hoboken, N. J: Wiley
- [9] SOKOLOFF, D; THORNTON, R; (1997). Using Interactive Lecture Demonstration to create an Active Learning Enviroment, *The Phys. Teach.* v 36:6, 340-347
- [10] SOKOLOFF, D; THORNTON, R; (1990). Learning motion concepts using-time microcomputerbased laboratory tools, *Am. J. Phys.* v. 58, 858-867
- [11] SERWAY, R. A.: Física, Vol. I, Mc Graw-Hill, México.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

TRABAJO COLABORATIVO EMPLEANDO UNA WIKI EN UNA CÁTEDRA DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Silvana E. Gutiérrez, Universidad Nacional del Sur, sgutie@criba.edu.ar

Amalia R. Sagula, Universidad Nacional del Sur, asagula@criba.edu.ar

Ricardo Gómez, Universidad Nacional del Sur, gomezric@criba.edu.ar

Resumen— La wiki es un recurso tecnológico que proporciona un espacio de trabajo en el que es posible producir un verdadero intercambio de conocimiento, resaltándose el carácter colaborador del aprendizaje. Esta herramienta se hizo popular a partir de la aparición de la Wikipedia en el año 2001.

En este trabajo presentamos la planificación de actividades de una wiki destinada a la asignatura Diseño Mecánico Asistido, correspondiente a la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Sur (UNS). La temática que abordamos mediante este recurso es la representación de roscas en dibujo tecnológico.

Consideramos que el empleo de esta herramienta puede colaborar para que los alumnos logren las siguientes competencias genéricas: experiencia para aprender en forma continua y autónoma, destreza para emplear las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) orientadas al trabajo académico e intelectual, habilidad para comunicarse con efectividad y para desempeñarse con eficacia en equipos de trabajo. Estas competencias permiten la formación integral de los futuros ingenieros y tienen un alcance que va más allá de los conocimientos específicos de una asignatura.

Palabras clave— enseñanza, TIC, wiki.

1. Introducción

Desde el año 2005, en el marco del Proyecto de Investigación “Investigaciones sobre programas CAD y TIC. Implementación en la enseñanza de la expresión gráfica en la Ingeniería”, venimos realizando experiencias didácticas con nuevas tecnologías. Hemos experimentado con diversos recursos alojados en un aula virtual: videos, tutoriales, módulos de aprendizaje, apuntes y test. En este proyecto, nuestro objetivo general ha sido modificar la visión que se lleva realizando en las asignaturas del Área de Sistemas de Representación, de manera tal que el actor principal de las mismas no sea exclusivamente el docente con su enseñanza sino el alumno con su aprendizaje.

En este trabajo describimos la planificación de actividades con la adición de una wiki en el aula virtual con la finalidad de promover el trabajo colaborativo. Este recurso tecnológico es una herramienta de creación de conocimiento que funciona como un conjunto de páginas entrelazadas entre sí y que pueden ser editadas en forma simple.

Desarrollamos la planificación de actividades en dos etapas: el diseño específico de la wiki y la organización de la estrategia didáctica semipresencial para su implementación.

Con el empleo de este recurso tenemos los siguientes objetivos en cuanto al proceso de enseñanza y al aprendizaje:

a) En referencia a la enseñanza, buscamos que el docente guíe a los alumnos en el aprendizaje, en la búsqueda de información, siendo más activa su función como tutor que como expositor de contenidos. Propiciamos que las clases sean más interactivas, creando ambientes de estudio que promuevan la comunicación y la interacción entre los participantes, apoyándonos en el empleo de la utilización de las TIC.

b) En cuanto al aprendizaje, tratamos de contribuir en el logro de competencias genéricas transversales a los conocimientos específicos de la asignatura, necesarias en la formación de profesionales capacitados para desempeñarse en los cambiantes escenarios sociales y productivos [1]. Entre ellas, las competencias para aprender en forma continua y autónoma, para desarrollar en los futuros ingenieros habilidades en el uso de las TIC orientadas al trabajo académico e intelectual, para comunicarse con efectividad y para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

Pretendemos colaborar en el logro de la habilidad para la actualización en forma continua y autónoma de los conocimientos. Fomentamos que los alumnos sean capaces de buscar información en Internet y de juzgar la relevancia y la fiabilidad de las fuentes consultadas. De esta forma, buscamos que éstos desarrollen la capacidad crítica de evaluación de la información a través de la selección de materiales para incorporar en la wiki.

En cuanto al desempeño en grupos, pretendemos que con la incorporación de este recurso se logre el desarrollo de un trabajo de tipo colaborativo, con las contribuciones entre docentes y alumnos. Buscamos que todos los participantes puedan alcanzar oportunidades en el aporte constructivo y que tengan un incentivo para explorar las posibilidades tanto en beneficio propio como en el de otros. De esta forma, apuntamos a lograr un mejor aprovechamiento de la inteligencia colectiva de un grupo de personas comprometidas con un proyecto [2].

El desarrollo de habilidades en el uso de las TIC, lo incentivamos a través del empleo de la plataforma educativa, la búsqueda de información en Internet y el uso de la wiki para facilitar la creación y presentación de contenidos.

2. Materiales y Métodos

Una wiki es una forma de sitio web, donde es posible que los usuarios creen y editen el contenido de una manera fácil e interactiva. Esta característica hace que sea una herramienta eficaz para desarrollar contenidos de manera colaborativa.

Además, en este recurso se almacena el historial de edición de cada documento que incluye el nombre de quien realiza la edición y el motivo de la actualización. Esta particularidad resulta interesante porque permite recuperar versiones anteriores en el caso de errores.

Las wikis son herramientas eficaces, capaces de articular y favorecer el desarrollo de proyectos colaborativos, debido a su naturaleza abierta y flexible que, a través de una interfaz sencilla y amigable, posibilita la interacción y la comunicación entre los estudiantes que forman un determinado grupo de trabajo, facilitando el proceso de construcción colectiva del conocimiento [3].

En virtud de la necesidad de diseñar una minuciosa secuenciación de los procesos y materiales de aprendizaje [4], en primer lugar pusimos a disposición de los alumnos un

documento instructivo referido a la utilización de la wiki, y otro, con especificaciones de las tareas que realizarían en ella. Asimismo, creamos como recurso anexo un foro de debate para consultas referidas al uso de esta herramienta.

Las dos etapas que empleamos en el desarrollo de actividades consistieron, en primer lugar, en el diseño de la wiki referida a la temática de roscas, y luego, en la planificación de la estrategia didáctica.

2.1 Diseño del recurso

Una wiki se organiza como una serie de nodos unidos por enlaces. Ésta permite listar los nodos que enlazan a uno determinado, o hacer también búsquedas; algunas posibilitan usar otros patrones de navegación o menús comunes. La navegación, hasta cierto punto, es auto organizada se va generando según se crea el contenido, por eso es bastante adecuada para ir elaborando documentos [5].

Estructuramos nuestra wiki a partir de una página inicial accesible a todos los integrantes de la cátedra. Figura 1.



Figura 1. Página inicial de la wiki.

La página citada contiene un índice predefinido enlazado a otras páginas que consta de los siguientes temas: Introducción, Elaboración, Elementos, Clasificación, Aplicaciones, Representación, Acotación, Roscas normalizadas y Ejemplos.

Los docentes desarrollamos algunas de las temáticas, y otras, quedaron abiertas al trabajo colaborativo en grupos de alumnos, incentivándolos de este modo a participar a través de la publicación de sus aportaciones.

Las páginas desarrolladas en forma grupal y colaborativa fueron: Elaboración, Clasificación, Aplicaciones y Ejemplos.

Las contribuciones realizadas por los alumnos en la página de Elaboración fueron en su mayor medida videos referidos al proceso de manufactura de roscas internas y externas.

En la página de Clasificación, realizaron aportaciones en formato de texto y gráficos. Las clasificaciones adoptadas fueron según la posición de las roscas (interior y exterior), por la forma del filete (Métrica, Trapecial, Cuadrada, Whitworth, etc.), según el número de filetes (simple o de entrada múltiple) y de acuerdo al sentido de la hélice (derecha o izquierda).

En cuanto a las páginas de Aplicaciones y Ejemplos, incorporaron información en forma de texto y de representaciones gráficas.

Las páginas sobre las que trabajamos los docentes fueron las referidas a: Elementos, Representación, Acotación y Roscas normalizadas.

En la página de Elementos fijamos la nomenclatura a emplear en referencia a la temática, según la norma IRAM 4520 Representación de roscas y partes roscadas, empleando textos y gráficos. En la Figura 2 se observa una parte de esta página.

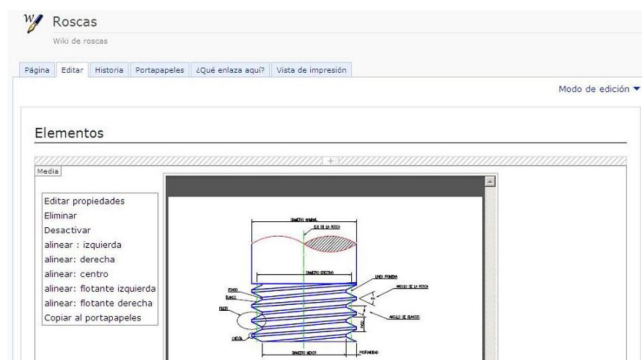


Figura 2. Página enlazada de Elementos.

Textos y gráficos simplificados se incluyeron en la página de Representación. En la Figura 3 se muestra ésta en forma parcial.

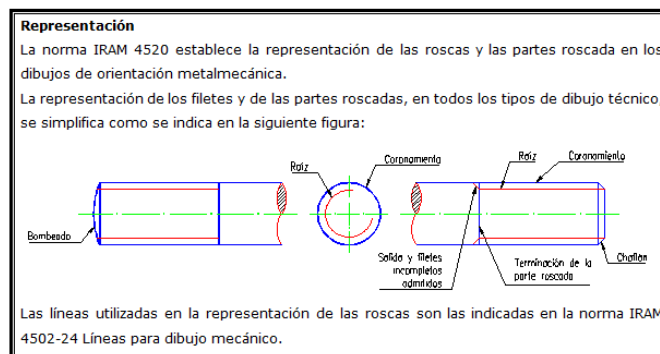


Figura 3. Página de Representación.

En cuanto a la página de Roscas normalizadas (Figura 4), también empleamos textos, gráficos y tablas, en referencia a la designación y a la representación de roscas Métricas y Whitworth.

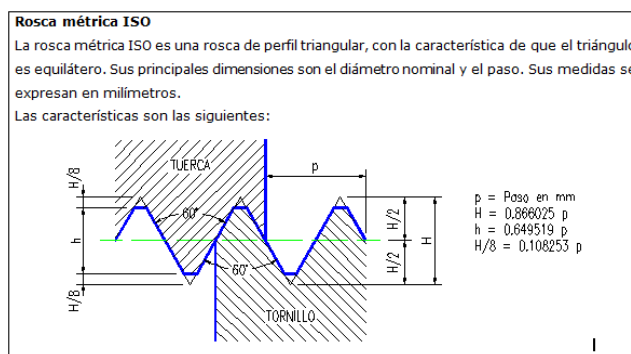


Figura 4. Página de Roscas normalizadas

En la página de Acotación, a través de textos y gráficos hicimos referencia al dimensionamiento de roscas externas, de tornillos y de agujeros ciegos y pasantes. En la Figura 5 se observa parte de ella.

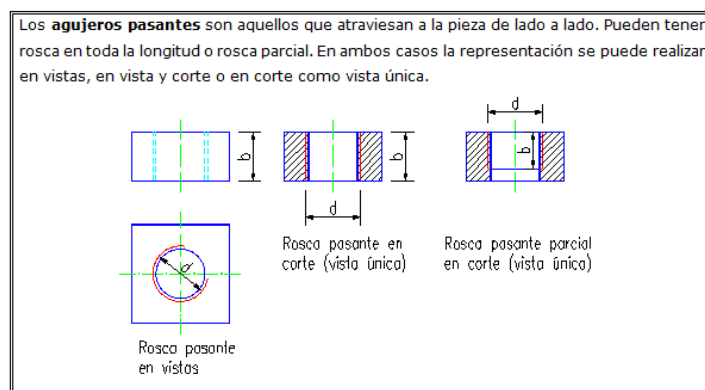


Figura 5. Página de Acotación.

2.2 Planificación de la estrategia didáctica

El trabajo colaborativo se da cuando los alumnos trabajan juntos para lograr objetivos comunes de aprendizaje [6]. Sus ventajas más importantes son la de promover el logro de objetivos más ricos en contenido al reunir propuestas de varias personas e incentivar el desarrollo del pensamiento crítico.

Pretendemos fomentar el trabajo colaborativo en el aula virtual dividiendo a los alumnos en cuatro grupos: A, B, C y D. Cada uno de ellos desarrollará aportaciones según la siguiente tabla:

Tabla 1. Tareas de los grupos de trabajo.

Grupos	Página de la wiki	Tipo de contribución
A	Elaboración	Videos
B	Clasificación	Textos y gráficos
C	Aplicaciones	Textos y representaciones gráficas
D	Ejemplos	Textos y representaciones gráficas

En cuanto a los tipos de contribuciones, los docentes indicamos a los alumnos que consideren que los textos narren los aspectos más destacados de cada tema en forma breve y concisa. En referencia a las aplicaciones y ejemplos, los profesores delimitamos los objetivos de aprendizaje y tutorizamos y orientamos a los alumnos para su realización.

Proponemos que cada grupo cuente con un coordinador que sea el encargado de subir las contribuciones en la wiki, a los efectos de evitar el trabajo *on line* en simultáneo en la misma página.

Los alumnos pueden debatir con respecto a los contenidos a ingresar en la wiki en un foro anexo perteneciente exclusivamente al grupo y donde también actúan como tutores los docentes. Los debates son un medio de negociación que permite definir los contenidos definitivos a incorporar.

Con la división en grupos de trabajo intentamos conseguir una mayor coordinación en los tiempos dedicados y en los contenidos de cada tema.

3. Resultados y Discusión

A través de las experiencias de trabajo colaborativo promovimos un modelo de aprendizaje basado en la elaboración de variadas tareas, en las cuales se requiere de la participación y contribución de todos los componentes del grupo de trabajo. De este modo, es posible llevar a cabo la construcción colectiva del conocimiento, requiriendo de los alumnos un desempeño más comprometido y activo con su propio aprendizaje, y exigiendo al docente la creación de ambientes de aprendizaje que promuevan la interacción y comunicación con la utilización de nuevas herramientas tecnológicas.

Consideramos que el proceso de aprendizaje sea una experiencia en la que los alumnos no se sientan como seres aislados, sino como parte de una comunidad de aprendizaje. En virtud de ello, los docentes creamos un espacio colaborativo y tratamos de propiciar y favorecer los procesos de interacción entre los participantes.

Comprobamos que una wiki puede favorecer el aprendizaje participativo, por medio de la creación de grupos orientados al logro de objetivos comunes. Propiciamos que los alumnos interaccionen no solo con los materiales existentes sino incorporando otros nuevos y editando sus contribuciones luego del debate.

Consideramos que la propuesta de trabajo colaborativo en la wiki, es una forma innovadora del aprovechamiento de las sinergias de los miembros de cada grupo para gestionar y construir el conocimiento.

Entendemos que el uso de esta herramienta es muy motivadora para los alumnos, ya que les posibilita realizar tareas tales como compartir y contrastar información y opiniones sobre un tema específico, redactar informes en forma grupal y desarrollar un proyecto en común.

Asimismo, consideramos que este recurso colabora en el logro de competencias no solo en referencia a los temas específicos de la materia sino también en algunas competencias genéricas o transversales. Entre ellas, destrezas tecnológicas en el uso de las TIC, habilidades lingüísticas para comunicarse correctamente en los foros y para redactar informes y competencias de tipo social para la ejecución del trabajo grupal. Asimismo, entendemos que esta herramienta colabora en el logro de competencias para aprender en forma continua y autónoma, ya que posibilita al alumno definir su propio itinerario de aprendizaje a partir de distintas actividades propuestas en horarios flexibles de estudio.

Entendemos que ante las potencialidades que ofrece esta herramienta, se abre un abanico de posibilidades en la formulación de actividades didácticas en distintas temáticas que permitan contribuir en la adquisición de competencias y en la consecución de objetivos formativos. Asimismo, entendemos que la wiki puede emplearse no solamente como un recurso en la enseñanza universitaria, sino también para trabajar colaborativamente en un proyecto o en una investigación.

4. Conclusiones

A partir del desarrollo de actividades y prácticas formativas de carácter colaborativo, que tienen lugar en un entorno educativo virtual en que los docentes y alumnos participantes interaccionan, pretendemos seguir conformando un modelo didáctico innovador e integrador, para llevar a cabo un proceso de enseñanza-aprendizaje activo, flexible y constructivo, que fomente la adquisición de conocimiento de manera significativa.

La elaboración de contenidos en forma colaborativa, llevada a cabo por alumnos que comparten dentro de un aula virtual una herramienta de comunicación para el aprendizaje, como es la wiki, se constituye en un elemento de motivación para quienes participan del

proceso constructivo, propiciando la adquisición de competencias y habilidades para la resolución de las tareas propuestas y para el logro de los objetivos comunes. Además, potencia el trabajo autónomo de los estudiantes proporcionándoles un mayor control sobre su propio proceso de aprendizaje, favoreciendo la autoestima, la responsabilidad individual y la habilidad de trabajar formando grupos de trabajo, lo que implica la intercomunicación de sus integrantes, una interdependencia positiva entre ellos y la competencia grupal.

5. Referencias

- [1] CONFEDI (2006). Primer acuerdo sobre Competencias Genéricas. Tercer Taller sobre Desarrollo de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina. Tercer informe. Villa Carlos Paz, Córdoba.
- [2] MARTINEZ ALDANONDO, J. (2003). La importancia del facilitador en los procesos de e-learning, En: *E-learning. Mejores prácticas y recomendaciones para organizaciones iberoamericanas* (Fontela, M., Hellers, N., Subotovsky, S., Mann, A., Podlesker, C., eds.). Tecnonexo, Buenos Aires, Argentina.
- [3] SEITZINGER, J. (2006). Be Constructive: Blogs, Podcast, and Wikis as Constructivist Learning Tools. En *Learning Solutions e-Magazine, Practical Applications of Technology for Learning*, Santa Rosa, California, July 31, 2006, p. 11.
- [4] SKINNER, B.F. (1953). *Science and human behavior*. Macmillan, New York.
- [5] GONZÁLEZ PAREJA, A., CALERÓN MONTERO, S. GALACHE LAZA, T. y TORRICO GONZÁLEZ, A. (2006). Uso de wikis para la realización de trabajos colaborativos en el aula. XIV Jornadas de ASEPUMA y II Encuentro Internacional. Badajoz, España.
- [6] JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T. & STANNE, M.B. (2000). *Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis*. University of Minnesota.

Prácticas participativas de Física en estudiantes de primer año

C. Beltrame, & F. Vincitorio.

celsobeltrame@gmail.com & fisicaelectronica@frp.utn.edu.ar

GIF, Grupo de Investigación en Física Aplicada a la Ingeniería

Facultad Regional Paraná. Universidad Tecnológica Nacional

Almafuerte 1033. Paraná, Entre Ríos Argentina

Resumen: En los últimos años el paradigma de complejidad entre los estudiantes de ingeniería ha migrado de la Matemática a la Física. Años de escuela secundaria, donde la motivación y el interés por las ciencias naturales, en particular la Física, ha sido cercenado sistemáticamente y ha generado un alto nivel de desconocimiento. Así el estudiante de primer año se encuentra con una materia muy poco atractiva y con un alto grado de dificultad.

Desde hace más de cinco años en la Facultad Regional Paraná se vienen realizando prácticas participativas de Física donde el estudiante es el principal autor de los sistemas construidos para estudiar un fenómeno particular.

En este trabajo se muestran los resultados y el grado de desarrollo alcanzado en estas prácticas. El análisis de la respuesta indica un alto nivel de satisfacción para el alumno, así como un importante acercamiento a los conceptos de la Física.

Palabras claves: Participación, Elaboración, Explicación.

1. Introducción

Con la continuidad de los años en el dictado de la materia de Física I para cursos de primer año de ingeniería en la Facultad Regional de Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional, se detectó, hace ya bastante tiempo, un aumento considerable en las dificultades de los alumnos para la promoción final de la materia.

Esta problemática puede tener su origen en diferentes factores, entre los que podemos mencionar: los cambios curriculares de los años 90', la menor cultura de estudio, la baja carga horaria y el concepto de responsabilidad en los jóvenes de las últimas generaciones. Sin embargo la quita en los contenidos de Física en las escuelas de nivel medio es tal vez, el factor de mayor importancia.

Al comienzo de una carrera universitaria como ingeniería, la cantidad de materias, la carga horaria y la cantidad de actividades que plantea cada una de ellas es de un nivel muy superior al acostumbrado por los alumnos. Esto lleva a un rendimiento inferior al esperado, que genera desgaste en su entusiasmo y en su dedicación.

Nuestros alumnos, en la actualidad, presentan serias dificultades en la lengua escrita y en la oralidad lo que demuestra, claramente, la falta de estrategias que ayuden a sortear airoso estas instancias. Existen año a año, numerosas situaciones de intercambio verbal ya sea de exámenes escritos o de planteos orales en las clases en las cuales queda claro estas dificultades del alumno a interpretar las consignas planteadas [1].

Los exámenes de Física son escritos, dada la masividad de los cursos. En estos “testimonios de logros”, se puede constatar que los estudiantes tienen graves problemas a la hora de poner por escrito sus conocimientos. No sólo vemos que la ortografía es muy deficiente, sino que se advierten fallas en la redacción de las respuestas: éstas pueden ser contradictorias o confusas; expresan razonamientos circulares y hasta manifiestan falta de coherencia lógica, dentro de un mismo párrafo. Tampoco se logra, en un gran número de casos, que los estudiantes sigan las instrucciones que indican los enunciados de las consignas escritas [2].

Además, teniendo en cuenta los avances científicos, tecnológicos y comunicacionales que ejercen un fuerte impacto en las enseñanzas tradicionales, sobre todo en las asignaturas de mucho contenido teórico - práctico, como Matemática y Física, es necesario que los contenidos y la didáctica sean revisados de modo para generar mayor motivación y participación del alumnado.

Se nota reiteradamente, que luego de los primeros meses (y los primeros exámenes), en general, los alumnos pierden la motivación y el interés por la continuidad en el desarrollo de la cátedra, según lo manifiesta Isabel Solé [3] referida a la educación constructivista “hemos dicho que el proceso de aprender supone una movilización cognitiva desencadenada por un interés, por una necesidad de saber. ¿Qué es lo que hace posible que se produzca dicho interés? ¿Se debe estrictamente a la constatación del desequilibrio cognitivo? En cualquier caso, ¿qué es lo que hace que tras la percepción del desequilibrio algunas personas, en algunas ocasiones, sean capaces de emplearse a fondo hasta llegar a reequilibrarse nuevamente y otras o las mismas personas en ocasiones distintas simplemente abandonen la tarea, la enfoquen desacertadamente y, en definitiva, no logren su objetivo (aprender)?”

Desde hace algunos años se viene implementando en los cursos de Física I un trabajo final a presentar por los alumnos como complemento del cuarto parcial, con una metodología diferente y con la intención de generar mayor motivación y participación.

En esta experiencia, el foco de la evaluación se centra fundamentalmente en la dedicación y los logros de los participantes, más que sobre la profundidad y claridad de los contenidos.

2. Metodología

2.1. Planteo de metodología de trabajo

En el segundo cuatrimestre, cuando el alumno ha alcanzado un mínimo grado de maduración en los conocimientos fundamentales de la Física, se plantea un trabajo que implica búsqueda de información e investigación. Es aquí donde el docente se convierte en un facilitador entre el conocimiento y el estudiante, dejando de lado la figura formal del expositor.

Un punto particular de esta metodología se sustenta en que el trabajo profesional futuro, de los hoy estudiantes de ingeniería, ha de realizarse con otros sujetos en cooperación e interacción mutua; es por ello, que en la ejecución de esta tarea se establece que debe ser realizada en forma grupal, de modo que los alumnos del curso deben formar grupos, entre tres y cinco miembros, por elección propia.

Como parte de esta actividad, el cuerpo docente ha de realizar un seguimiento continuo de los distintos grupos de forma de orientarlos y guiarlos en la concreción de los mejores resultados.

Queda claro que a esta altura del año (principio del segundo cuatrimestre, todos los años), son notables las dificultades en el aprendizaje de la Física, por lo que el seguimiento es fundamental.

El modelo de aprendizaje significativo de Ausbel tiene gran consenso en la enseñanza de una ciencia fáctica, como la Física, por tal motivo, los docentes debemos continuamente buscar recursos didácticos para favorecer el aprendizaje y una mayor motivación y participación del alumno, evitando las meras clases explicativas del aula, o las demostraciones un tanto aburridas de trabajos prácticos. En este se han pensado las clases participativas.

Como conclusión de esta metodología, se busca que el alumno desarrolle elementos demostrativos que puedan ser usados durante la exposición oral del tema elegido.

2.2. Selección del tema a desarrollar

Sobre el modelo de Ausbel es que se les plantean a los estudiantes una serie de temas o contenidos (propuestos por la cátedra) para que cada grupo tenga la posibilidad de elección.

Esta lista de temas es elaborada siguiendo el criterio de que sean temas que en clase no se han desarrollados por no pertenecer directamente al programa, o si bien pertenecen al programa se explican en forma introductoria. Sobre esta base del conocimiento los grupos trabajarán en el desarrollo y preparación de los temas con el fin de profundizarlos.

Luego de la preparación de los temas, cada grupo lo expone al resto del curso en una clase de exposición y demostración, de modo que todos los alumnos tomen conocimiento y participen de todos los temas.

Los temas propuestos a los alumnos, por la cátedra, fueron los siguientes:

2.2.1. Tiro oblicuo con resistencia del aire

En clases teóricas, en resolución de problemas y complementariamente en el laboratorio el tema siempre se trata despreciando la resistencia del aire al avance de la partícula estudiada; por tal motivo, todo el estudio en clases es de un movimiento con aceleración constante solo en la dimensión vertical, mientras que lo consideramos de velocidad constante en la dimensión horizontal. En la presentación debe plantear condiciones reales con resistencia al avance, y por lo tanto, con aceleración en las dos dimensiones.

2.2.2. Elasticidad y módulos del sólido

En las carreras donde se dicta la materia (ingeniería Electromecánica y Civil) el estudio del comportamiento elástico de los materiales se profundiza bastante en materias de ciclos superiores, entonces el grupo que desarrolla este tema muestra al resto del curso el comportamiento de los materiales en forma bien sencilla, explicando el comportamiento y la función de los módulos de deformación.

2.2.3. Leyes de Kepler. Gravitación universal

En los programas analíticos de la asignatura no se encuentra el tema de la gravitación universal, si bien se menciona la ley de la gravitación universal al desarrollar la dinámica, (leyes de Newton). El movimiento planetario resulta ser un tema interesante para el conocimiento general, y que plantea un desafío que atrae a los alumnos, por tal motivo los trabajos elaborados permiten presentar el tema de forma sencilla y exponer una buena introducción para todos los que participan.

2.2.4. Movimiento armónico amortiguado y forzado

En el dictado normal de las clases de aula; de teorías y prácticas y en las clases de laboratorio, se presenta completamente el movimiento armónico simple (MAS), no obstante solo se menciona sin profundizar adecuadamente que este movimiento puede ser amortiguado o forzado, dejando por tal motivo la profundización y la explicación para el grupo encargado en el trabajo.

2.2.5. Ondas mecánicas, sonido

El tema correspondiente a ondas mecánicas y sonidos pertenece al programa analítico de la materia. Cuando se desarrolla el tema en clases se profundizan los conceptos de la onda y su propagación, en tanto que el sonido, su comportamiento, el decibel y el efecto doppler, se deja para que sea presentado por los alumnos en los trabajos grupales de fin de curso. La intensión de la incorporación este tema tiene la finalidad principal que planteen fundamentalmente el sonido y sus efectos.

2.2.6. Instrumentos ópticos: lupa, microscopio, telescopio

Similar a lo que ocurre con el tema de ondas mecánicas, la óptica geométrica es trabajada en el aula, tanto los conceptos teóricos como la problemática y las actividades de laboratorio, no obstante la descripción y explicación del funcionamiento de los instrumentos ópticos mencionados se propone para que sean preparados por los alumnos. Se debe mencionar que al haber usado esta metodología, en este tema se ha logrado excelentes resultados, inclusive con la construcción de instrumentos elementales.

2.2.7. Fluidos: Hidrostática: tensión superficial, capilaridad. Hidrodinámica: ejemplo de aplicación de la ecuación de Bernoulli, tubo de Pitot

Si bien el tema teórico conceptual es completamente desarrollado en el año, la facilidad de poder elaborar elementos demostrativos y la claridad con que se pueden explicar lo hace muy atractivo para el grupo que tendrá que desarrollarlo y fácil de entender para el resto del curso.

2.2.8. Movimiento giroscópico

El movimiento pertenece al tema de rotaciones, que es el que más dificultades presenta a la hora de su desarrollo en clases; el giróscopo no está ajeno a lo anterior, por lo tanto, se trabaja en clases, pero de todas formas, se considera oportuno que un grupo lo tome, en particular para darle un enfoque diferente y que se pueda completar lo realizado en las actividades áulicas con los profesores. También es interesante la elaboración de algún elemento demostrativo que aclare los movimientos al resto.

2.2.9. Sistema de masa variable

En el tema de sistema de partículas y en particular a la conservación de la cantidad de movimiento (momento lineal), se presenta el contenido pero no se desarrolla, dejando la actividad de explicación Matemática y demostraciones Físicas para el grupo que lo trabaje en las presentaciones, resulta un tema muy atractivo para los participantes, ya que se han logrado representaciones Físicas realmente interesantes.

2.3. Método de evaluación

Esta metodología de trabajo tiene un poco de historia. Desde hace unos años, y de manera muy informal se les pide los alumnos que formen un grupo de trabajo y elaboren presentaciones, en el final del cursado anual de la materia. La evaluación formaba parte de la misma metodología y solo consistía en valorar la presentación en sí misma sin que esto tuviera incidencias en el resto de las calificaciones del año, las que finalmente determinan la condición de regularidad del alumno.

Con el correr del tiempo y dándoles cada vez más valor a los muy buenos trabajos presentados por cada uno de los grupos, se comenzó a tener más cuidado, tanto en la forma de realización de las presentaciones y exposiciones, como con las evaluaciones de los mismos.

Es así que actualmente los grupos son calificados de acuerdo a un protocolo propio de la cátedra, pero la calificación no queda solo en la presentación, sino que cada alumno de los grupos suma puntos que se agregan a la calificación obtenida en el último parcial de evaluación práctica del año.

Los criterios de evaluación incluidos en el protocolo de la cátedra tienen en cuenta tanto aspectos grupales, como individuales, ya que la nota final del trabajo tiene incidencia en el estado final de cada alumno

Los criterios utilizados son:

2.3.1. Contenido

Cada uno de los temas planteados anteriormente deben ser desarrollados a partir de un contenido mínimo para que el resto del curso pueda entenderlo; de todas formas, el grupo puede profundizar su presentación agregando ejemplos o casos particulares que la mejoren. Así, se evalúa el mínimo contenido y profundización planteada en la exposición.

2.3.2. Presentación

Se tiene previsto que cada grupo realice una presentación del trabajo, tanto de su contenido como de lo que han de exponer al resto de los compañeros en la clase. Esta presentación debe ser en formato papel, es decir en una carpeta con su correspondiente carátula identificando el trabajo y el grupo, y también en formato digital de manera de que la cátedra genere una base de datos con los distintos trabajos presentados año tras año.

2.3.3. Exposición grupal, exposición individual

En este punto lo que se pretende evaluar es el desenvolvimiento y la capacidad para expresarse de cada integrante del grupo, es la parte de la evaluación en que el comportamiento individual tiene su importancia. Normalmente es poco lo que influye en el grupo completo.

2.3.4. Maqueta

Si bien no se lo pone como un punto excluyente, es el de mayor importancia a la hora de que el grupo pueda obtener una buena valoración. Es muy destacable el desempeño y la dedicación que los alumnos ponen en diseñar, construir y presentar diferentes elementos para poder mostrar los fenómenos físicos que están contando. Desde que se implementó esta metodología de trabajo, la construcción por parte de los alumnos de algún elemento o sistema para mostrar o demostrar el principio, ha sido de gran atracción, tanto dentro de la cátedra

como fuera de la misma, ya sea por lo llamativo, como por lo simple y concreto que pueden alcanzar estas construcciones. Además demuestran muy bien lo que pretenden explicar.

3. Resultados

3.1. Trabajos presentados

En los últimos siete años más de seiscientos alumnos han participado de estas actividades aportando información muy valiosa a la base de datos establecida. A continuación, se transcriben parte de las presentaciones realizadas, que por su relevancia o contenido consideramos las más destacables. Es evidente la imposibilidad de mostrar en este escrito con profundidad los resultados obtenidos en cada uno de los trabajos por lo que elegimos a modo de ejemplo, solo parte de las presentaciones realizadas en algunos años.

3.1.1. Óptica geométrica

En la figura 1 podemos apreciar una explicación sencilla de lentes formada por agua contenida dentro de un botellón esférico transparente, en este caso, los alumnos usan una fuente de luz blanca (linterna común). Para resolver el problema de la divergencia propusieron el uso de una abertura circular de manera de generar un haz colimado que ingrese en el botellón. La luz así colimada es refractada por el agua y focalizada sobre una pantalla construida con una hoja de papel.



Figura 1. Los alumnos muestran de manera sencilla el comportamiento como lente del agua dentro de un botellón de vidrio transparente.

3.1.2. Hidrostática

En el segundo caso (figura 2) un alumno explica la tensión superficial y lo hace con agua contenida dentro de un frasco sencillo que tiene, en lugar de su tapa, una membrana de baja densidad y al invertir el recipiente, el agua permanece dentro del frasco sin ser derramada por la tensión superficial. Se completa esta demostración rompiendo la tensión superficial mediante una acción mecánica, tan sencilla como tocar la membrana y observar cómo se derrama el agua.



Figura 2. Muestran cómo el agua no se derrama del frasco a pesar de tener una rejilla permeable, explicando principios de tensión superficial.

3.1.3. Mecánica rotacional

En el tema desarrollado, en el curso del año, correspondiente a dinámica rotacional se ha realizado una introducción teórica del movimiento giroscópico, mostrando un sencillo ejemplo. Con la intención de generar otro enfoque y que sea contado por pares es que se ha incluido este punto en el temario a elección.

Generalmente, tras los años, han sido muy interesantes las soluciones prácticas encontradas por los estudiantes para explicarlas, mostramos como ejemplo un par de casos que sirven para confirmar lo que se está diciendo.

En primer lugar, se trata de una llanta de bicicleta a la que se le aumentó la masa externa para aumentar el momento de inercia, instalada sobre una llanta de automóvil y sostenida por estructura de caños con los pivotes necesarios para que pueda girar y oscilar, de esta manera, con imprimir manualmente un movimiento de rotación a la llanta de bicicleta y dejarla en libertad se puede apreciar con claridad el movimiento de **precesión** y también, una vez que está girando, el de **nutación**. (Figura 3).

En el segundo caso, se incorporó un giróscopo construido por el grupo de alumnos, en el que se pueden apreciar todos los ejes del movimiento. Para la demostración impulsan con un movimiento de rotación al disco central y luego se puede inclinar o girar en cualquier ángulo o cualquier dirección, mostrando la permanencia de la dirección del eje de rotación del disco central, (figura 4), este es un ejemplo del horizonte artificial de un avión.



Figura 3. Giróscopo construido a partir de una llanta de bicicleta.



Figura 4. Giróscopo construido por los alumnos para mostrar los ejes del movimiento.

3.1.4. Leyes de Kepler

A manera de ejemplo de las presentaciones uno de los grupos de alumnos en el momento en que explican al resto del curso las leyes de Kepler y la ley de la Gravitación Universal. En la misma imagen también se puede apreciar una maqueta aclaratoria de la relación de áreas que plantea la ley.



Figura 4 Un grupo de alumnos explicando las leyes de Kepler.

4. Discusión

Como dijimos anteriormente, el desarrollo del curso de Física I para los alumnos ingresantes a las carreras de ingeniería suele ser en general de un rendimiento menor al esperado.

La metodología habitual para la promoción de la materia es mediante el dictado de clases, por parte del cuerpo docente y la aprobación de los exámenes parciales o finales, por parte de los alumnos.

El nivel alcanzado, en general, desde hace unos años es preocupante por el resultado de las evaluaciones pero también por la falta de interés y dedicación mostrado por los alumnos a lo largo del año. Por tal motivo, y con la intención de lograr mayor motivación se comenzó con esta propuesta.

Al principio la misma no fue implementada formalmente, por el contrario casi de forma complementaria y sin un contenido académico. Sin embargo, el interés mostrado por los alumnos, que año tras año participaban, demostró que debíamos darle importancia formal y académica, de manera que estos estudiantes pudieran aprovechar este trabajo para incrementar su rendimiento y sus notas.

Es por ello que en la actualidad, los trabajos de presentaciones están incluidos en las calificaciones parciales mediante la incorporación de un porcentaje en la nota final del cuarto y último parcial que se realiza a lo largo del año.

A partir de la implementación de esta experiencia de trabajo, los alumnos han demostrado un aumento importante en el interés y la dedicación que le prestan al desarrollo de la materia.

Analizando los resultados de más de siete años de aplicación queda claro la necesidad de continuidad y la profundización de esta metodología.

5. Conclusión

Después de algunos años realizando esta experiencia con los cursos de Física I en el primer año de las carreras de ingeniería se puede concluir que, al momento de la realización de estas presentaciones, los alumnos se muestran con una disposición que no fue la común a lo largo del desarrollo del año.

Además, se ha observado que aquellos estudiantes que en los parciales rendidos hasta la fecha de las presentaciones no habían alcanzado niveles importantes, mejoran notablemente sus resultados.

Por otra parte, podemos concluir que, en líneas generales, la actitud de los alumnos cambia al tener que presentar el tema al resto de la clase, en el frente, con el pizarrón, o con las proyecciones, mostrándose seguros y con una buena capacidad de desenvolvimiento.

Queda como desafío para la cátedra seguir profundizando en mejorar los resultados obtenidos, como así también, elaborar propuestas similares, aunque de menor tiempo de trabajo, a lo largo del año para mantener la motivación del alumno y mejorar el nivel académico.

6. Referencias:

[1] S. Ragout de Lozano & A. Cesanti de Díaz, El discurso del profesor y el discurso del alumno en el aula de Física: ¿cómo lo aproximamos?, Experiencias docentes en Ingeniería, pagina 381, año 2006, ISBN 987-05-1360-3.

[2] Silvia Ragout de Lozano, Indina Jorrat, Eduardo Cohen, El problema de la lecto -escritura en los primeros cursos de Física en una facultad de ciencias exactas e ingenierías, Sociedad Argentina de Estudios Comparados.

[3] Isabel Solé, Disponibilidad para el aprendizaje y sentido de Aprendizaje, El Constructivismo en el Aula, Capítulo 2, Año 1999. Editorial Graó.

INVESTIGACIÓN-DOCENCIA EN 'PLANIFICACIÓN URBANA SUSTENTABLE' ASIGNATURA DE INGENIERÍA CIVIL DE UTN.BA

José Luis Verga, Ingeniería Civil, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, arqjlv@yahoo.com.ar

Resumen— El proyecto de investigación y desarrollo denominado 'Diagnóstico sobre incidencia de las vías de comunicación terrestres, como barreras o centralidades, en la sectorización barrial. Caso Villa Luro', 2012-2013, (director Esp. Ing. Amb. / Arq. José Luis Verga) concluye con resultados que muestran el grado de desvinculación existente entre distintos sectores del barrio, perteneciente a la comuna 10 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. La asignatura 'Planificación urbana sustentable', del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de UTN.BA involucra en su teoría y en su práctica macro temáticas como la de Comunidad, Sustentabilidad, Planificación de ciudades sostenibles, Ambiente, Planificación, Urbanismo y Diseño de proyectos complejos, situación que permite tomar los resultados de aquella investigación para que, durante 2014, pueda realizarse un trabajo práctico anual desarrollado en tres etapas denominado 'Solución socio-urbana-tecnológica de vinculación barrial' con la intención de conseguir incorporar en los estudiantes dicha problemática para que puedan plantear sus distintas propuestas. El desarrollo de la práctica apela a un modo particular en la utilización de técnicas metodológicas que, de alguna manera, podrían ser tomadas como 'innovación educativa' respecto al modo tradicional de enseñanza de la Ingeniería, con la pretensión de lograr una formación de futuros profesionales que puedan aportar una mirada diferente respecto a soluciones sociales, urbanas y tecnológicas en ámbitos interdisciplinarios donde requieran su participación.

Palabras clave— *Investigación-asignatura, solución socio-urbana-tecnológica, modo particular de enseñanza-aprendizaje, ingeniería civil.*

1. Introducción

El proyecto de investigación y desarrollo denominado '*Diagnóstico sobre incidencia de las vías de comunicación terrestres, como barreras o centralidades, en la sectorización de barrios. Caso Villa Luro*' fue propuesto debido a que existe una problemática presente en muchos barrios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y también en aglomeraciones humanas de distintos niveles de complejidad como es la sectorización físico-espacial y social-urbana de áreas pertenecientes a un mismo ámbito.

El barrio de Villa Luro que, junto a los de Versalles, Villa Real, Monte Castro, Vélez Sarsfield y Floresta integran la Comuna 10 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, está delimitado, desde lo administrativo-político-jurisdiccional, por la Av. Emilio Castro, Escalada, Av. Juan B. Alberdi, Medina, Av. Rivadavia, Av. Canónigo Miguel Calixto del Corro, Av. Juan B. Justo, Av. Lope de Vega, Av. Álvarez Jonte, Irigoyen, Av. Juan B. Justo,

Bacacay, Irigoyen, vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento, Anselmo Sáenz Valiente, Albariño. (Figs. 1 a 4)

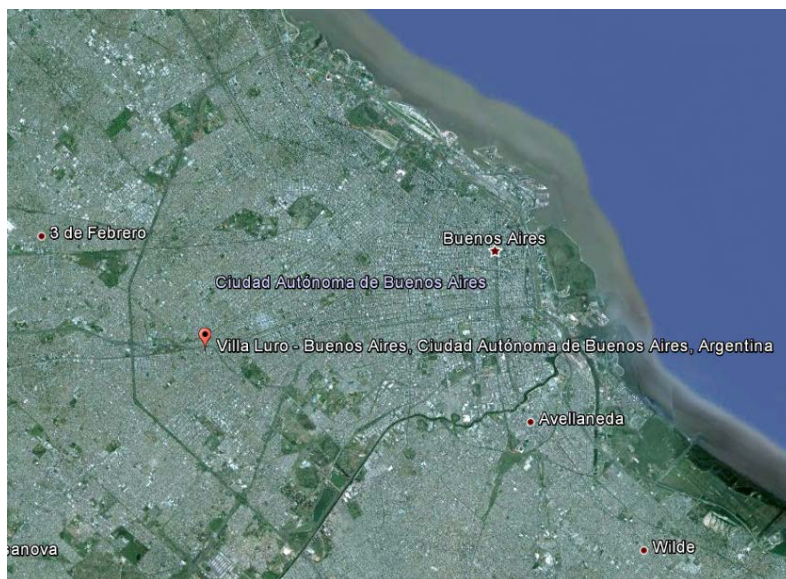


Fig. 1 - Ubicación de Villa Luro, C.A.B.A.
Fuente: Google

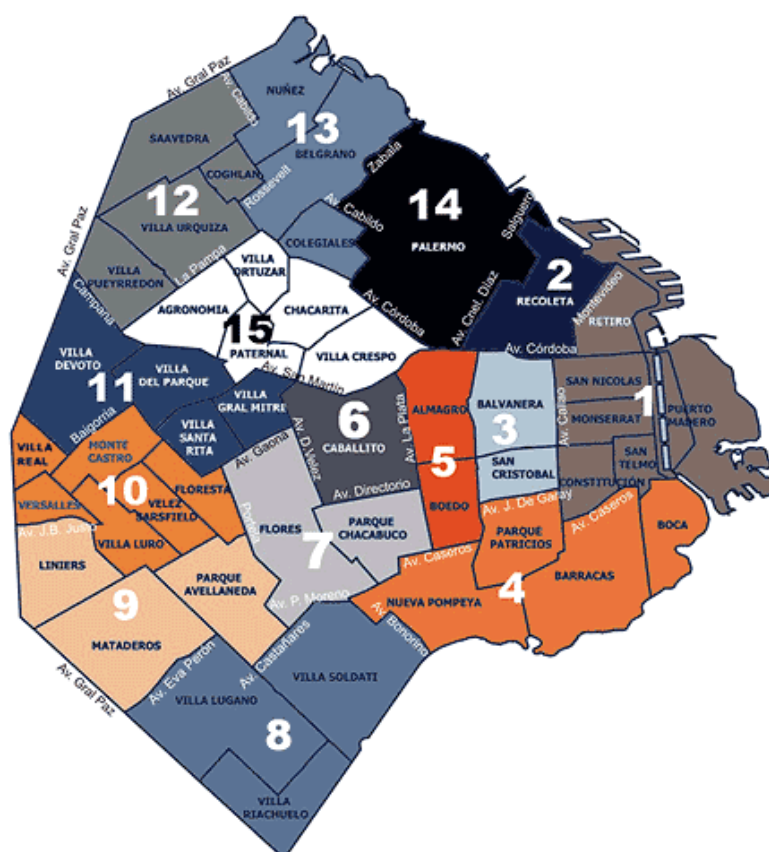


Fig. 2 - Comunas y barrios, C.A.B.A.
Fuente: G.C.B.A.



Fig. 3 - Comuna 10, C.A.B.A.
Fuente: elaboración propia

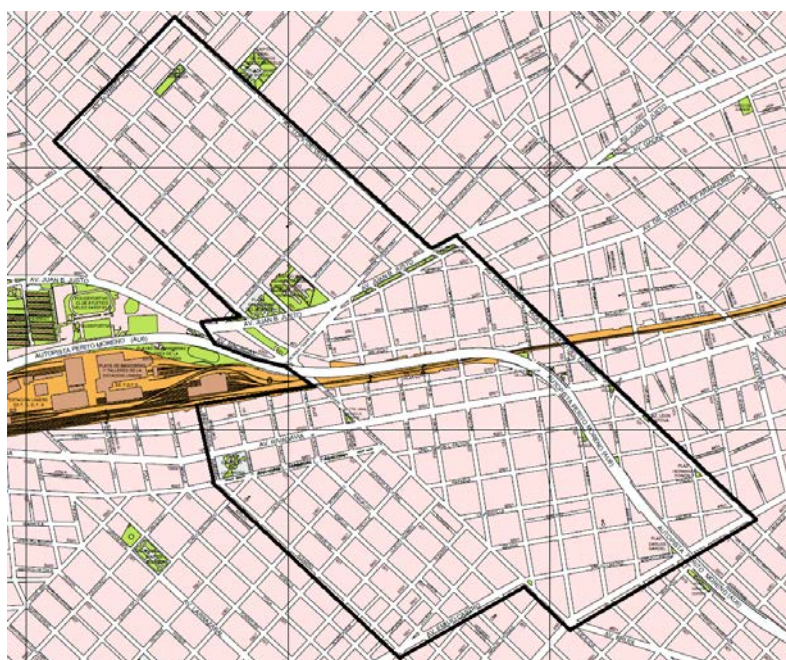


Fig. 4 - Límite de Villa Luro, C.A.B.A.
Fuente: elaboración propia

La elección como ‘caso’ se motiva debido a que presenta la particularidad de una conformación físico-espacial con dirección Norte-Sur que es atravesada en sentido Este-Oeste por una serie de elementos urbanos que generan una sectorización primaria entre el área norte y el área sur de Villa Luro.

Quienes potencian tal sectorización son, desde su conformación como barrio, el Arroyo Maldonado con sentido Oeste-Este, pero también con posterioridad, ya con sentido Este-Oeste por su criterio radial en el tendido, el ex FFCC Domingo F. Sarmiento, la Avenida Rivadavia, la Av. Juan B. Justo, la Autopista Perito Moreno AU6 y el Sistema de transporte denominado ‘Metrobus’ que circula por Av. Juan B. Justo.

Las vías de comunicación terrestre, vehiculares y férreas, actúan como divisorias debido a que atraviesan el barrio en su totalidad en un área que no supera los 400 metros en su ancho. Además, polarizan la sectorización Norte-Sur dos centralidades de las denominadas ‘Centro comercial a cielo abierto’, que se ubican, una en el límite norte y noreste del barrio y la otra, de menor valor pero también influyente, en el límite sureste y sur de Villa Luro. (Fig. 5)



Fig. 5 - Barreras y centralidades, Villa Luro, C.A.B.A.
Fuente: elaboración propia

Las conclusiones alcanzadas en aquella investigación (2012-2013) arrojaron los siguientes resultados

La diferenciación espacial entre el norte y el sur se da a través de un eje referencial este-oeste que no es el de las vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento sino el de la Av. Juan B. Justo.

La proximidad vecinal entre habitantes del sector norte de Villa Luro con otros de sectores barriales lindantes como los de Versalles, Monte Castro y Vélez Sarsfield pudo verificarse pero además, la desvinculación con aquellos que se ubican, dentro del mismo barrio, al sur de la Av. Juan B. Justo.

La centralidad existente como nodo / senda en Av. Álvarez Jonte y Av. Lope de Vega debido a la existencia de un ‘centro comercial a cielo abierto’ aglutinante de los barrios mencionados acentúa la situación indicada precedentemente.

Los habitantes ubicados entre la Av. Juan B. Justo y la Av. Rivadavia, se encuentran en una situación de aislamiento y de ausencia de identificación ya que no pertenecerían al sector norte ni al sector al sur de las vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento.

Vecinos que habitan desde las vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento hasta algunas cuadras al sur de la Av. Rivadavia son quienes se identifican fuertemente con la etapa fundacional de Villa Luro, en torno a su estación de ferrocarril y centran su atención desde lo comercial en la Av. Rivadavia entre Av. Canónigo Miguel Calixto del Corro/Medina e Irigoyen/Escalada y más específicamente en su intersección con la Av. Lope de Vega.

Finalmente a aquellos otros que se ubican en el sector cercano a la Av. Emilio Castro y Av. Juan B. Alberdi les sucede una situación similar a los del sector norte del barrio debido a que su centralidad, de menor jerarquía, es causante de la vinculación con vecinos de otros sectores barriales lindantes como Vélez Sarsfield dentro de la Comuna 10 y Liniers, Mataderos y Parque Avellaneda, pertenecientes a la Comuna 9. (Fig. 6)



Fig. 6 - Vinculaciones vecinales
Fuente: elaboración propia

La asignatura ‘Planificación urbana sustentable’ (PLUS) del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional que, desde 2014, reemplaza a Diseño Arquitectónico Planeamiento y Urbanismo II incrementa fuertemente el contenido temático de la anterior formalizando un programa analítico que incluye temas-marco como Comunidad, Sustentabilidad, Ambiente, Planificación de ciudades sostenibles, Planeamiento, Urbanismo, Metodologías de Evaluación de Obras Complejas y Diseños de Proyectos Complejos [1].

Sus contenidos particulares son los siguientes: Origen y Tipologías Global - Particular - Intencional, en ‘Comunidad’ [2]; Carta de la Tierra y Criterios de Sostenibilidad, en ‘Sustentabilidad’; Impacto Ambiental y su Evaluación (EsIA/EIA), Impacto Territorial y su Evaluación (EsIT/EIT), Huella Ecológica, Capacidad de Carga, Socio-política ambiental, en ‘Ambiente’ [3]; Acercamiento entre Agendas Verde y Marrón, Planificación - Estructura espacial de ciudades - Ofertas de infraestructura, Construcción de un nuevo papel para la planificación urbana, en ‘Planificación de Ciudades Sostenibles’; Región, Planes, Sistema urbano - Metodología, Planeamiento – Metodología, Transporte, en ‘Planeamiento’ [4] [5]; Paleo-urbanismo, Urbanística, Urbanismo, Nuevos Principios, Urbanismo Alternativo, Ciudad, en ‘Urbanismo’ [4] [2]; Metodología, en ‘Evaluación de Obras Complejas’ [5]; Estrategia, Diseño, en ‘Diseño de proyectos Complejos’.

Lo correspondiente a la práctica se desarrolla a través de un trabajo único que en 2014 presenta una fuerte vinculación con el Proyecto de Investigación y Desarrollo denominado 'Diagnóstico sobre vías de comunicación terrestres como barreras o centralidades en la sectorización de barrios. Caso Villa Luro' debido a que toma precisamente el resultado del mismo para generar una propuesta a realizar en tres etapas durante todo el ciclo lectivo.

2. Marco teórico

2.1 Socialización barrial

El barrio es una organización político - administrativa de las ciudades que da origen a subdivisiones territoriales las que, con el desarrollo histórico, van recreando en su dinámica interna aspectos de identificación, fortaleciendo en los vecinos el sentido de pertenencia, eje básico de la integración social. Se constituyen así construcciones simbólicas en territorios fijos conformando a cada uno de ellos [6].

También una 'Unidad urbanística identificable', constituyendo un sistema organizado de relaciones a menor escala que la ciudad, y que se presenta como asiento de una comunidad urbana reconocible [7].

Su escala debiera permitir la participación de sus habitantes de manera directa, sin la delegación a representantes, situación que permitiría el fortalecimiento de la democracia urbana, reconociéndose que la ausencia de barrios generaría una aglomeración pero no vida colectiva [8].

La identidad barrial supone compartir la pertenencia a un conjunto social particular, donde la unión de vecinos se daría por la proximidad, los afectos recíprocos, el territorio compartido, los símbolos locales, la historia del lugar y las problemáticas y proyectos en común, relaciones que despiertan solidaridades, descubren afinidades y generan acciones en común dentro de un espacio físico territorial, sentido como terruño [8].

Estas construcciones imaginarias pueden presentarse como lo 'deseado' por los grupos populares que conforman el barrio, sobreponiéndose con el barrio real o solapándose con las influencias de los barrios contiguos [6].

La configuración de un barrio debiera incluir límites físicos bien establecidos, tejidos bien estructurados y fuertes centros de convergencia que permitan reconocer tres elementos estructuradores como la demarcación de territorio, la claridad del tejido urbano y el carácter del área central en la percepción final de la imagen física del territorio y el funcionamiento de la comunidad barrial.

El descubrimiento del sentimiento mayoritario de la población con respecto a la dimensión y a los límites de su barrio sería un aspecto primordial a tener en cuenta en cualquier intervención en un sector urbano.

En el devenir histórico de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires es confundido, desde el ámbito de gobierno, el barrio vivo y real con jurisdicciones administrativas que, inicialmente constituyeron unidades socio-territoriales pero que, en la actualidad, son reconocidas por los vecinos como disociadas, debido a que: a) resultan extensas por efecto de la conurbación y del incremento de la densidad poblacional; b) funcionan como áreas administrativas para la provisión de servicios a infraestructura urbanos (policía, sanidad, correo, teléfonos); c) son atravesadas por un número importante de vías de comunicación terrestres, tanto vehiculares como férreas, que actúan como barreras, por tanto no se corresponden con la noción del barrio real.

2.2 Conceptos clave

Se mencionan y describen aquellos que presentan cierta relevancia respecto a los de comunidad, comunidad intencional, región plan, sistema urbano, urbanismo alternativo, barrio.

2.2.1 Centralidades

Una centralidad o 'centro' puede ser definida como el lugar geográfico con un específico contenido social asociado a las funciones de integración de elementos del conjunto de la ciudad, a la coordinación de actividades y a la simbología. La centralidad geográfica y la consideración de una entidad espacial inmutable, no implica la noción de centro urbano sino que hace referencia a la dinámica respecto a cada momento histórico en relación con el resto de la ciudad, siendo esta noción de centro urbano fundamentalmente sociológica, pero que hace necesaria la delimitación de sus formas y sus características propias [9].

2.2.2 Barreras

En sentido amplio, es toda estructura del entorno que se opone a la independencia y valimiento de la persona con o sin discapacidad. Las limitaciones o imposibilidades en ese entorno no existirían si no se encontraran presentes las denominadas como 'arquitectónicas', en edificios públicos o privados como lugar de acceso ocasional, puesto de trabajo, vivienda o

recreación; 'urbanísticas', en la estructura y mobiliario urbanos, sitios históricos y espacios libres públicos y privados; 'en el transporte' en el sistema de movilidad mecanizada pública y privada; 'en la comunicación' en los sistemas televisivos, telefónicos, informáticos y de señalización. La situación ideal debiera alcanzarse por caminos no coincidentes pero convergentes a través de la planificación, el diseño sin barreras y la adaptabilidad al medio físico existente [10].

2.2.3 Vías de comunicación

Conjunto de elementos, tales como calles, carreteras, vías férreas, canales y ríos navegables, líneas aéreas y demás, que permiten la circulación tanto local, como regional o internacional [4].

Le Corbusier ha clasificado a la calle, denominación genérica de las vías de circulación urbanas, según sus funciones e importancia por categorías cuyos extremos opuestos son la autopista (para grandes comunicaciones) y los paseos y calles arboladas [11]. Se toma como idea de vía de comunicación terrestre, a aquella asociada estrictamente a la vía pública, entendiéndose como tal a senderos peatonales, vehiculares, calles y avenidas de tránsito de libre acceso, elementos urbanos conformadores de espacios donde sea posible el desplazamiento en situación urbana, interurbana o de enlace.

En el New Urbanism y en el New Pedestrianism, considerados movimientos alternativos dentro del urbanismo clásico moderno, se prioriza en distinto grado la desvinculación entre el peatón y el vehículo en vías de comunicación terrestres [2].

3. Transferencia investigación-docencia

'Diagnóstico sobre incidencia de las vías de comunicación terrestres, como barreras o centralidades, en la sectorización barrial. Caso Villa Luro', proyecto de investigación y desarrollo, 2012-2013, (director Esp. Ing. Amb. / Arq. José Luis Verga) se ha tomado, durante 2014, como referente para la realización del trabajo práctico en la asignatura 'Planificación urbana sustentable', del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

En el trabajo práctico se implementa de un modo lineal la transferencia investigación-asignatura desde el momento en el que se formula como tema la propuesta de una solución 'socio-urbano-tecnológica de vinculación barrial' que responda a los resultados del PID, mencionados precedentemente y a la interpretación de las conclusiones de ese mismo PID que podrían generar de alguna manera una serie de propuestas alternativas que posibiliten la identidad y pertenencia de vecinos a su sector barrial, barrio o comuna, según se supongan diferentes situaciones teniéndose presente el grado de desvinculación del norte y el sur de Villa Luro.

Dicha interpretación parte de asumir que la actividad barrial merece ser reforzada y que los sectores urbanos marginados o relegados de una pertenencia barrial deberían ser integrados a barrios existentes o estructurados en nuevas unidades barriales, situación que permite la formulación de distintas propuestas.

En primer término, sería apropiado establecer una delimitación nueva de barrio o una subdivisión barrial que genere una vinculación del vecino con su territorio, apropiación que en el caso del sector norte quedaría delimitado por Av. Álvarez Jonte, Av. Lope de Vega, Av. Juan B. Justo e Irigoyen mientras que en el sur por Av. Juan B. Justo, Av. Canónigo Miguel Calixto del Corro, Av. Rivadavia, Medina, Av. Juan B. Alberdi, Escalada, Av. Emilio Castro, Albariño, Anselmo Sáenz Valiente, vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento, Irigoyen, Bacacay, teniéndose en cuenta aquello de la pertenencia a un lugar.

Tal formulación aunque adecuada sería de alguna manera simplista porque partiría de interpretar que ante una desvinculación social le correspondería un paralelismo en lo físico-urbano, olvidando que la conformación de la ciudad en barrios estructura la vida colectiva, situación que, consecuentemente, debería ser cuidadosamente conservada.

En segundo término, si se tuviera la posibilidad de formular una redefinición de la delimitación barrial a escala de ciudad se podría plantear, desde una interpretación particular, la apropiación de territorio por vecinos, independientemente del área a la que pertenecen en la actualidad, situación que posibilitaría una readecuación respecto a la contraposición evidente entre la construcción psico-social y la delimitación administrativa-política-jurisdiccional vigente.

Extender el tejido social, debilitar centralidades preexistentes o diluir límites barriales, implicaría fortalecer prácticas proyectuales que destruirían el espacio comunitario urbano desestructurando su vida social.

Cuando se trabaja a escala de barrio o de su centralidad, los objetivos consistirían en la clarificación de la identidad, la provisión del máximo nivel de equipamiento, el refuerzo de las actividades colectivas y el acrecentamiento del poder de convocatoria del centro, que permitirían la caracterización del área central.

La ubicación de equipamiento colectivo sobre los límites de un sector o barrio, pensado como elemento de integración social con el entorno generaría resultados contrapuestos según situaciones particulares.

En caso de un barrio o sector barrial socialmente configurado, el criterio resultaría negativo debido a que provocaría el debilitamiento de la identidad barrial y de la significación del centro preexistente y además introduciría confusión en el sistema de vínculos preestablecidos. Desde una visión más amplia, obviando la identidad particular de un barrio o sector barrial, resultaría efectiva debido a que se lograría la unificación de barrios lindantes con la consiguiente integración vecinal.

En tercer término se podría relacionar la apropiación de espacios públicos dentro del área de referencia (sector barrial, barrio, comuna) entendidos desde su refuncionalización y reintegración, que posibiliten la formulación de alguna tipología de centralidad socio - urbano - tecnológica que aúne nodos, sendas y demás características urbanas preexistentes o nuevas, desde lo significativo-simbólico, valorizando la identidad y pertenencia barrial.

4. Trabajo práctico

4.1 Lineamientos generales

La denominación del tema ‘Propuestas socio-urbano-tecnológicas de vinculación de sectores barriales. Caso Villa Luro’, se propone como trabajo práctico de duración anual a desarrollar en tres etapas consecutivas dentro del ciclo lectivo 2014.

Parte de ‘caracterizar la propuesta’ en la primera etapa; del ‘reconocimiento y determinación del área de implantación’ en la segunda y, finalmente, del ‘diseño de la propuesta’ en la tercera.

En la primera etapa de ‘caracterización’ se toman como referentes publicaciones y presentaciones vinculadas al PID mencionado oportunamente, se implementan tareas de campo y se realizan tareas de elaboración en laboratorio/gabinete que permiten concluir con un informe final.

En la segunda etapa de ‘reconocimiento y determinación del área de implantación’ las tareas de campo junto a las de elaboración en laboratorio/gabinete permiten la obtención de un informe final.

En la tercera etapa de ‘diseño de la propuesta’ se trabaja únicamente en tareas de elaboración en laboratorio/gabinete para alcanzar un nivel de entrega de documentación gráfica y escrita que permita la comprensión de la posible solución a la problemática planteada como tema de trabajo práctico. [1]

4.2 Resultados

De la formulación de ‘Propuestas socio-urbano-tecnológicas de vinculación de sectores barriales. Caso Villa Luro’, presentadas por estudiantes del ciclo 2014 en ‘Planificación urbana sustentable’ se muestra un ejemplo representativo.

4.2.1 Trabajo Maraboli - Quispe – Sardón [12]

Memoria descriptiva: Se parte de tomar como referencia aquello precedentemente enunciado en ‘transferencia investigación-docencia’ respecto a la posibilidad de poder relacionar la apropiación de espacios públicos dentro del área de referencia (sector barrial, barrio, comuna) entendidos desde su refuncionalización y reintegración, que posibiliten la formulación de alguna tipología de centralidad lineal socio-urbano-tecnológica que aúne nodos y sendas preexistentes o nuevas, desde lo significativo-simbólico, valorizando la identidad y pertenencia barrial.

Inicialmente se propone involucrar las siguientes arterias como Av. Álvarez Jonte, Av. Lope de Vega, Av. Juan B. Justo, Av. Gral. César Díaz, Irigoyen, Av. Escalada y Av. Cnel. Ramón Falcón en la conformación de una linealidad que se la trabajará por tramos, siendo el primero aquel que se extiende por la Av. Lope de Vega desde la Av. Álvarez Jonte hasta la Av. Juan B. Justo; el segundo el de la intersección de las avenidas Juan B. Justo y Lope de Vega y su continuación por la Av. Gral. César Díaz hasta Bacacay; el tercero el de Irigoyen entre Av. Gral. César Díaz y Av. Rivadavia y su continuación por la Av. Escalada hasta la Av. Cnel. Ramón Falcón; el cuarto el de la Av. Cnel. Ramón Falcón entre la Av. Escalada y Albariño.

La proposición de un acomodamiento dimensional de las vías de comunicación dentro de cada tramo pretende privilegiar su recorrido de manera peatonal por sobre el de manera vehicular (Figs. 7 a 10).

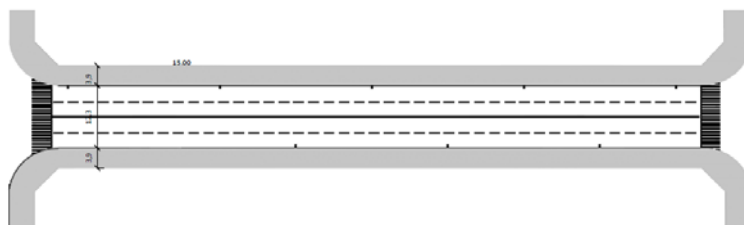


Fig. 7 - Acomodamiento Tramo 1
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

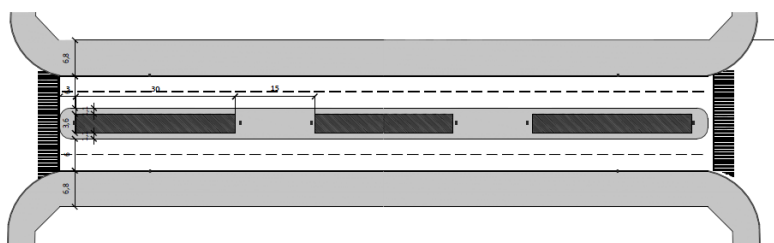


Fig. 8 - Acomodamiento Tramo 2
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón



Fig. 9 - Acomodamiento Tramo 3
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

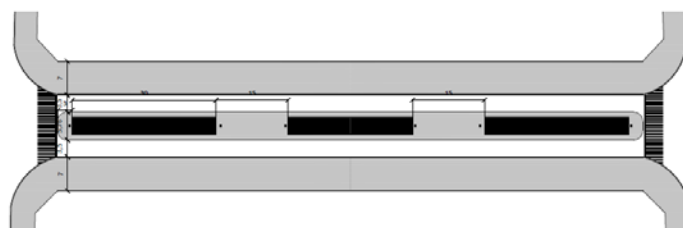


Fig. 10 - Acomodamiento Tramo 4
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

En una segunda etapa a través de un estudio de campo pudo ser observada una cantidad importante de locales dedicados a la actividad gastronómica como así también una edificación, desde hace tiempo deshabitada, en un predio ubicado en la Av. Lope de Vega entre Camarones y A. M. Cervantes que exigió su relevamiento por tramos.

Tabla 1. Locales gastronómicos y edificio deshabitado

Nº	Denominación	Ubicación
Tramo 1		
1	Pizzería 'El Fortín'	Av. Álvarez Jonte 5287
2	Pizzería 'Monte Castro'	Av. Lope de Vega 1650
3	Pizzería y Café 'Il Ritorno'	Av. Lope de Vega 1599
4	Confitería 'Miranda'	Av. Lope de Vega 1507
5	Sandwichería y Cervecería 'Claro'	Av. Lope de Vega 1400
6	Pizzería 'El barba'	Av. Lope de Vega 1302
7	Restaurante 'Pascale'	Av. Lope de Vega 1096
8	Edificio deshabitado	Av. Lope de Vega 1000
9	Restaurante 'La Oficina'	Av. Lope de Vega 990
10	Pizzería 'Fragazzi'	Av. Lope de Vega 900
11	Restaurante 'Pastas al paso y algo más'	Av. Lope de Vega 700
12	Restaurante 'El griego'	Av. Juan B. Justo 7955
Tramo 2		
13	Restaurante 'Vicente'	Av. Juan B. Justo 8070
14	Heladería 'Sandro'	Av. Juan B. Justo 8200
Tramo 3		
15	Bar de tapas 'Habemus'	Irigoyen 39
Tramo 4		
16	Heladería	Av. Cnel. Ramón Falcón 5438
17	Restaurante 'Tico and Todo – Mexican Food'	Av. Cnel. Ramón Falcón 5502
18	'Pizza y helados'	Av. Cnel. Ramón Falcón 5576
19	RestoBar 'Boulebar Pascon'	Av. Cnel. Ramón Falcón 5600

Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

Teniéndose en cuenta lo arrojado por el relevamiento efectuado a modo de estudio de campo se plantea la propuesta de un recorrido que tendrá en cuenta las ubicaciones de los locales y edificación relevados para poder generar una centralidad de tipología lineal que aglutine a los habitantes del sector norte y sur del barrio.

Desde esa intencionalidad se propone un circuito gastronómico-cultural que partiendo de la intersección de la Av. Álvarez Jonte con Av. Lope de Vega, nodo representativo del sector norte de Villa Luro, finalice en la plaza Ejército de los Andes, espacio verde representativo del sector sur del barrio, incluyéndose la refuncionalización del edificio deshabitado para transformarlo en un Centro Cultural Barrial, haciéndose necesaria la formulación, desde lo legal-administrativo, de un cambio de usos en el Código de Planeamiento Urbano vigente para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para permitir que determinadas vías de comunicación afectadas al circuito dejen de pertenecer al distrito R2BII para incorporarse como distrito C3II pretendiéndose una uniformidad de criterios del espacio urbano en toda su extensión. (Figs. 11 a 14)

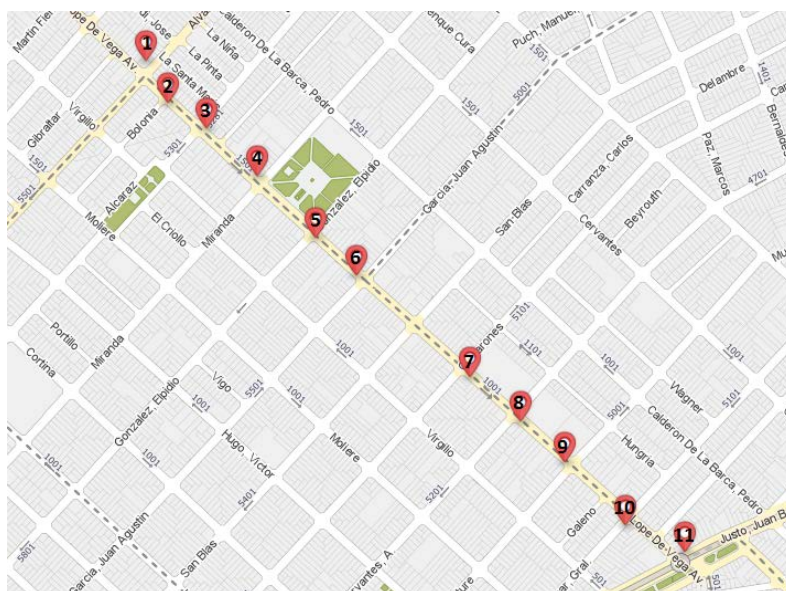


Fig. 11 - Locales gastronómicos en Tramo 1
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón



Fig. 12 - Centro cultural barrial
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

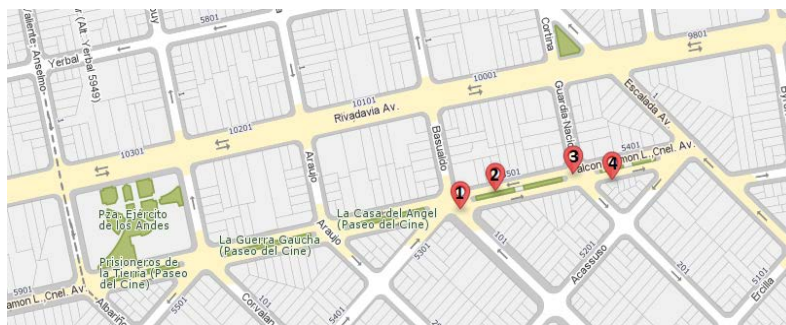


Fig. 13 - Locales gastronómicos en Tramo 4
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón



Fig. 14 - Circuito completo
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

En un sector específico del circuito se propone la expropiación de construcciones existentes para el logro de una vinculación norte-sur más efectiva mediante la generación de un espacio verde vinculado a otro existente enfrente de éste (Figs. 15 y 16).



Fig. 15 - Expropiación x Plaza
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

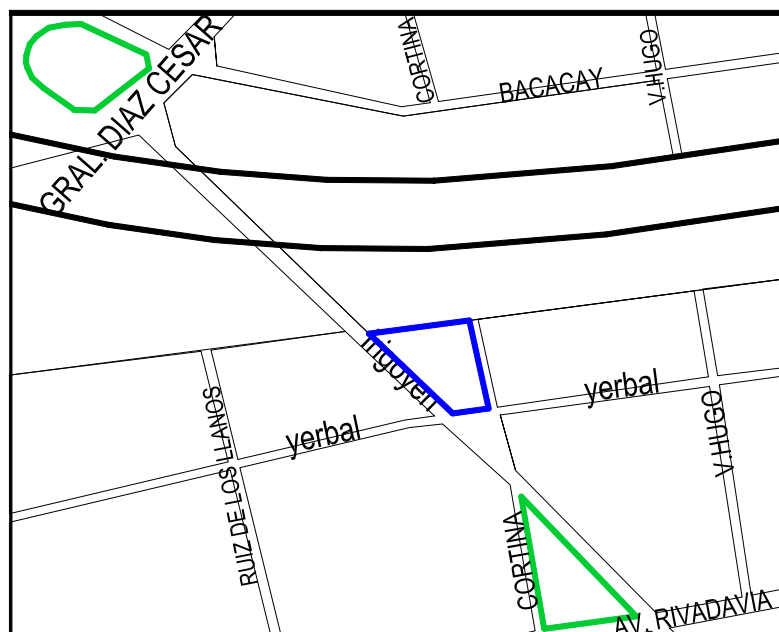


Fig. 16 - Expropiación para una Plaza
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

Desde la visión ambiental y sustentable se indica un sistema de iluminación de los conocidos como ‘de bajo consumo’ y la no utilización de equipamiento urbano realizado con elementos no sustentables.

Finalmente se readequa el sentido de circulación vehicular en todas las vías de comunicación que son parte integrante del circuito gastronómico-cultural (Fig. 17).

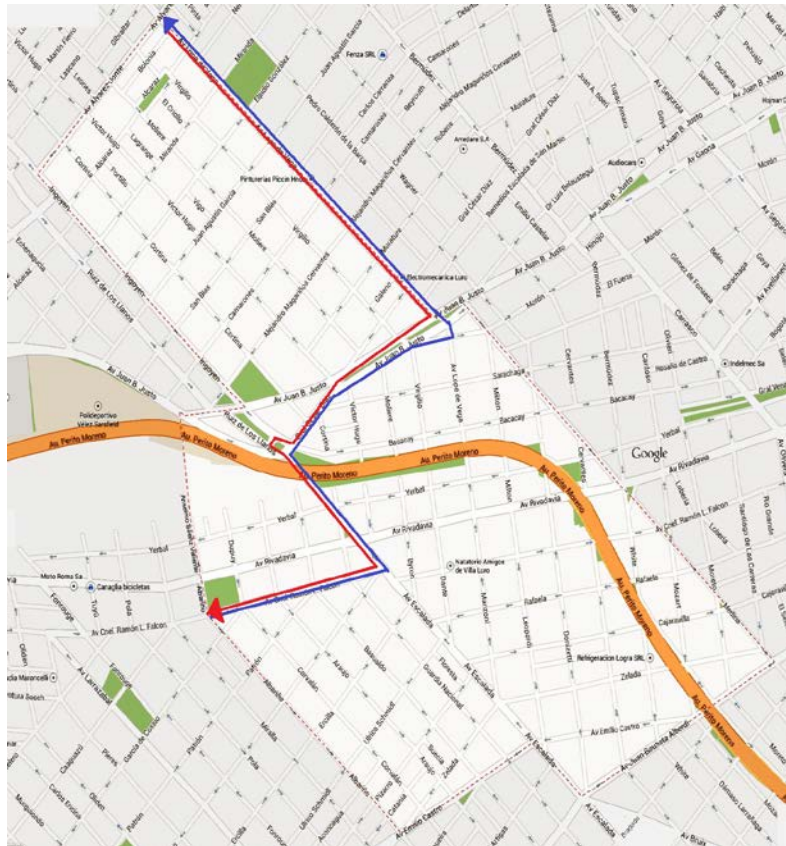


Fig. 17 - Circulación vehicular
Fuente: Maraboli-Quispe-Sardón

5. Conclusiones

La asignatura ‘Planificación urbana sustentable’, del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, pretende conseguir una formación donde lo social, lo urbano, lo ambiental-sustentable y lo tecnológico sean fundamentales para que, los futuros egresados, propongan proyectos en los cuales se observe la inclusión de todas las personas a través de la no presencia de barreras que puedan generar situaciones de algún tipo de discriminación.

El abordaje se logra según la metodología indicada precedentemente mediante una manera de enseñanza-aprendizaje particularmente diferente a la que se le suma la idea de la ponderación de la libre elección como modo para el logro de diversidad, creatividad, profundidad y calidad en los resultados.

Resulta indispensable el apoyo del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, a través de su Director Ing. Silvio Bressan, quien brega por alcanzar objetivos más elevados en cada ciclo lectivo, condicionando positivamente a los docentes-investigadores a la implementación de innovación educativa de manera permanente.

6. Referencias bibliográficas

- [1] VERGA, J. L., 2014, *Desarrollo programático anual*, Planificación urbana sustentable, CEIT / UTN.BA
- [2] VERGA, J. L., 2011, *Comunidad, Urbanismo alternativo, Nuevos principios del urbanismo*, DAPyU II, P5DT7, CEIT / UTN.BA

- [3] VERGA, J. L., 2007, *Ambiente*, DAPyU II, P5DT6, CEIT / UTN.BA
- [4] VERGA, J.L., 2003, *Urbanismo y Planeamiento*, DAPyU II, P5DT1, CEIT / UTN.BA
- [5] VERGA, J. L., 2004 *Metodología*, DAPyU II, P5DT3, CEIT / UTN.BA
- [6] BADO, M. S., 2012, '*Monografía sobre Barrio*' para Informe de Proyecto de Investigación + Desarrollo '*Diagnóstico sobre incidencia de las vías de comunicación terrestres, como barreras o centralidades, en la sectorización de barrios. Caso Villa Luro*', C.A.B.A., Argentina
- [7] BURAGLIA, D., 1999, '*El barrio, desde una perspectiva socio-espacial. Hacia una redefinición del concepto*' en RIZO, M., 2006, '*Conceptos para pensar lo urbano*' IADE/ Realidad Económica, Bs. As., Argentina
- [8] DEL FRANCO, C.; GARCÍA FAHLER, G.; LADIZESKY, J. 2008, '*Elementos para una política de recuperación del uso del espacio público barrial como soporte de la vida comunitaria*', Revista Notas n° 1, CPAU, C.A.B.A., Argentina
- [9] CASADO GALVÁN, I., 2010, *Apuntes para la delimitación y estudio del centro urbano*, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, enero 2010, www.eumed.net/rev/cccss/07/icg.htm
- [10] AMENGUAL, C., 2010, *Barreras Físicas, Discapacidad visual hoy, Aportes sobre la visión diferenciada*. UBA
- [11] PETRONI, C. A.; KRATZ DE KENIGSBERG, R., 1966, *Diccionario de urbanismo*, Cesarini editores
- [12] MARABOLI, I. G.; QUISPE, C. M.; SARDON, F. A., 2014, *Trabajo Práctico 'Propuestas socio-urbano-tecnológicas de vinculación de sectores barriales. Caso Villa Luro', Planificación urbana sustentable, UTN.BA*

De lo ideal a lo real. Cuando los modelos se aproximan a la realidad

Gabriel Guillermo Attilio, IEC EMEIPACIBA ,UTN Regional La Plata,
gabriel_attilio@hotmail.com

Magdalena Pignataro, IEC EMEIPACIBA ,UTN Regional La Plata,
malenapignataro@yahoo.com.ar

Eugenio Devece, IEC EMEIPACIBA,UTN Regional La Plata, IMApEC Facultad de Ingeniería de la Plata. UNLP, eugdvc@gmail.com.

Resumen

El siguiente trabajo desarrolla la articulación horizontal y vertical de las asignaturas Física I, Análisis matemático I y Análisis matemático II correspondientes a la carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional regional La Plata.

Estudiaremos la situación problemática de un fluido circulando por una tubería cilíndrica horizontal de sección circular bajo las condiciones de que dicho líquido fluya en régimen laminar y tenga viscosidad constante.

La idea es que los alumnos correlacionen distintos conceptos vistos en primer año en las materias Física I (fuerzas e hidrodinámica) y Análisis I (derivada e integración) y en segundo año en la materia Análisis II (derivadas parciales, ecuaciones diferenciales y campos vectoriales) para resolver el problema planteado.

En primera instancia, durante el desarrollo de Física I, se presentará como demostración áulica la experiencia con un tubo Venturi con fluido ideal (aire) y contrastarlo con otra demostración de un fluido real (agua).

En forma paralela, en Análisis I se le brindan las herramientas que sirven como base matemática para la formulación teórica.

La experiencia se retoma en Análisis II donde se profundizarán los temas de campos vectoriales y ecuaciones diferenciales.

En la experiencia desarrollada durante el 2015 se implementó solo la primera instancia.

Palabras clave— *articulación, modelos, experiencia de laboratorio, trabajo colaborativo*

1. Introducción

Se planteará la situación problemática de un fluido circulando por una tubería cilíndrica horizontal de sección circular bajo las condiciones de que dicho líquido fluya en régimen laminar y tenga viscosidad constante.

La idea es que los alumnos correlacionen distintos conceptos vistos en las materias Física I (fuerzas e hidrodinámica), Análisis I (derivada e integración) y Análisis II (derivadas parciales, ecuaciones diferenciales y campos vectoriales) para resolver el problema planteado.

Para ello, primero se presentará el planteo teórico de la situación hasta llegar al modelo matemático en forma de ecuación en derivadas parciales que se resolverá, bajo condiciones iniciales establecidas, y nos conduzca a la ley de tensión de corte y velocidad del fluido en función de coordenadas cilíndricas. Con estas dos leyes se podrá evaluar en forma teórica el caudal de fluido circulante. Conocida la matemática que representa el caudal circulante, se realizará una demostración del fenómeno que permitirá verificarla la ley resultante.

Desde el punto de vista didáctico la metodología a usar estaría enmarcada dentro de lo llamado Aprendizaje significativo, tema sobre el cual ha trabajado David Ausubel ¹. Según este psicólogo y pedagogo, el aprendizaje depende de la llamada “estructura cognitiva” previa del alumno, entendiéndose por estructura cognitiva al conjunto de conceptos e ideas que el sujeto tiene de cierto campo del conocimiento y su organización. Según Ausubel

- “Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición” ².
- “El aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información “se conecta” con un concepto relevante (“subsunor”) ³ preexistente en la estructura cognitiva, esto implica que, las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de “anclaje” a las primeras”.
- A manera de ejemplo en física, si los conceptos de sistema, trabajo, presión, temperatura y conservación de energía ya existen en la estructura cognitiva del alumno, estos servirán de subsunores para nuevos conocimientos referidos a termodinámica, tales como máquinas térmicas, ya sea turbinas de vapor, reactores de fusión o simplemente la teoría básica de los refrigeradores; el proceso de interacción de la nueva información con la ya existente, produce una nueva modificación de los conceptos subsunores (trabajo, conservación de energía, etc.), esto implica que los subsunores pueden ser conceptos amplios, claros, estables o inestables. Todo ello depende de la manera y la frecuencia con que son expuestos a interacción con nuevas informaciones. En el ejemplo dado, la idea de conservación de energía y trabajo mecánico servirá de “anclaje” para nuevas informaciones referidas a máquinas térmicas, pero en la medida de que esos nuevos conceptos sean aprendidos significativamente, crecerán y se modificarán los subsunores iniciales; es decir los conceptos de conservación de la energía y trabajo mecánico, evolucionarían para servir de subsunores para conceptos como la segunda ley termodinámica y entropía.

La característica más importante del aprendizaje significativo es que, produce una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las

¹ <http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educacion/ausubel/index.html>

² Ausubel (1983 : 18)

³ **SUBSUNORES** :Dentro de una estructura cognitiva...subsunores = conceptos amplios y claros. Son los conceptos que uno tiene asimilados y son la base para que otros conceptos de rango superior puedan ser comprendidos

nuevas informaciones (no es una simple asociación), de tal modo que éstas adquieren un significado y son integradas a la estructura cognitiva de manera no arbitraria y sustancial, favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad de los subsunsores preexistentes y consecuentemente de toda la estructura cognitiva”.

En la Figura 1 se hace un resumen de esta teoría didáctica

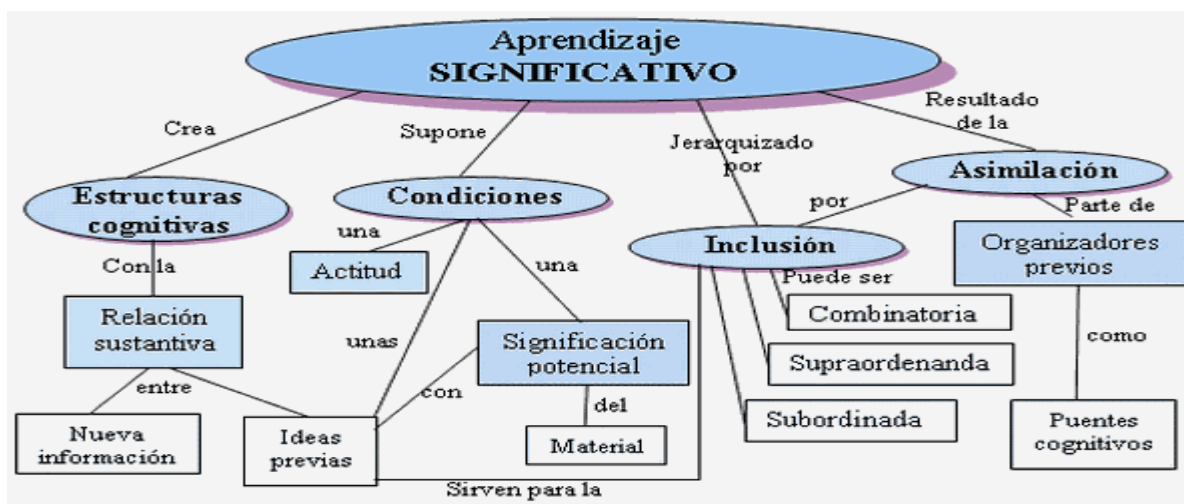


Figura 1. Red conceptual sobre Aprendizaje significativo.

Fuente : <http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educacion/ausubel/index.html>

Desde el punto de vista teórico, en nuestra regional en la materia Física I se trabaja con el concepto de fluido en **régimen laminar**, considerándose a dicho flujo aquel en el que las partículas de líquido, al desplazarse lo hacen siguiendo líneas que denominamos “líneas de corriente” que constituirán la trayectoria de las partículas de líquido, por lo que la velocidad de las mismas tendrá dirección tangencial a las líneas de corriente. Al ser un fluido laminar, las líneas de corriente no se cortarán. En la materia Análisis II, se trabaja el concepto de campo vectoriales ; las velocidades constituyen un campo vectorial punto a punto y al ser el fluido laminar implica que el rotor de ese campo de velocidades es nulo.

$$\text{rot } \vec{V} = \nabla \times \vec{V} = \vec{0}$$

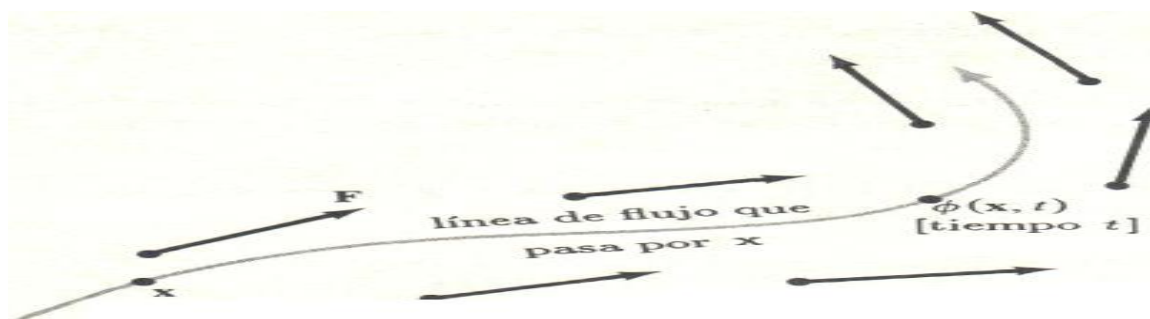


Figura 2. Diagrama de línea de corriente.

Fuente : Marsden, Jerrold y Tromba, Anthony. Cálculo vectorial

Otra propiedad importante es que el fluido mantendrá sus características propias (densidad, velocidad, viscosidad), sobre cada punto de cada línea de corriente, independientes del tiempo dado que consideraremos un fluido estacionario.

Al tratar con un fluido viscoso, aparecen sobre cada elemento del líquido fuerzas de roce y al mismo tiempo, al trabajar con elementos deformables se considerarán más que las fuerzas los esfuerzos (fuerza por unidad de superficie) originados por las acciones internas entre elementos de fluido .Estos esfuerzos pueden ser de dos clases : tangenciales o normales.

-la fuerza viscosa es lo que da origen que denominaremos “esfuerzos tangenciales “o “tensiones de corte “. Dichas tensiones de corte siguen la llamada “ley de Newton “de los fluidos, que indica que ese esfuerzo es proporcional al gradiente de velocidades en la dirección normal al desplazamiento del fluido, de sentido opuesto y donde la constante de proporcionalidad es llama da “viscosidad del fluido “. Para aclarar este concepto, en la Figura 3 se muestra un par de placas paralelas largas cada una de área A separadas una distancia

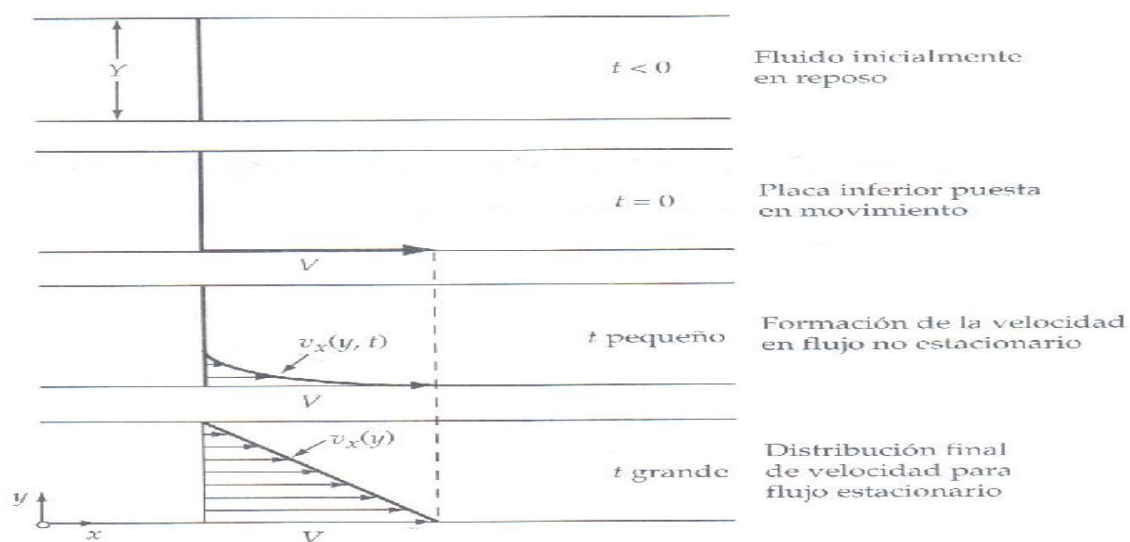


Figura 3. Formación del perfil de velocidades.
Fuente :.Bird,Byron. Fenómenos de Transporte

En el espacio entre ellas se encuentra un fluido, ya sea un gas o líquido. Este sistema esta inicialmente en reposo, pero en el tiempo $t=0$ la placa inferior se pone en movimiento en la dirección x (+) a una velocidad constante V . A medida que transcurre el tiempo, el fluido adquiere cantidad de movimiento y finalmente se establece el perfil de velocidad lineal en estado estacionario que se muestra en la Figura 3. Cuando se alcanza el estado final de movimiento en estado estacionario, para mantener el movimiento de la placa inferior se requiere una fuerza constante F , cuyo valor medio experimentalmente será

$$F_{\text{media}} = \mu A \frac{V}{Y}$$

donde μ se define como la “viscosidad del fluido “.

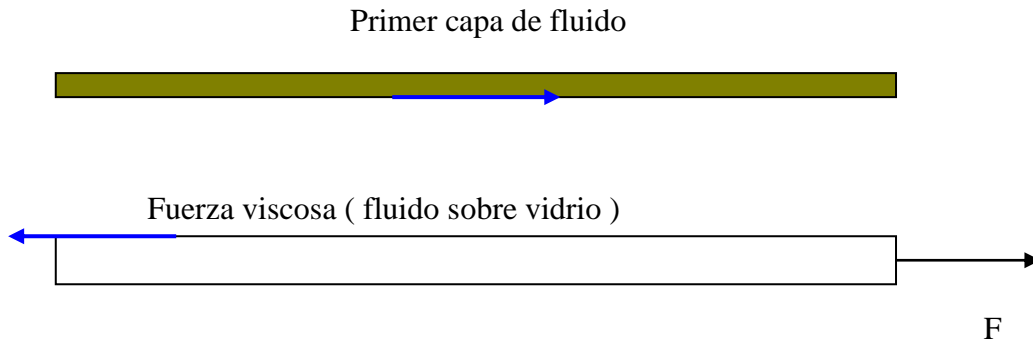


Figura 4. Diagrama de fuerzas sobre una capa de fluido.
Fuente :elaboración propia

La fuerza que equilibra a la que uno ejerce sobre placa la realiza el fluido y es de tipo viscosa, por lo tanto es tangencial a las caras de cada elemento de fluido como se observa en la Figura 4. El efecto de dicha fuerza es generar un gradiente del campo de velocidades normal a la cara de la placa como el representado en la Figura 5 .

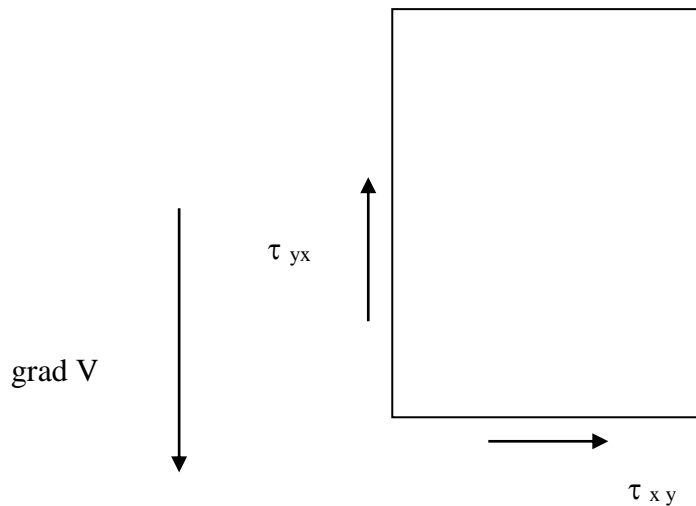


Figura 5. Elemento de fluido y esfuerzo de corte.
Fuente :elaboración propia

El esfuerzo de corte (τ_{yx}) en la dirección normal a la placa será de sentido opuesto a dicho gradiente, entonces la “ ley de viscosidad de Newton “ que define dicho esfuerzo es de la forma :

$$\tau_{yx} = - \mu \frac{dv_x}{dy}$$

Esta última ecuación puede interpretarse de otra manera. En la vecindad de la superficie sólida en movimiento en $y = 0$ el fluido adquiere cierta cantidad de movimiento en la dirección x . Este fluido al mismo tiempo imparte cantidad de movimiento a la capa adyacente de líquido provocando que permanezca en movimiento en dirección x . Por lo tanto la cantidad de movimiento en la dirección x se transmite en dirección y positiva a través del fluido,

originando un gradiente de velocidades. Por lo tanto el esfuerzo τ_{yx} se puede considerar como una densidad del flujo de cantidad de movimiento de dirección x en la dirección y.

- la fuerza normal entre elementos de fluidos da origen a la “ presión hidrostática “ o “ esfuerzo normal” que cumple con el “ Teorema general de la Hidrostática “ que es tratado en Física I .

Situación problemática

- 1.1 Se estudiara el flujo de un líquido por una cañería circular de área transversal circular A y radio R y largo del tubo L.

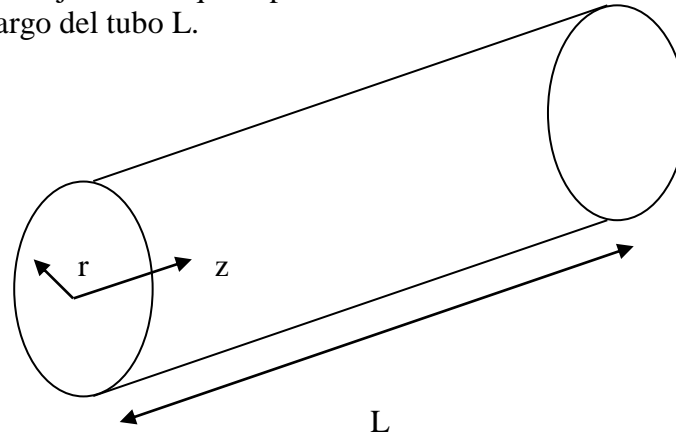


Figura 6.tramo de cañería analizada
Fuente :.elaboración propia

Establecido el flujo laminar en la cañería, y trabajando con coordenadas cilíndricas, se establecerá un campo de velocidades tal que la velocidad es solo función de la coordenada radial r ($v = v (r)$). Entre ambas caras del tubo se estableció una diferencia de presiones

$$\Delta P = P_1 - P_2.$$

Para empezar el estudio dinámico ,en la Figura 7 se esquematiza un elemento de cilindro de radio r, ancho Δr y largo L.

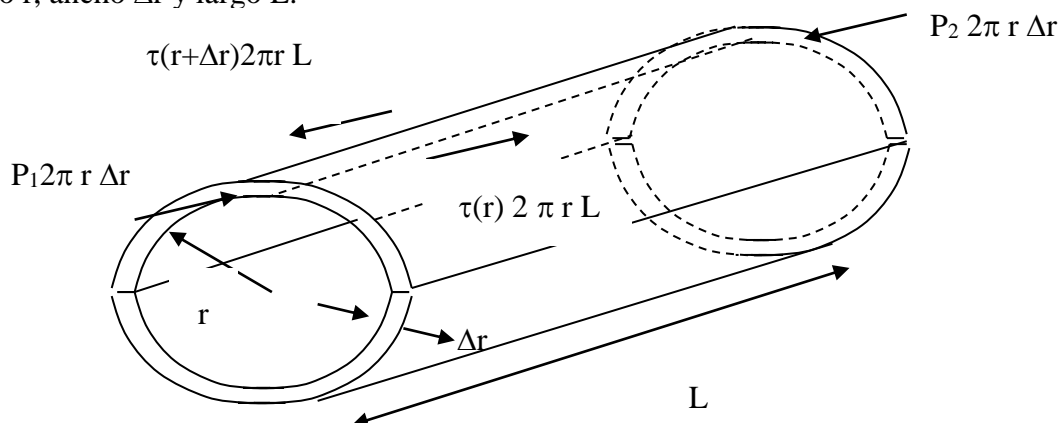


Figura 7.Elemento de cilindro.
Fuente :.elaboración propia

Consideremos que se comporta como una línea de corriente ya que la velocidad sobre ella no depende de la variable z (en el sentido del flujo) , aplicando la segunda ley de Newton en la dirección z tenemos que

$$\begin{aligned}\sum F_z &= 0 \\ P_1 2\pi r \Delta r - P_2 2\pi r \Delta r - 2\pi r L \tau_{zr}(r + \Delta r) + 2\pi r L \tau_{zr}(r) &= 0 \\ \frac{(P_1 - P_2)}{L} r &= \frac{r \tau_{zr}(r + \Delta r) - r \tau_{zr}(r)}{\Delta r}\end{aligned}$$

Si consideramos Δr pequeños, aplicando límite cuando $\Delta r \rightarrow 0$, por conocimientos de Análisis I y II , la expresión se convierte en una derivada parcial, quedando

$$\begin{aligned}\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{(P_1 - P_2)}{L} r &= \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \left[\frac{r \tau_{zr}(r + \Delta r) - r \tau_{zr}(r)}{\Delta r} \right] \\ \frac{(P_1 - P_2)}{L} r &= \frac{\partial [r \tau_{zr}(r)]}{\partial r}\end{aligned}$$

Se obtiene una ecuación diferencial en derivadas parciales de primer orden, cuya solución se puede obtener por variables separables, y en este caso integrando directamente respecto a la variable r de un lado y del otro, una primitiva buscada será

$$\begin{aligned}\frac{(P_1 - P_2)}{2L} r^2 + C &= r \tau_{zr}(r) \\ \frac{(P_1 - P_2)}{2L} r + \frac{C}{r} &= \tau_{zr}(r)\end{aligned}$$

De todas las primitivas buscadas necesitamos aquella que en $r = 0$ de una solución finita, por ello tomamos $C=0$.Entonces, la función que da la dependencia del esfuerzo de corte con la variable r será

$$\boxed{\frac{(P_1 - P_2)}{2L} r = \tau_{zr}(r)}$$

Conocida la función $\tau_{zr}(r)$, aplicando la ley de Newton de esfuerzos viscosos, obtenemos una nueva ecuación diferencial

$$\begin{aligned}\tau_{zr} = \tau_{rz} &= -\mu \frac{\partial v_r}{\partial r} \\ \frac{(P_1 - P_2)}{2L} r &= -\mu \frac{\partial v(r)}{\partial r}\end{aligned}$$

Se llega a otra ecuación diferencial en derivadas parciales, que de nuevo se resuelve aplicando nuevamente variables separables y una integración directa en ambos términos respecto r , con lo que obtenemos

$$-\frac{(P_1 - P_2)}{4L\mu} r^2 + \frac{(P_1 - P_2)}{4L\mu} R^2 = v(r) - v(R)$$

Aplicamos como condición de borde que $v(R) = 0$ (el fluido en contacto con la pared del cilindro tiene velocidad nula), entonces obtenemos como resultado

$$\frac{(P_1 - P_2)}{4L\mu}(R^2 - r^2) = v(r)$$

Ordenando términos, se obtiene

$$\frac{(P_1 - P_2)R^2}{4L\mu} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right) = v(r)$$

Observamos que :

- en la Figura 8 la distribución de velocidades para un flujo laminar incompresible de un fluido newtoniano en un tubo largo es parabólica

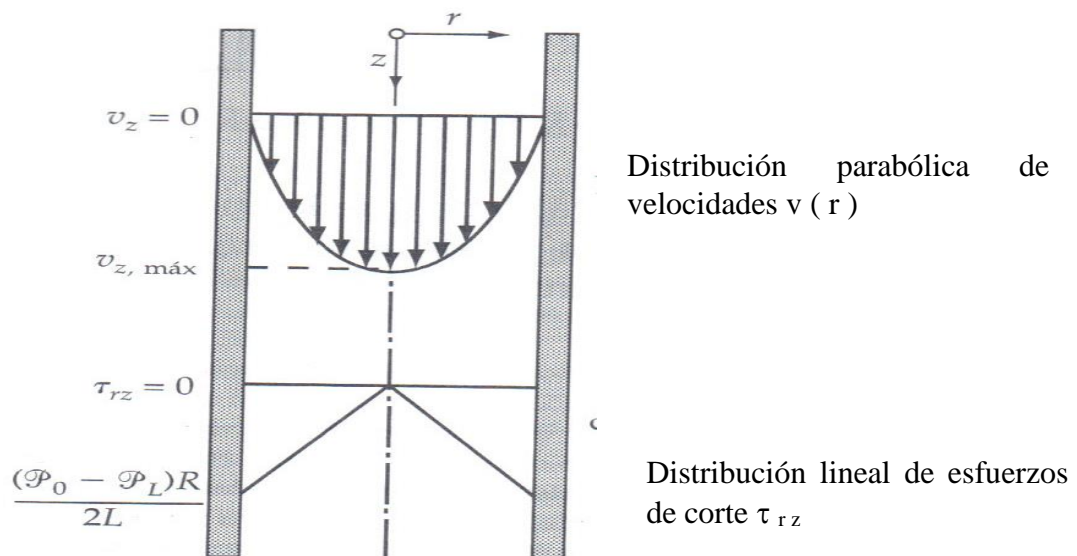


Figura 8. Gráfico de la función velocidad y esfuerzo de corte en función del radio r .

Fuente : Bird, Byron. Fenómenos de Transporte

- la velocidad máxima ocurre cuando $r=0$ y vale

$$\frac{(P_1 - P_2)}{4L\mu} R^2 = v_{\text{máx}}$$

- la velocidad media $\langle v \rangle$ se obtiene dividiendo el caudal volumétrico total por el área de la sección transversal. Esa operación conduce a una integral doble en coordenadas polares, siendo

$$\langle v \rangle = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^R v(r) r dr d\theta}{\int_0^{2\pi} \int_0^R r dr d\theta}$$

$$\langle v \rangle = \frac{(P_1 - P_2) R^2}{8\mu L}$$

$$\langle v \rangle = \frac{1}{2} v_{\text{máx}}$$

-el caudal volumétrico de flujo es el producto del área de la sección transversal por la velocidad media $\langle v \rangle$, obteniendo

$$Q = \pi \frac{(P_1 - P_2) R^4}{8\mu L}$$

que puede medirse en $\left[\frac{m^3}{s} \right]$ o $\left[\frac{m^3}{s} \right]$ o $\left[\frac{Lts}{s} \right]$

fórmula conocida como ecuación de “Hugen –Poiseuille”

2. Materiales y Métodos

A- Área Física

- Experiencia : LEY DE POISEUILLE. RESISTENCIA AL FLUJO

OBJETIVOS

Comprobar la Ley de Poiseuille. Determinar la resistencia al flujo de un tubo de sección circular. Estimar la viscosidad del agua.

a-Arreglo experimental

Consideremos el dispositivo de la figura

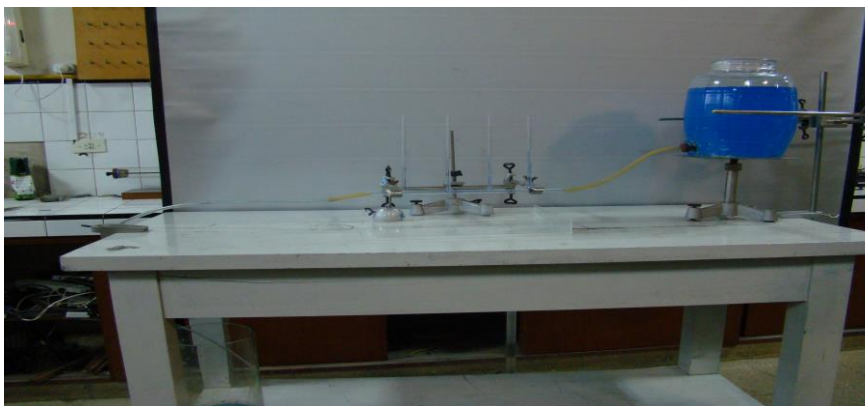


Figura 9. Fotografía del montaje.

Fuente :.Elaboración propia

El dispositivo experimental consta :



Figura 10. Tanque contenedor de fluido.

Fuente :.Elaboración propia



Figura 11 y 12. tubos flexibles de conexión.

Fuente :.Elaboración propia



Figura 13. tubo de vidrio con cuatro piezómetros.

Fuente :.Elaboración propia



Figura 14. recipiente graduado receptor del líquido.

Fuente :.Elaboración propia

b-Marco teórico de la experiencia

Según el Teorema de Bernoulli, aplicable a fluidos ideales, la presión de fluido entre el primer piezometro y el ultimo debería ser la misma, por lo tanto la altura en cada uno de ellos debería ser igual

En realidad, debido a los efectos de viscosidad, entre los piezometros se crea una diferencia de presión proporcional al caudal, Q , dependiente de las características del tubo:

$$\Delta P = P_a - P_b = R Q \quad (1)$$

R : resistencia al flujo del tubo.

Si el tubo es de sección constante, circular, la resistencia al flujo, de acuerdo con la Ley de Poiseuille descrita en anteriores párrafos, viene dada por:

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4} \quad (2)$$

Siendo :

η : viscosidad del fluido

r : radio del tubo

L : longitud del tubo

Para comprobar la Ley de Poiseuille, (1) , (2), vamos a utilizar un dispositivo como el de la figura A.

c- Desarrollo de la experiencia

Al circular el fluido (en nuestro caso, agua), proveniente del depósito, éste ascenderá por los piezómetros hasta alcanzar unas alturas h_A (en el primero) y h_B , (en el último), respectivamente. Podemos expresar las presiones en A y en B, en función de estas alturas, como:

$$\left. \begin{aligned} P_A &= P_o + \rho \cdot g \cdot h_A \\ P_B &= P_o + \rho \cdot g \cdot h_B \end{aligned} \right\} (3)$$

siendo ρ : densidad del agua, y P_o : presión atmosférica

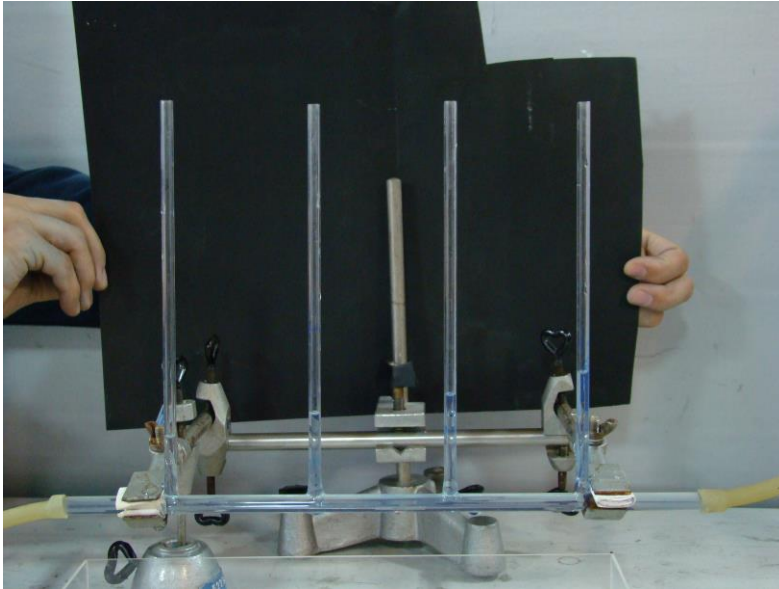


Figura 15. Vista de piezómetros durante la experiencia

Fuente :.Elaboración propia

Según esto, la pérdida de presión entre los tubos verticales extremos vendrá dada:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B) = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (4)$$

Basta, pues, medir Δh para , de acuerdo con la ecuación (4), determinar ΔP .

Por otro lado, si se mide el volumen de líquido acumulado en el recipiente inferior aforado midiendo la altura indicada y el tiempo en lo cual éste sucede, obtendremos el caudal volumétrico Q que circula por el tubo realizando el cociente entre el volumen V ($A_{rec} \cdot h_{afor}$) que se desagua y el tiempo en dicho intervalo :

$$Q = V / T \quad (5)$$

Si sustituímos las expresiones (4) y (5) en (1), obtenemos finalmente:

$$\rho \cdot g \cdot \Delta h = R \cdot V / T \quad (6)$$

Esta última expresión, que es la que vamos a comprobar directamente en nuestro experimento, se puede escribir como:

$$\Delta h = a \cdot V + b \quad (7)$$

$$\text{donde } a = \frac{R}{\rho g T} \text{ y } b = 0$$

d- Consideraciones para realizar la experiencia :

Para realizar nuestro estudio seguiremos los siguientes pasos:

- 1) Medir el área del recipiente de caída
- 2) Altura del líquido colectado
- 3) Tiempo que tarda en llegar a esa altura
- 4) Alturas alcanzadas en los piezómetros A y B
- 5) De una tabla, buscar la viscosidad del líquido en estudio, en este caso agua

3.Resultados y Discusión

En una de las experiencias realizadas se obtuvieron los siguientes valores

TABLA1- Resultados de una experiencia

Tiempo (s)	h agua colectada (cm)	h piez A (cm)	h piez B (cm)	Caudal volumétrico(cm3/s)	Dp (dinas/cm2)	Ley de Poiseville			
10	8,7	5,4	3,9	27,30	1471,5	21,15			
30	10	5,5	4	24,09	1471,5	21,15			
45	12,5	5,5	4,1	25,24	1373,4	19,74			
60	14,1	5,6	4,1	22,81	1471,5	21,15			
71	15	5,7	4,1	21,06	1569,6	22,56			
80	16	5,8	4,3	20,65	1471,5	21,15			
90	17	5,8	4,5	20,08	1275,3	18,33			
100	17,9	5,8	4,5	19,45	1275,3	18,33			
110	18,3	5,8	4,5	18,15	1275,3	18,33			
120	19,5	5,9	4,5	18,25	1373,4	19,74			
130	20,5	5,9	4,6	18,07	1275,3	18,33			
140	21,3	5,8	4,6	17,67	1177,2	16,92			
150	22,1	5,8	4,6	17,32	1177,2	16,92			
Radio del tubo(cm)	0,4	R(resistencia al flujo)		34,78					
Longitud del tubo(cm)	34,9								
Diámetro del cubo(cm)	14,3								
Densidad agua(g/cm3)	1								
g (cm/s2)	981								
Viscosidad (dinas.s)	0,010019								
Altura de líquido inicial	7								

Fuente : elaboración propia

Se puede apreciar que el caudal volumétrico obtenido de la experiencia se acerca a los valores del caudal volumétrico predicho por la ley de Poiseville.

B- Area Análisis Matemático I y II

En la guía de Análisis Matemático I se presentan ejercicios de aplicación del tema desarrollado. Por ejemplo, de la guía. 3 ejercicio número 8

En un movimiento rectilíneo la ecuación horaria $x(t)$ viene dada por la función

$$x(t) = \begin{cases} 3 + 4t - t^2 & \text{si } 0 \leq t \leq 4 \\ -t + 7 & \text{si } t > 4 \end{cases}$$

donde x se mide en metros y t en segundos.

a- Analizar si esa función es continua en $t_0 = 4$ s

b- ¿ Existe la velocidad en $t_0 = 4$ s ?

c- Evaluar la función velocidad ($v(t) = \frac{dx}{dt}$)

En la guía de Análisis matemático II se presentan ejercicios de aplicación del tema desarrollado. Por ejemplo, de la guía. 5 ejercicio número 4

Sea un campo de velocidades dado por $\vec{v}(x, y) = \frac{y}{x+y} \hat{i} - \frac{x}{x+y} \hat{j}$ analizar si el flujo representado por dicho campo es laminar

3. Conclusiones y recomendaciones

La experiencia fue realizada en primera instancia en la cursada 2015 de Física I como una demostración áulica.. Al fin de la cursada se propuso a los alumnos que realicen la experiencia descrita, asistidos por personal de laboratorio, obteniéndose en uno de los grupos los valores remitidos en la tabla 1.

Durante la demostración áulica también se desarrolló la demostración de flujo de aire en un tubo Venturi, a fin de que los alumnos comparasen la existencia de una diferencia de altura en un manómetro colocado en dos secciones consecutivas iguales y que observasen los resultados de ambas demostraciones: en el caso del agua, se notaba una diferencia de altura entre dos piezómetros consecutivos; en cambio, en el caso del flujo de aire no se encontró diferencia de altura apreciable. Como conclusión, los alumnos pudieron comparar dos modelos distintos de fluidos: aproximación de fluido no viscoso ideal (caso aire) y fluido viscoso real (caso agua).

Faltaría en esta experiencia realizar un estudio de incertezas, que en primera instancia al ser una experiencia de carácter áulica no se hizo pero si se menciona al realizarla. Queda en un

futuro la incorporación el tratamiento de las incertezas en caso de que esta experiencia se realice como práctico de laboratorio.

Articulando con Análisis Matemático I se ejercieron ejercicios relacionados con el tema

Esto permite al docente analizar un modelo más cercano a la realidad a medida que el estudiante adquiere herramientas más completas. En Análisis II al analizar campos vectoriales (como se visualiza en el ejercicio indicado en el trabajo) y ecuaciones diferenciales, permite retomar la experiencia desde un punto de vista matemática más formal.

Las prácticas de laboratorio en Física así como las demostraciones áulicas permiten que el alumno adquiera habilidades ya sea para la puesta en funcionamiento de un determinado dispositivo como la comparación entre distintos modelos teóricos analizados.

4. Referencias

- [1] BIRD, BYRON (2011). *Fenómenos de Transporte*. Limusa.Méjico:Capítulo 1-Pág 12 y 57.
- [2] MARSDEN ,JERROLD Y TROMBA,ANTHONY. (1991).Cálculo Vectorial.Addison-Wesley.Delaware,EEUU.Pág 219.
- [3] GIANCOLI, DOUGLAS (2002). Física para universitarios. Pearson Education, Méjico. Tomo 1,Capítulo 13.
- [4] LARSON,ROLAND Y HOSTETLER,ROBERT (2000) . Cálculo y Geometría Analítica.McGraw-Hill.Medellin .Colombia
- [5] STEWART, JAMES (2008) Cálculo trascendente temprano. Thomson Brooks/Cole
- [6] TIPLER - MOSCA (2006) Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2B Optica. Reverté
- [7] P. TIPLER. (1994) Física para la ciencia y la tecnología. Reverté.
- [8] RESNICK - HALLIDAY - KRANE. (1980) Física para Estudiantes de Ciencias e Ingeniería. CECSA
- [9] SERWAY - JEWET. (2003) Física I. Thomson.Méjico
- [10] SEARS; ZEMANSKY, YOUNG, FREEDMAN: (2009). Física Universitaria; Pearson Educación.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

TRABAJO INTERFACULTAD PARA LA MEJORA DE LA FORMACIÓN INICIAL EN INGENIERÍAS

Karina Ferrando, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda,

kferrando@fra.utn.edu.ar

Rafael Omar Cura, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca,

rocura@frbb.utn.edu.ar

Resumen— La formación inicial en ingeniería y carreras tecnológicas plantea la necesidad de analizar los procesos educativos, la incorporación de mejoras didácticas, el estudio de su impacto y el trabajo colaborativo entre equipos docentes. Así lo han entendidos cincuenta profesores de las Facultades Regionales de Avellaneda, Bahía Blanca y Chubut de la Universidad Tecnológica Nacional, autores del proyecto de investigación interfacultad “Formación Inicial en Ingeniería y carreras tecnológicas” (UTNIFN 3922). Los ejes de trabajo son el estudio de las tendencias formativas de los primeros años de dichas unidades académicas entre 2016 y 2018 y el impacto de mejoras didácticas en los aprendizajes de los alumnos, que se diseñan, implementan y evalúan en el contexto de una comunidad interfacultad. Se presentan las características del proyecto colaborativo, donde se articulan las actividades académicas y de investigación para la mejora de los procesos formativos empleando instrumentos de campo diseñados y las redes institucionales de comunicación. Los equipos docentes elaboraron la propuesta durante 2015 integrando diagnósticos y actualmente han comenzado el estudio de fortalezas y limitaciones de las asignaturas de los años iniciales y simultáneamente el diseño de las experiencias didácticas sobre ejes de contenidos, metodología y evaluación. Se aprecia el interés y el intercambio de los participantes, las posibilidades que brinda una universidad federal y el apoyo de las autoridades de cada facultad.

Palabras clave— *investigación de prácticas docentes, docencia universitaria, trabajo colaborativo*

1. Introducción

La formación profesional plantea nuevas y mejores alternativas de actividades educativas en función de las posibilidades que las estructuras institucionales universitarias y el trabajo conjunto entre equipos académicos permiten.

El presente trabajo expone los avances del Proyecto interfacultad de Investigación y Desarrollo “Formación Inicial en Ingenierías y carreras Tecnológicas” (FIIT, UTN IFN3922) llevado a cabo por equipos docentes de las Facultades Regionales de Avellaneda, Bahía Blanca y Chubut de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRA, FRBB, FRCH) en la cohorte 2016-2018.

El mismo busca estudiar las características de los procesos formativos de los primeros años, que comparten muchos aspectos, incorporar mejoras didácticas en las asignaturas participantes y estudiar el impacto formativo.

Esta iniciativa cuenta con el respaldo de los Directores de los Departamentos de Ciencias Básicas de las tres instituciones mencionadas, evidenciando el interés y apoyo a estas iniciativas de trabajos en red.

Los equipos académicos participantes han avanzado en el 2016 en la implementación del proyecto y se presentan los primeros avances del mismo.

2. Marco referencial

El interés y la preocupación de las naciones, organismos mundiales y federaciones internacionales de ingeniería por el desarrollo de la ingeniería es de destacarse en la actualidad, por el impacto que las diversas especialidades de dicha profesión ejercen en el desarrollo de las sociedades. “La ingeniería y la tecnología han transformado el mundo en que vivimos, sobre todo en los últimos 150 años”, dice la Directora General de la UNESCO, Irina Bokova, y agrega, “sin embargo, los beneficios que la humanidad ha obtenido de ellas están muy desigualmente repartidos en el mundo: por ejemplo, unos 3.000 millones de habitantes de nuestro planeta carecen de agua salubre y cerca de 2.000 millones no tienen electricidad”.

[1]

Al respecto, organismos internacionales como la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (FMOI), el Consejo Internacional de Academias de Ingeniería y de Ciencias Tecnológicas (CAETS), la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería (ASIBEI) y otras semejantes, vienen desarrollando diversos programas sobre fortalecimiento de procesos sobre el ingreso como la permanencia y egreso en carreras tecnológicas. [2] El gobierno argentino, en esta línea de trabajo, ha creado el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012-2016 con los ejes: 1) Mejora de los indicadores académicos, 2) Aporte al desarrollo territorial sostenido y 3) Internacionalización de la ingeniería. Entre las metas más destacadas, el plan señala que aunque “en 2003 se recibía 1 ingeniero cada 8.000 habitantes, para 2009 ya había 1 cada 6.700” y el objetivo es “incrementar la cantidad de graduados en ingeniería en un 50% en 2016, y en un 100% en 2021 en relación al año 2009 en forma gradual, en carreras que completen el segundo proceso de acreditación” [3].

En este contexto, la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) ha orientado su Plan Estratégico Institucional según estos fines: “crear, preservar y transmitir la técnica y la cultura universal en el ámbito de la tecnología” desarrollándose “como una institución autónoma y autárquica, abierta a todos los hombres libres capaces de conducir el proceso de desarrollo de la economía argentina, con clara conciencia de su compromiso con el bienestar y la justicia social, su respeto por la ciencia y la cultura y la necesidad de la contribución de éstas al progreso de la Nación y las regiones que la componen”. [4]

Los procesos de ingreso en las carreras tecnológicas se encuentran atravesados por la complejidad de la conformación del “oficio de alumno universitario”. Estudios como los de Barbabella [5] señalan que este fenómeno de socialización universitaria supone el pasaje por tres etapas: a) *el tiempo del extrañamiento*, que implica para el estudiante el ingreso a un universo institucional desconocido; b) *el tiempo del aprendizaje*, en el que se desarrollan procesos de adaptación progresiva a las nuevas reglas institucionales; y finalmente, c) *el tiempo de la afiliación*, que comprende el dominio de las nuevas reglas del sistema, con lo que el estudiante se vuelve “nativo” del nivel y la institución a la que adscribe, siguiendo las orientaciones de Alain Coulon (1997) [5].

Se aprecian fortalezas en las características de los alumnos ingresantes como la asistencia regular, atención en clase, interés general por los temas, clima de cordialidad y respeto, cierto cumplimiento por las tareas regulares, por la mayoría de quienes avanzan en el cursado.

Equipos docentes como el de Lager y otros [6] describen los factores incidentes en la carrera de Ingeniería Industrial en la UTN-Facultad Regional Santa Fe destacándose, entre ellos:

- rigidez del reglamento de la carrera, mayor cantidad de horas de enseñanza de Ciencias Básicas, incremento de materias libres, mayor flexibilidad en las correlatividades;
- mejora de la relación docente, alumno y conocimiento, mayor formación pedagógica de los docentes, apoyo psicopedagógico en las dificultades de aprendizaje, especialmente en Ciencias Básicas y la vinculación con la profesión, pues todo ello desalienta la continuidad de los estudios;
- falta de tiempo, ya que el 32% tiene compromisos laborales;
- dudas vocacionales;
- organización institucional, pues el 75% no encuentra espacios donde pedir ayuda para resolver sus problemas;
- lentificación en el cursado por excesivas materias, complejidad de las mismas, correlatividades frenadas por materias “filtro”, escasez de tiempo por pasantías, laboratorios e investigaciones;
- factor socioeconómico (60%) y desarraigo (30%) y dificultades personales;
- dificultad de adaptarse al ritmo universitario y necesidad de mayor autonomía en las decisiones.

Estas características han resultado cercanas a las obtenidos por el equipo de UTN FRBB en las etapas anteriores a este proyecto (Cura y otros, 2011). [7]

El trabajo colaborativo resulta una instancia fundamental entre equipos académicos en la actualidad para el estudio y la mejora de los procesos formativos. Johnson y Johnson (1999) distinguen entre aprendizaje cooperativo formal, aprendizaje cooperativo informal y grupos cooperativos de base. Los primeros son el corazón del aprendizaje cooperativo y su forma típica es "aprender juntos", a través de una actividad común que implica la conformación de equipos, como la realización de un proyecto. Asimismo, Roselli [8], fundamenta su trabajo en Slavin (1999) quien señala que hay tres conceptos centrales que definen el aprendizaje cooperativo: las recompensas de equipo (y no sólo individuales), la responsabilidad individual (preocuparse de que todos aprendan) y la posibilidad de éxito de todos, aún de los más débiles (ya que el éxito se mide por el avance que cada uno pueda lograr en relación a un estado anterior).

El trabajo colaborativo implica la adopción de enfoques metodológicos de cambio y mejora didáctica e investigación que oriente el trabajo conjunto. Al respecto, autores como Lewin han aportado particulares enriquecimientos a dicha temática con la generación del planteo de Investigación Acción. Uno de sus principales promotores en el campo de la enseñanza, Elliot [9], sostiene que dicha estrategia consiste en “el estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de la misma” y se centra “en el descubrimiento y resolución de los problemas a los que se enfrenta el profesorado para llevar a la práctica sus valores educativos”. Para Latorre [10], la Investigación Acción en los ámbitos formativos comprende “una indagación práctica realizada por el profesorado, de forma colaborativa, con la finalidad de mejorar la práctica educativa a través de ciclos de acción y reflexión”. Asimismo, Lewin plantea que se requiere establecer las etapas de planificación, acción, observación y reflexión sobre el resultado del cambio, y según Pring este planteo es eminentemente cíclico, participativo, cualitativo y reflexivo [10].

Por otra parte, el empleo de la tecnología como recurso para el desarrollo formativo resulta una necesidad imperiosa en la actualidad. El acervo de conocimiento sobre la educación mediada por TIC actualmente se distingue como una oportunidad para aquellas organizaciones y estudiosos del tema, en virtud de representar no solo un depósito invaluable de saberes, sino un fundamento relevante para la toma de decisiones en materia de política educativa, tal como señala Ferro Soto y otros [11].

Asimismo, Morrissey [12], establece que el mundo educativo debe enfrentar dos fuertes desafíos interdependientes para que las estructuras formativas se transformen en entornos de enseñanza mediada por TIC: demostrar clara y exitosamente el valor educativo de las TIC en el aula, convencer a los tesoros públicos nacionales y a los departamentos de educación que provean los altos niveles de inversión necesarios para lograr un cambio real en la educación a través de las TIC.

El desarrollo de aprendizajes significativos bajo el enfoque de experiencias motivadoras, integradoras, problematizadoras y que posibilitan la apropiación de contenidos y desarrollo de capacidades perdurables resultan instancias fundamentales en la actualidad. Ello, siguiendo a Espinar Rodríguez [13] se complementa con la atención a la intervención de los equipos tutoriales en el acompañamiento y orientación del proceso de formación de los primeros años de las profesiones.

3. Organización y desarrollo metodológico del proyecto interfacultad

Se comentan las características del proyecto tanto en su organización como en sus estrategias metodológicas.

3.1. Organización del proyecto

Dicho marco teórico permitió la conformación del actual proyecto. Al respecto, la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) es una clara institución federal que en la República Argentina cuenta con 39 Facultades y entre las mismas conforma una red formativa con muchas potencialidades de interacción y trabajo colaborativo. Al mismo tiempo, equipos académicos de los primeros años de las carreras tecnológicas comparten fortalezas y problemáticas semejantes en sus procesos formativos en las distintas unidades académicas, con procesos educativos donde docentes y alumnos atraviesan situaciones parecidas y que permiten su estudio y mejora.

Estos principios son los que han animado a profesores de UTN FRA, UTN FRBB, UTN FRCH a vincularse y elaborar este Proyecto interfacultad de Investigación y Desarrollo “Formación Inicial en Ingenierías y carreras Tecnológicas” (FIIT), con el fin de estudiar las características de los fenómenos educativos comunes de las unidades académicas mencionadas, generar mejoras didácticas en las asignaturas compartiéndolas entre sí y analizando el impacto formativo de las mismas durante la cohorte 2016-2018.

Este emprendimiento cuenta con los antecedentes de los proyectos “Formación Inicial en Ingenierías y LOI” (FIIL I, UTN 1556 y FIIL II, UTN 1855) que un equipo de docentes de UTN FRBB realizó entre las cohortes 2010-2012, el primero, y 2013-2015, el segundo, y que ahora se amplía en este trabajo colaborativo con otras unidades académicas de UTN.

El objeto de investigación mencionado, los procesos educativos de los primeros años de las carreras tecnológicas, es abordado desde dos ejes complementarios de estudio: el estudio de las tendencias formativas en dicho período y la generación de mejoras didácticas y la evaluación de su impacto.

Estos ejes se visualizan en los objetivos generales del PID FIIT:

1. Analizar las fortalezas y limitaciones de los procesos formativos en equipos colaborativos interfacultades (Avellaneda, Bahía Blanca, Chubut) en los primeros años de las carreras tecnológicas (2016-2018).
2. Evaluar la incidencia de experiencias didácticas interfacultades en asignaturas semejantes de los primeros años desde un aprendizaje integrador, motivador, problematizador y perdurable.

Los temas de estudio son:

- Las características de los alumnos en el ingreso y cursado de los primeros años.
- El trabajo colaborativo entre equipos docentes de las Facultades UTN FRA, FRBB y FRCH.
- Los aprendizajes significativos focalizados en experiencias motivadoras, integradoras, problematizadoras y de aprendizajes perdurables.
- El impacto formativo de las mejoras didácticas incorporadas en la cohorte 2016-2018.
- La incidencia de las acciones tutoriales en los procesos formativos de los primeros años.
- Los aportes de la utilización del aula virtual en las actividades educativas.
- El desarrollo de los contenidos de Ciencia, Tecnología y Sociedad en los primeros años.
- Análisis de la incidencia de actividades de articulación entre UTN y Escuelas Técnicas y características de los sistemas de ingreso universitario.

Dichos temas son abordados de modo diferenciado por los equipos docentes, ya que algunos guardan más involucramiento que otros con los temas mencionados.

Los equipos docentes se organizan en cuatro áreas participantes: las materias de Ciencias Exactas y Naturales, las Técnico Profesionales, las Integradoras y las Redes Tutoriales, dentro de ellas, se encuentran las materias específicas de primero y segundo año.

Las principales asignaturas participantes son: Análisis Matemático I y II, Física I y II, Álgebra y Geometría Descriptiva, Química General, Ingeniería y Sociedad, Fundamentos de Informática, Sistemas de Representación, inglés, asignaturas Integradoras de primero y segundo año y equipos tutoriales.

La coordinación del proyecto y del trabajo operativo implica que cada unidad académica cuenta con un equipo de animación y coordinación, que integran el equipo directivo del proyecto.

Tal como se mencionó, dichas tareas se efectuarán con encuentros presenciales y comunicaciones internas, en cada sede regional, y a través de los sistemas virtuales de comunicación para las actividades interfacultades, como aula virtual, videoconferencia, skype, correo electrónico, dropbox, entre otros.

Ello implica un trabajo colaborativo donde los equipos docentes investigadores de las tres facultades compartirán el mismo enfoque metodológico con actividades simultáneas por facultad e interfacultad junto a los colegas afines en sus asignaturas y áreas correspondientes.

3.2 Estrategias metodológicas

El proyecto de investigación se encuadra en un estudio de tipo socioeducativo con enfoque acordes al objeto de estudio pero con matices diferenciados de acuerdo a las líneas de investigación que lo comprenden, siguiendo a Arnal y otros [14].

Al analizar las características de los procesos formativos entre 2016 y 2018 el enfoque adoptado es cuali-cuantitativo, no experimental, descriptivo orientado a causal-correlacional, inicialmente transversal y luego orientado a longitudinal de tendencia, tal las orientaciones de Hernández Sampieri y otros [15].

En cuanto al eje de trabajo sobre el impacto de nuevas estrategias didácticas en las asignaturas participantes, el enfoque de investigación es de cambio educativo de acuerdo a Arnal y otros [14], cuali-cuantitativo, basándose fundamentalmente en el planteo de Investigación-Acción Didáctica (IAD) elaborado en el marco de los PIDs anteriores, guardando también características de estudio descriptivo orientado a causal-correlacional, al apreciar el nivel de pertinencia de las estrategias implementadas para la mejora de aprendizajes y promover nuevos enriquecimientos en las mismas o generar otras nuevas.

Las técnicas e instrumentos diseñadas corresponden a estas líneas de investigación, varias diseñadas en las etapas de los PIDs FIIL I y II y mejoradas de modo continuo en este nuevo período, especialmente animado por el trabajo colaborativo interfacultad.

La línea de estudio inicial, comprende el empleo de dos formularios para el trabajo de campo que todos los docentes investigadores emplean para estudiar los procesos formativos durante el cursado de sus asignaturas.

El Formulario 1 se refiere a las “Características del alumnado” y comprende dos instancias: “El alumnado en el inicio del cursado” y “El alumnado durante el cursado”.

En la primera etapa se recaban datos acerca de:

- Situación personal (sexo, estado civil, procedencia)
- Estudios previos
- Si trabaja o no, si lo hace en relación a la carrera elegida
- carrera elegida y motivos
- Motivos para cursar carreras tecnológicas
- Fortalezas y dificultades en el aprendizaje
- Aspectos de cultura general
- Resultados de trabajos de diagnóstico disciplinar

Sobre la segunda “durante el cursado”, el formulario 1 recaba información sobre:

- Conocimiento de los objetivos de la asignatura
- Asistencia a clases teóricas y prácticas
- Si lleva la asignatura al día y por qué
- Comprensión de los contenidos
- Nivel de aprendizajes motivadores, integradores, problematizadores y perdurables
- Empleo del aula virtual
- Participación en clase
- Red tutorial y asignaturas

Por su parte, el Formulario 2 analiza las “Características de las prácticas docentes”, donde cada profesor investigador, en base a diversas fuentes de información analiza su propia actividad y la comparte con el resto de los colegas del PID. Las variables de análisis son:

- Organización de la programación anual
- Aspectos del régimen de cursado (pautas, exámenes parciales, asistencia)
- Conocimiento (objetivos y contenidos)
- Organización de contenidos
- Tipos de actividades (inicio, durante, finalización de cursado)
- Resolución de problemas/casos, prácticas de laboratorio, trabajos de campo
- Desarrollo de capacidades (lecto-comprensión, autonomía, participación, interrelación)
- Aprendizajes motivadores, integradores, problematizadores y perdurables

- Articulaciones con otras asignaturas
- Actividades con red tutorial
- Actividades evaluativas y pos evaluativas

La mayoría de las fuentes de información son institucionales, como el sistema Sysacad presente en cada facultad, buscando el mayor grado de objetividad y de trabajo similar por cada equipo docente y se complementa con registros propios de los profesores (evaluaciones diagnósticas, registros de cursado y encuestas específicas), guardando la prudencia necesaria para conservar la objetividad necesaria.

La segunda línea de trabajo, de mejora didáctica y estudio de su impacto, en el marco del mencionado modelo de Investigación Acción Didáctica (IAD), implica la utilización también de un formulario como instrumento de campo.

El Formulario 3 se refiere a “Experiencias interfacultad de mejoras didácticas”.

El instrumento es una guía de trabajo que comprende tres etapas y comprende los siguientes aspectos:

- Etapa 1. Diagnóstico y diseño de la experiencia de mejora didáctica
 - Diagnóstico: se establecen las fortalezas y limitaciones del proceso formativo
 - Diseño: se organiza la experiencia de mejora didáctica en base a tres ejes:
 - Mejora curricular (contenidos)
 - Mejora metodológica (didáctica)
 - Mejora evaluativa (o combinación de los tres aspectos)
 - Marco teórico de referencia y estado del arte (experiencia semejante)
 - Objetivos didácticos y de investigación (impacto formativo)
 - Diseño de actividades didácticas y de investigación (instrumentos didácticos y de recolección de información)
 - Tiempo estimado para cada actividad
- Etapa 2. Implementación de la mejora didáctica
 - Se implementa lo diseñado y se efectúan ajustes en el seguimiento de la experiencia
- Etapa 3. Evaluación del impacto formativo
 - Recolección de la información sobre la experiencia didáctica
 - Procesamiento de los datos y análisis
 - Determinación de objetivos
 - Evaluación del impacto de la mejora didáctica

Las fuentes de investigación son las actividades didácticas implementadas a través de los trabajos de los estudiantes, encuestas personales y grupales y también consultas generales buscando la participación de los alumnos en estos procesos, tal el enfoque de IAD mencionado.

El enfoque colaborativo implica que los docentes irán compartiendo sus procesos de análisis del cursado de sus alumnos y de los resultados alcanzados en cada asignatura interfacultad, a través de los medios de comunicación señalados. Posteriormente, se buscará compartir estos datos por las áreas mencionadas (Ciencias Básicas, Técnico Profesionales, Integradoras y Red Tutorial) generando las fortalezas y limitaciones formativas, orientado a que años posteriores se alcanzarán tendencias estimadas en la acumulación de datos (2015-2018).

Algo semejante se propone para las actividades de mejora didáctica: análisis por áreas y posteriormente búsqueda de tendencias estimadas con la acumulación de datos de cada año.

Por ser un estudio de tipo socioeducativo se busca mantener la vigilancia investigativa necesaria para garantizar la fiabilidad de los instrumentos que miden los datos esperados y la validez de los resultados alcanzados, debido al proceso anterior. Para ello se emplea la

triangulación de técnicas, fuentes y resultados, clásicamente utilizado en investigaciones de tipo social y cualitativo.

4. Avances y resultados parciales

Los equipos docentes de cada Facultad se interesaron inmediatamente de la convocatoria propuesta, junto al apoyo mencionado de los respectivos Departamentos de Ciencias Básicas. Entre los logros alcanzados en el 2015 se evidencian:

- Generación de procesos de interacción en las Facultades en relación a la mejora de los procesos formativos.
- Intercambio e inicio del trabajo colaborativo entre docentes de las tres Regionales de disciplinas afines.
- Creación del aula virtual donde se compartieron los distintos trabajos y avances.
- Elaboración de análisis de los procesos formativos 2014-2015 presentados en el proyecto del PID.
- Determinación de ejes de trabajo en conjunto hacia la cohorte 2016-2018.
- Análisis y mejoramiento de los instrumentos de campo de base empleados años anteriores por UTN FRBB
- Elaboración y aprobación del PID FIIT.
- Desarrollo de video conferencias periódicas para la conformación de los equipos docentes.
- Presentación del Proyecto interfacultad FIIT en: VI Encuentro Nacional y III Latinoamericano sobre Ingreso Universitario, Santiago del Estero; III Congreso Internacional: Hacia una nueva reforma universitaria latinoamericana, Buenos Aires.

En ese contexto, los equipos docentes fueron avanzando en las actividades durante 2016 y se pueden apreciar algunos avances y logros, en función del corto plazo que se lleva:

- Trabajo colaborativo entre los equipos de coordinación semanalmente.
- Encuentros por Facultad y por video conferencia periódicamente para acordar trabajos.
- Desarrollo del aula virtual como espacio para la tarea colectiva de los equipos docentes de las tres Regionales.
- Presentación de artículos sobre avances de los estudios por disciplinas y del PID FIIT en: JISO, IPECYT, CIECIBA, ESOCITE, CADI y próximamente en SIEPCES.
- Elaboración de formularios conjuntos: Evaluación Diagnóstica, Encuesta a mitad de cursado.
- Obtención de datos de los cursados 2016, procesamiento de la información, análisis e intercambio entre los equipos.
- Acuerdos para diseño e implementación de experiencias interfacultad de mejoras didácticas por disciplinas.
- Actividad de articulación con Educación Secundaria Técnica de Sistemas de Representación en FRBB.
- Animación constante de los equipos disciplinares por parte del equipo coordinador en cada Regional.

Seguidamente se detallan las características de varias de dichas actividades:

- Estudio de las “Características de los alumnos 2015-2016” (Formulario 1). Los profesores iniciaron este trabajo de campo, y para ello compartieron modelos y criterios técnicos sobre las fuentes de información de esta temática, comenzando con la Evaluación Diagnóstica al inicio del cursado 2016. Esta actividad no era habitual en las tres unidades académicas por lo que el equipo coordinador buscó acordar pautas y orientar la implementación del instrumento. Los resultados se trasladaron al formulario mencionado y se buscó el intercambio entre los equipos. Ello se logró parcialmente, ya que, como se mencionó, algunos contaban con la Evaluación diseñada y la administraron inmediatamente, otros lo hicieron iniciado el cursado y algunos recién lo implementarán en el segundo período. Además, se tuvo en cuenta la dedicación a la organización de los congresos en este tiempo. Los datos intercambiados entre los equipos académicos sobre las características generales de los alumnos en el inicio del cursado, presentan gran semejanza en los distintos ítems. En el segundo cuatrimestre se incorporarán los nuevos datos.

- Características de alumnos “a mitad de cursado”. Los grupos de cada Regional acordaron un modelo común de encuesta a los estudiantes sobre aspectos del cursado de las asignaturas, en una primera versión. En la segunda parte del primer cuatrimestre se comenzó a administrar dicho formulario a las materias que cuentan con dicha modalidad de dictado.

- Alumnos y mejoras en Ingeniería Mecánica I y II. Los profesores de dichas asignaturas de UTN FRA y FRBB han compartido los datos de inicio del cursado de sus estudiantes, apreciando semejanzas y diferencias entre el nivel primero y segundo, propio de los avances en las carreras. La Tabla 1 señala las diversas motivaciones que animan a los

alumnos de primeros y segundo año a estudiar Ingeniería Mecánica. La diferencia del agrupamiento de los datos corresponde a que en la Evaluación Diagnóstica aún contaban con consignas distintas, ahora equiparadas. Se aprecia que el 85% de los alumnos de primer año de FRA elige aspectos de la profesión como el motivo principal de los estudios de la carrera (sumando los datos de intereses), y entre el 70 y el 76% de los estudiantes de segundo año de FRBB. En el primer año sobresalen las elecciones de “diseño de equipos” y “mecánica y mecanismos” con el 13 y 17% respectivamente.

Tabla 1. Motivos de estudio de la carrera Ingeniería Mecánica (%)			
Items	FRA	FRBB	
	2016	2015	2016
Profesionales en la familia		11	13
Continuidad estudios nivel secundario		37	30
La carrera no se encuentra en la región		0	2
Vocación		53	45
Interés profesional Ingeniería Mecánica	30	76	70
Interés por Industria del petróleo	2		
Maquinaria industria frigorífica	2		
Diseño, mecánica automotriz / motores	8		
Máquinas térmicas / Diseño de equipos	17		
Mecánica y Mecanismos	13		
Interés por procesos productivos	4		
Futuro laboral / Desarrollo personal	5		
Diseño, construcción máquinas/equipos	5		
Desarrollo del país y de proyectos	5		
Emprendimientos personales	4		
No contesta	5		

Los estudiantes de segundo año, destacan que el 12% cuenta con profesionales en su familia y por ello eligieron la carrera. Entre el 30 y 37% continúa la orientación de los estudios cursados en la Educación Secundaria, y entre el 45 y el 50% señala que estudia por vocación a la profesión.

Respecto a la situación laboral como estudiantes, en la tabla 2 se aprecia que el 15 % de los alumnos lo hace en relación con la carrera en primer año de UTN FRA, y entre el 12 y 21% lo

efectúa en segundo año en FRBB. En función de los datos obtenidos sobre el aprendizaje de los contenidos, los dos equipos docentes se encuentran diseñando una experiencia compartida de mejora formativa, en base al enfoque de Investigación Acción Didáctica (Form.3).

Tabla 2. Situación laboral de alumnos de Ingeniería Mecánica I y II (FRA y FRBB) (%)				
Comisión	Año	Trabaja		No trabaja
		Relación Ing.Mecánica	No relación I.M.	
FRA (I nivel)	2016	15	85	
FRBB (II nivel)	2015	21	6	73
	2016	12	13	75

- Experiencia interfacultad sobre medio ambiente y ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en Ingeniería y Sociedad.

La asignatura de primer año Ingeniería y Sociedad, obligatoria para todas las especialidades, desde sus contenidos, se orienta a proporcionar una mirada amplia acerca de los procesos de cambio social que se han desarrollado a lo largo de la historia, no como una consecución de situaciones lineales y progresivas, sino producto de una interrelación compleja de múltiples factores cambiantes y presentes en todo momento.

Dado que consideramos que nuestros estudiantes de las carreras de ingeniería están involucrados de manera activa como sujetos históricos en un entramado complejo y vertiginoso de cambios científicos y tecnológicos, adoptamos como enfoque teórico el de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (CTS). El mismo, a través de sus diversas disciplinas, posee entre sus objetivos propiciar la contextualización histórico social del conocimiento científico-tecnológico y revalorizar el rol de los ciudadanos como sujetos activos, y propagadores de acciones beneficiosas para nuestro hábitat. De este modo, Ciencia, Tecnología y Medio ambiente constituyen temas transversales presentes en todos y cada uno de los ejes temáticos vistos en nuestra asignatura.

En UTN FRA, durante el segundo cuatrimestre, a modo de evaluación final, las clases se destinan a la realización de una breve investigación empírica y la elaboración de un informe final de investigación por cada grupo de trabajo de alumnos presente en cada curso.

Las áreas de investigación que pueden elegir son:

- A) Actividades productivas en la zona de Avellaneda.
- B) Obras civiles y edificios de valor histórico y cultural.
- C) Temas ambientales.
- D) Innovaciones.

En esta etapa, se procura no sólo que logren problematizar la realidad regional, sino también la utilización de las herramientas conceptuales desarrolladas en el primer cuatrimestre para su análisis. Durante las clases se realiza un seguimiento individual de cada investigación que toma la forma de “tutorías” y, en los encuentros los alumnos exponen sus avances y plantean sus interrogantes. La elaboración de un informe los confronta con la necesidad de presentar sus argumentaciones en forma clara e inteligible.

La investigación consiste en el planteo y delimitación de un problema a analizar, la recopilación de la información, el análisis del material recolectado, la selección y la argumentación fundada en los datos encontrados.

El desarrollo del trabajo de investigación grupal según el tema elegido, implica poner en juego algunos de los siguientes recursos metodológicos: diseño y programación de acciones; consulta bibliográfica; observación, recolección y registro de datos; análisis minucioso de diversos documentos; interpretación y confección de tablas y cuadros; realización de entrevistas; análisis comparativo; redacción de un informe; elaboración de propuestas; exposición oral; discusión y debate.

El producto final de esta actividad consta de tres partes, el informe final o monografía, una presentación en soporte digital que puede contener audio, video, fotografías, etc, y la exposición oral, en presencia del resto de los alumnos del curso. La instancia de presentación permite trabajar la expresión oral, frente a cada tema elegido, donde los estudiantes relatan sus experiencias tanto en el proceso de búsqueda de información, como en las conclusiones obtenidas a partir del análisis bajo el tamiz teórico proporcionado por toda la bibliografía vista durante el ciclo anual. Una vez concluidas todas las exposiciones de los grupos del curso se realiza entre todos una reflexión global crítica y constructiva. Esta actividad de cierre la realizamos abriendo un espacio en el aula virtual donde se colocan todas las presentaciones de los diferentes grupos asignando una letra a cada uno para identificarlos (no se coloca nombre de los alumnos autores), se les propone que observen todos y cada uno de los trabajos y que respondan dos preguntas. La consigna es la siguiente:

A partir de la lectura de todas las presentaciones de conclusiones que enviaron los diferentes grupos para esta actividad les pedimos que indiquen:

- 1.- ¿Qué presentación o power point (identificándolo con la letra que les corresponda) les llamó más la atención y por qué?
- 2.- ¿Creen que luego de leer todas las conclusiones modificarían sus propias presentaciones? ¿En qué sentido? (Análisis del problema o relaciones con los contenidos de la asignatura).

Finalmente, se hace una discusión en clase sobre este ejercicio y también se reflexiona en torno a las dificultades que surgieron al momento de hablar en público. Es, en todo su conjunto, un trabajo extenso y enriquecedor, que los alumnos mismos valoran muy positivamente.

En función de los ejes temáticos propuestos para investigar, se observa que todos los trabajos presentados, en mayor o en menor medida, la temática de medio ambiente y los conceptos de desarrollo, estrategias y políticas tecnológicas para el desarrollo, uso de tecnologías apropiadas, adecuadas, o sociales; sostenibilidad, sustentabilidad, deterioro ambiental; agotamiento de recursos naturales; obsolescencia programada y percibida; riesgos; ética, etc, han estado presentes de manera transversal.

En UTN FRBB se desarrolla el tema Desarrollo sustentable y medio ambiente con características semejantes a las señaladas por UTN FRA, donde los alumnos junto al desarrollo teórico efectúan un trabajo práctico en grupos acerca de los modelos de desarrollo y su incidencia en el sistema productivo, en la formación de recursos humanos, en la satisfacción de necesidades básicas y en relación a los mercados; también el modelo de Desarrollo Humano y Sustentable de Naciones Unidas, junto a las instituciones y programas que lo promueven, el modelo socio tecnológico actual y sus implicancias en el cuidado del medio ambiente.

Simultáneamente, en el aula virtual se presenta un texto que vincula desarrollo, medio ambiente e ingeniería y se abre un foro en base a una consigna que busca que los alumnos planteen dos ideas fundamentales del texto y luego tengan que comentar los aportes de los compañeros.

Al concluir el trabajo práctico, los mismos son presentados y de ser necesario, se incorporan ajustes.

La Facultad Regional Chubut también desarrolla en la actualidad un trabajo de investigación en la asignatura Ingeniería y Sociedad, que permite analizar aspectos relacionados con los contenidos de medio ambiente. Cabe destacar que allí se dicta la especialidad de ingeniería pesquera, industria que, de no tener en cuenta determinadas condiciones y cuidados, resulta altamente vulnerable en lo que a estas cuestiones que nos preocupan se refiere.

En base a estas experiencias se ha diseñado una actividad interfacultad buscando interactuar y enriquecer estos procesos formativos.

Las actividades específicas comprenderán que cada comisión desarrolle conceptualmente las temáticas de CTS y que simultáneamente los alumnos efectúen en grupos de a cinco estudiantes un trabajo práctico con consignas compartidas por los equipos Regionales, que posteriormente cada grupo expondrá en las clases con un análisis y debate.

Posteriormente se creará un aula virtual interfacultad entre las tres facultades UTN FRA, FRBB y FRCH para compartir la experiencia. Las producciones de los alumnos se subirán en la misma y se generará un espacio de intercambio donde los estudiantes podrán visualizar todos los trabajos.

Al mismo tiempo se generará un foro de discusión con consignas para que cada grupo analice dos escritos presentados, efectúe el comentario a dos de las reflexiones hechas por otros equipos, efectúe propuestas de mejoras de tipo profesional y social y establezca interrelaciones con otras temáticas de Ingeniería y Sociedad dictados en el cursado.

Como etapa final, se coronará esta actividad conjunta con una video conferencia entre las comisiones participantes, posiblemente de a dos facultades, a fin de alcanzar los objetivos planteados. Se buscará comentar las producciones con los puntos en común y aportes diferenciados, analizar las reflexiones sobre los trabajos de los distintos equipos, intercambiar sobre las interrelaciones planteadas en el foro y destacar la generación de propuestas vinculadas con la profesión y la vida ciudadana de cada localidad.

A través de otro formulario, diseñado ad hoc, se efectúa el seguimiento y la descripción de la experiencia.

A los efectos de su instrumentación, se efectuarán acciones con los alumnos y docentes participantes. Los estudiantes contarán con un cuestionario y un foro en el aula virtual para que los alumnos puedan efectuar sus valoraciones sobre el logro de los objetivos planteados, pertinencia de la actividad y brindar aportes para su mejoramiento.

Los profesores, por su parte, completarán formularios para la evaluación global de la misma y posteriores intercambios de los mismos y encuentros online para contrastar los resultados de alumnos y docentes.

Esta actividad se desarrollará por primera vez en el segundo cuatrimestre y se estima acrecentar la experiencia hacia años siguientes.

- Incidencia de las Redes Tutoriales en el rol de estudiante universitario. Equipos tutoriales de los primeros años de UTN FRCH y FRBB han acordado el desarrollo de un estudio sobre la incidencia de las acciones tutoriales en la construcción del proceso de ser alumno universitario a fin de incorporar mejoras en sus sistemas. Han trabajado en la elaboración del proyecto y adoptaron la técnica de encuestas semiabiertas para la obtención de información inicialmente. Avanzaron en el diseño de la misma y comenzaron a probarlas obteniendo resultados estimativos. Durante el transcurso del año se implementará.
- Asimismo, los equipos docentes de Química, Fundamentos de Informática, Álgebra, Física e Inglés, paulatinamente van avanzando en la interrelación sobre datos de los procesos formativos de sus estudiantes y la conformación de experiencias de mejora didáctica.

La coordinación del proyecto, junto a la participación constante de los equipos mencionados, va avanzando en la animación de las actividades tal los objetivos, cronograma y actividades previstas, teniendo en cuenta las semejanzas y diferencias de las organizaciones institucionales en cada Facultad interviniente

5. Conclusiones y recomendaciones

Hasta aquí hemos presentado en extenso las características de un Proyecto que se ha transformado en todo un desafío para nuestras Facultades. Si bien contamos con el respaldo de la experiencia del grupo de Bahía Blanca, entendemos que es una empresa de magnitud para todos el comenzar a trabajar de manera conjunta con muchos docentes y en varias asignaturas, no obstante apreciamos un gran interés de los participantes y de las autoridades que han brindado su apoyo desde el inicio de las tareas.

Todos somos docentes, algunos con muchos años de experiencia, que compartimos una inquietud por actualizar los contenidos de las asignaturas en que trabajamos y por mejorar las estrategias didácticas en la dinámica de clases. Estamos convencidos de la necesidad de adaptar nuestras prácticas a las características que traen los ingresantes, sin descuidar las diferentes realidades de cada una de las ciudades en que se insertan nuestras Facultades Regionales.

A pesar de las distancias geográficas, hemos establecido diferentes formas de intercambio entre los grupos de asignaturas, y se dieron aportes entre los colegas sobre situaciones semejantes y también se han generado experiencias concretas de mejoras didácticas e incorporación de bibliografías comunes.

Se cree que esta modalidad de trabajo del PID interfacultad FIIT es un aporte a la potencialidad con que cuenta la UTN, una universidad federal que impulsa y posibilita el desarrollo de actividades entre los equipos académicos, aspecto muy valioso para la actividad de docencia e investigación pero con un desarrollo aún incipiente.

Por último, entendemos que esta propuesta ha despertado sumo interés en todos los docentes participantes y generó grupos afines por asignaturas con inquietudes semejantes y propuestas de trabajo, aprovechando las afinidades que UTN presenta entre sedes regionales. Ello se

viene constituyendo en una interesante oportunidad de trabajo colaborativo para la mejora de la formación de estudiantes y docentes, en ese caso, correspondiente a los primeros años de carreras tecnológicas.

Nuestro diagnóstico y plan de acción se encuadra en el documento de ASIBEI [16] donde se afirma que los ingenieros del siglo XXI enfrentan nuevas necesidades sociales de infraestructura, bienes y servicios, dentro de procesos y sistemas cada vez más complejos y globales. Estas demandas exigen replanteamientos de fondo en la formación que reciben, para lo cual se requieren bases para trabajar en ambientes complejos, con un cuadro dinámico de necesidades en continua expansión, en condiciones políticas, sociales, culturales, económicas y ambientales que exigirán niveles de flexibilidad, comprensión y trabajo en equipo, sensiblemente diferentes a los que han orientado históricamente el desempeño de los ingenieros.

A medida que se consolida el proyecto y las interrelaciones de los equipos, se busca, también, proponer este caso de trabajo colaborativo interfacultad a otras unidades académicas de UTN y entre diversas facultades tecnológicas afines aplicado a este o a otras temáticas, y al mismo tiempo, ampliar la red de vínculos disciplinarios e interdisciplinarios, pues permite el mejoramiento continuo de la función formadora, investigadora y de extensión de la docencia universitaria.

Avanzamos convencidos que la formación responsable de los nuevos ingenieros ha de enfatizar en el manejo riguroso y escrupuloso de los recursos sociales y en la seriedad de los compromisos adquiridos en los proyectos y trabajos, para ello, nosotros mismos reflexionamos acerca de nuestras prácticas docentes y nos esforzamos para mejorarlas, en aras de lograr mejores profesionales.

6. Referencias

- [1] UNESCO (2010). *Engineering: Issues, challenges and opportunities for development*. Paris: Unesco, ISBN 978-92-3-104156-3.
- [2] ASIBEI (2013). *Plan estratégico ASIBEI 2013-2020*. Bogotá: ASIBEI. Ubicado el 26/5/2015 en http://www.asibei.net/plan_estrategico.html#
- [3] MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2012). *Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012-2016*. Buenos Aires: SPU. Ubicado el 23/5/2015 en <http://pefi.siu.edu.ar/>
- [4] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (2013). *Plan estratégico para la UTN*. Buenos Aires: UTN.
- [5] BARBABELLA, M.; MARTINEZ, S.; TEOBALDO, M.; FANESE, G. (2004). “Programa de mejoramiento de la calidad educativa y retención estudiantil”. En I Congreso Internacional Educación, lenguaje y sociedad. Tensiones educativas en América Latina. Santa Rosa, Universidad Nacional La Pampa.
- [6] LAGGER, J.M.; DONET, E.; GIMENEZ URIBE, A.; SAMOLUK, M. (2008). “La deserción de los alumnos universitarios, sus causas y los factores (pedagógicos,

psicopedagógicos, sociales y económicos) que están condicionando el normal desarrollo de la carrera de Ingeniería Industrial, UTN-FRSF”. En VI CAEDI. Salta: EUNSA.

- [7] CURA, R.O.; PÁEZ, H.; SARTOR, A.; MENGHINI, R. (2012). “Formación inicial en Ingenierías e investigación acción”. En III Jornadas Ingreso y Permanencia en Carreras Científicas y Tecnológicas. San Juan: Universidad Nacional San Juan.
- [8] ROSELLI, N. D. (2008) “La disyuntiva individual-grupal. Comparación entre dos modelos alternativos de enseñanza en la universidad*”. Revista Ciencia, docencia y tecnología. Mayo, N°36. Concepción del Uruguay. Versión on line, ISSN 1851-1716
- [9] ELLIOT, J. (1990). *La investigación acción en educación*. Madrid: Ed. Morata
- [10] LATORRE, A. (2000). *Investigación acción: conocer y cambiar la práctica educativa*. Madrid: Narcea.
- [11] FERRO SOTO, C.; MARTINEZ SENRA, A.I.; OTERO NEIRA, M.C. (2009). “Ventajas del uso de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes. En Edutec-e Revista Electrónica de Tecnología Educativa, N° 29.
- [12] MORRISSEY, J. "El uso de TIC en la enseñanza y el aprendizaje. Cuestiones y desafíos". *Las TIC: del aula a la agenda política*". Ponencia en el Seminario internacional Cómo las TIC transforman las escuelas. Buenos Aires: UNICEF ARGENTINA/IPE-UNESCO. Abril 2008
- [13] ESPINAR RODRÍGUEZ, S. (2004). *Manual de tutoría universitaria*. Barcelona, Octaedro.
- [14] ARNAL, J.; DEL RINCÓN, D; LATORRE, A. (1992). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Ed. Labor, p. 23.
- [15] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; LUCIO, P.B.U. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- [16] ASIBEI. (2006). *Documento de la Sesión del Comité Ejecutivo de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería*. Río de Janeiro.

LA ENSEÑANZA DE LA TERMOQUIMICA PARA ALUMNOS DE QUIMICA GENERAL II UTILIZANDO COMO RECURSO EL LABORATORIO VIRTUAL

Susana Beatriz Fiad, FACEN UNCa, susanafiad502@hotmail.com

Ofelia Dora Galarza, FACEN UNCa, odoragalarza@yahoo.com.ar

Resumen— Los recursos que apoyan la enseñanza-aprendizaje de la química han evolucionado desde pesadas pizarras hasta la era digital con el desarrollo de software y recursos digitales que ofrecen varias opciones para motivar en los estudiantes. La asignatura Química está presente en el ciclo básico de todas las carreras de ingeniería y junto con la física y la matemática aporta una sólida formación en estas áreas para generar un conocimiento y lenguaje común a todas las especialidades con el propósito de abordar sin dificultad el avance tecnológico y facilitar la actuación profesional. El objetivo fue incorporar el laboratorio virtual como recurso para la enseñanza aprendizaje de la termoquímica. Se trabajó con los alumnos de la cátedra Química General II del año 2015. La herramienta fue “Laboratorio Virtual de Química General” (VCL) de la Editorial Pearson. Se respetó lo planificado desarrollando primero el trabajo práctico de aula y en otra clase el práctico de laboratorio virtual en sala de computación I. En el laboratorio virtual el estudiante pudo distinguir procesos exotérmicos y endotérmicos. Empleó un calorímetro simple para medir el calor específico de diversas sustancias y pudo verificar la ley de Hess. Los alumnos pudieron desarrollar habilidades cognitivas durante la interacción con el simulador, utilizándolo como estrategia de aprendizaje, propiciando la comprensión de conceptos relacionados a la Termoquímica.

Palabras clave— *Aprendizaje – Estrategias- Química General - TIC*

1. Introducción

Uno de los problemas más serios que enfrentan hoy en día las universidades en el primer año de estudios es la heterogeneidad en el nivel de conocimientos alcanzado por los alumnos en los estudios previos y las carencias con las que cuentan. Investigaciones señalan que la mayoría de los alumnos que aspiran a iniciar alguna de las carreras universitarias no reúnen las condiciones y habilidades necesarias para el estudio y la interpretación de textos, [1]. Esto genera un alto nivel de deserción en el primer año de las carreras universitarias, siendo más notable en las carreras científico-tecnológicas donde se encuentran con materias como matemática, física y química. El porcentaje de retención al finalizar el primer año de estudios se encuentra entre un 20 y un 40%, dependiendo de la carrera, por lo que la tasa de desgranamiento es muy elevada en el primer año de estudios [2]. En este sentido, varios autores, señalan que los problemas asociados a la enseñanza y al aprendizaje de la Física y de la Química se ven reflejados en los bajos rendimientos de los alumnos, tanto de nivel secundario como universitario y en una disminución en el número de estudiantes que eligen algunas carreras de nivel superior afines con ellas, [3] [4] [5].

Por otra parte, la enseñanza tradicional de pizarrón está en contraposición con el mundo real donde viven los alumnos, porque ha cambiado la forma de interrelacionarse como resultado de las experiencias con la tecnología fuera de la escuela [6]. Se hacen necesarias nuevas formas de enseñanza [7]. Los docentes estamos en la obligación de encontrar nuevos y mejores métodos pedagógicos para alcanzar estos retos. En este contexto, las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) juegan un papel esencial en la reestructuración del proceso de enseñanza-aprendizaje; asimismo pueden ser usadas como herramientas potencializadoras en la enseñanza de la Física y la Química experimental, aunque su uso debe hacerse de manera consciente y reflexiva, [8]. Integrar las TIC a la docencia universitaria puede convertirse en una estrategia adecuada para motivar a los alumnos ya que, entre otras ventajas: incrementan la variedad metodológica, aumentan la accesibilidad y la flexibilidad, promueven el protagonismo del alumno, mejoran la presentación y la comprensión de ciertos tipos de información, fomentan el trabajo cooperativo, mejoran el trabajo individual, acceden a nuevos entornos y situaciones, [9] y [10].

Las áreas de la física y la química son comunes a un buen número de carreras universitarias científico-tecnológicas como todas las ingenierías, medicina, odontología, las licenciaturas en química, física, entre muchas otras, y conjuntamente con la matemática los prepara para modelar los fenómenos que se estudian; por lo que están presentes desde el primer año de estas carreras.

La química que es una ciencia eminentemente práctica que para estudiarla se divide en ramas, la química general, la química inorgánica, la química orgánica, la química biológica, etc. La Química General es, como su nombre lo indica, la parte de la química que estudia a esta ciencia de una manera muy amplia, presentando al estudiante las ideas principales, cimentando bases para profundizar los estudios en otras ramas de la química y sus aplicaciones. En todas las carreras universitarias vinculadas a esta ciencia, es en el primer año de la carrera donde se la encuentra. Particularmente, en las ingenierías, la química debe contribuir a desarrollar la capacidad para comprender y aplicar los principios y conocimientos básicos de la Química General, Química Orgánica e Inorgánica y sus aplicaciones en la Ingeniería. Los tópicos fundamentales en la curricula de la Química General, Química Básica o simplemente Química abarca desde estructura de la materia, hasta transformaciones de la materia donde se incluye, la termodinámica, cinética y los equilibrios químicos.

Los recursos que apoyan la enseñanza-aprendizaje de la química han evolucionado desde pesadas pizarras hasta la introducción de los microcomputadores y ordenadores personales, que dan inicio a la era digital y a la Internet (1990 – actualidad), con el desarrollo de software y recursos digitales que ofrecen varias opciones para motivar el aprendizaje a los estudiantes de la química. El panorama actual del proceso enseñanza-aprendizaje plantea nuevos retos académicos, especialmente en lo que se refiere a metodologías capaces de construir competencias orientadas al logro de una mayor autonomía del estudiante, puesto que el aprendizaje será más efectivo si en alguna etapa de la experiencia el alumno puede participar activamente mediante la experimentación, el análisis y la toma de decisiones [11]. Al respecto resultan muy útiles los laboratorios virtuales, que pueden utilizarse como una herramienta de refuerzo y apoyo para que los estudiantes potencien sus conocimientos por sí solos o bien se pueden implementar como elemento didáctico en las clases expositivas para fomentar un entorno participativo y constructivista. De manera añadida, mediante su uso también se potencia la adquisición de competencias en el manejo de las TIC, tan importantes hoy en día para la formación del estudiante [12]. Un laboratorio virtual es una simulación de la realidad, es decir, un experimento de laboratorio, usando los patrones descubiertos por la ciencia. Estos patrones, o leyes si se prefiere, son codificados por el procesador de un ordenador para que,

mediante algunas órdenes, éste nos brinde respuestas semejantes a lo que se podría obtener en la vida real [13].

Los laboratorios virtuales de química (LVQ) son herramientas informáticas que aportan las TIC y simulan un laboratorio de ensayos químicos desde un entorno virtual de aprendizaje. Constituyen una alternativa complementaria válida que brindan ventajas para el aprendizaje de la química, tales como: la posibilidad de trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación protegido y seguro (permiten desarrollar simulaciones realistas y complejas, donde se pueden tomar decisiones y efectuar elecciones de manera similar a las que se tomarían en el medio real del laboratorio pudiendo experimentar las consecuencias de la correcta o incorrecta “praxis” en laboratorio sin ningún tipo de riesgo), realizar un trabajo tanto individual como grupal y colaborativo, además de ofrecerle al estudiante una serie de elementos adicionales, como bloc de notas, graficadores, calculadoras científicas, entre otros, [14]. Asimismo, se facilita la autoevaluación, el estudio independiente y además contribuye al ahorro de recursos y cuidado del medio ambiente, [15].

Por otro lado los Laboratorios virtuales llevan una carga de motivación para el alumno porque el carácter interactivo de la simulación hace que los estudiantes se involucren interactivamente en el proceso, [16]. Desde el punto de vista conductual, el laboratorio virtual provee a cada estudiante su propio ambiente de aprendizaje, propiciando la participación de aquellos más tímidos, quienes tienen en este caso la oportunidad de explorar la experiencia a su propio ritmo, aumentando la probabilidad de lograr las competencias deseadas. Los estudiantes aprenden mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente, sin avergonzarse de realizar varias veces la misma práctica, ya que pueden repetirlas sin límite; sin temor a dañar alguna herramienta o equipo [17].

El objetivo de este trabajo fue incorporar el laboratorio virtual como recurso para la enseñanza aprendizaje de la termoquímica.

2. Materiales y Métodos

Se trabajó con todos los alumnos que asistieron a la cátedra Química General II de las carreras Licenciatura en Química, Profesorado en Química y Técnico Químico Universitario de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca, durante el año académico 2015. La Química General II se dicta en el segundo cuatrimestre de 1er. Año y para cursarla tiene como correlativa la exigencia de haber regularizado la Química General I correspondiente al 1er. Cuatrimestre del primer año de estas carreras. La herramienta de laboratorio virtual elegida para este estudio fue “Laboratorio Virtual de Química General” (VCL), correspondiente a una publicación de Prentice Hall, de la Editorial Pearson, 3ª edición de 2009 con ISBN: 978-607-442-210-8, [18], que tiene gran versatilidad en cuanto a sus posibilidades de aplicación en el aula. Viene en soporte CD y con un libro que trae algo de teoría y actividades. Es sumamente realista, en 3D, y da la sensación de estar efectivamente en el interior de un laboratorio. Fue desarrollado por la Brigham Young University. Las principales ventajas del VCL elegido, respecto de otros disponibles, radican en que es muy dinámico, intuitivo y contiene una serie de experimentos para realizar en cinco mesadas de trabajo, que diferencian las temáticas a abordar: Química Inorgánica, Calorimetría, Gases, Química Cuántica y Valoraciones. Además le permite al estudiante tomar decisiones y efectuar elecciones de manera similar a las que tomaría en un laboratorio real, experimentando las consecuencias de la correcta o incorrecta “praxis” sin ningún tipo de riesgo.

La cátedra Química General tiene a cargo el dictado de la química general I y la química general II. Durante los años académicos 2013, 2014 y 2015 se realizó una investigación con diseño experimental con preprueba-postprueba (pretest y posttest), grupo experimental (GE) y grupo control (GC) que consistió en la implementación de la herramienta VCL dentro de la metodología docente en el dictado de la Química General I. En este sentido se respetó lo planificado en la Guía Didáctica de la cátedra, desarrollando las clases según la modalidad habitual de la materia que consta semanalmente en una clase teórica, una clase teórico-práctica y una clase práctica de aula, y/o clase práctica de laboratorio según corresponda de acuerdo al contenido. Al GE se le incorporó clases en la sala de Computación 1 de la FACEN. En la primera se presentó a los estudiantes el VCL a través un power point. Con el propósito de familiarizar al estudiante con el procedimiento a seguir se mostró una serie de capturas de pantalla del simulador. A través de ellas se indicó cómo encontrar el ícono del VCL para iniciar simulaciones, como acceder al laboratorio de química general y finalmente ingresar a la mesada del laboratorio donde se encuentra el workbook (cuaderno de trabajo), de donde se debe elegir el trabajo práctico a desarrollar. Se desarrollaron cuatro trabajos prácticos en laboratorio virtual en todo el cuatrimestre.

Para contrastar el avance conceptual logrado por los estudiantes tanto del GE como del GC se utilizó la herramienta estadística llamada Ganancia normalizada o factor de Hake que mide cuánto han aprendido los estudiantes dentro del contexto de una metodología didáctica en particular, en este caso, el empleo del VCL. Una ganancia de Hake baja se encuentra considerada entre 0.0 y 0.3, una ganancia de Hake media se encuentra entre 0.3 y 0.7, y una ganancia de aprendizaje alta está comprendida entre 0.7 y 1.0, [19]. La expresión matemática para evaluarla está dada por la fórmula (1).

$$h = \frac{\% \text{ posttest} - \% \text{ pretest}}{100 - \% \text{ pretest}} \quad (1)$$

Los resultados de esta experiencia indicaron que los alumnos del GE pudieron desarrollar habilidades cognoscitivas durante la interacción con el simulador, utilizándolo como estrategia de aprendizaje, propiciando la comprensión y adquisición de los conceptos estudiados. Además los estudiantes del GE obtuvieron un valor para el factor de Hake comprendido dentro del intervalo reportado en la literatura como un valor satisfactorio con una ganancia de aprendizaje alta, [20]. En virtud de esto durante el ciclo académico 2015 se decidió implementar el VCL en Química General II eligiéndose el tema Termoquímica. Se respetó lo planificado desarrollando primero el trabajo práctico de aula y en otra clase el práctico de laboratorio virtual en sala de computación I. La guía de trabajo práctico constó de 5 experiencias. En todas las experiencias el estudiante realizó operaciones básicas de un laboratorio como tarar la balanza y pesar, siguiendo el protocolo de pesada tal como se hace en un laboratorio real.

En la primera experiencia además el estudiante pudo disolver varias sales (NaCl , NaNO_3 , CH_3COONa) en agua y medir el cambio de temperatura resultante que le permitió realizar deducciones sobre la naturaleza del proceso, distinguiendo los exotérmicos de los endotérmicos.

En la segunda experiencia el estudiante midió la entalpía de una solución. Para ello tomó del almacén de reactivos el frasco de NH_4NO_3 , pesó una muestra de 2g, manipuló un calorímetro, registró la temperatura basal del agua, luego introdujo la muestra de la sal al calorímetro observó el cambio de temperatura hasta que alcanzó un máximo y después anotó los datos de 20 a 30 segundos más. Posteriormente calculó el cambio de temperatura (ΔT), completó la tabla de datos y calculó los moles de la sal empleada, el calor absorbido o perdido por el agua

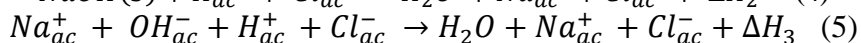
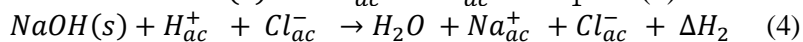
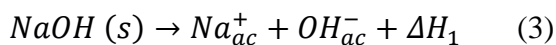
expresándolo en calorías y en joule, el calor molar de solución para NH_4NO_3 , y a partir del valor aceptado para el calor de solución del NH_4NO_3 que es - 25.69 kJ/mol calculó el error porcentual con la ecuación 2.

En la tercera experiencia el estudiante empleó un calorímetro simple y sus conocimientos sobre el calor específico del agua para medir el calor específico del aluminio. Para ello pesó una muestra de aluminio metálico, registró la masa, la colocó en el horno que está calibrado para calentarse a 200°C , manipuló el calorímetro, registró la temperatura basal del agua, luego introdujo la muestra del metal en el calorímetro observó el cambio de temperatura hasta que alcanzó un valor constante y después anotó los datos de 20 a 30 segundos más. Registró en la tabla de datos la temperatura antes de agregar el bloque de Al y la temperatura más alta después de agregar el bloque de Al. Con los datos pudo calcular el calor absorbido por el agua, el ΔT del aluminio. Sabiendo que el calor que gana el agua es igual al calor que pierde el metal, calculó el calor específico del aluminio. Finalmente a partir del valor aceptado para el calor específico del aluminio que es 0.903 J/K.g y el obtenido en el experimento, calculó el error porcentual con la ecuación 2.

La cuarta experiencia constó de dos partes en la primera midió el calor de combustión de la grasa de pollo y en la segunda el calor de combustión del azúcar de mesa o sacarosa. En la primera parte tuvo que pesar una muestra de grasa de pollo en la taza del calorímetro previamente tarado y además ensamblar los componentes básicos la bomba calorimétrica y taparla. Como los experimentos de combustión suelen tardar bastante tuvo que usar el acelerador que ofrece el simulador para que el tiempo en el laboratorio transcurra más rápido. Manipuló el panel de control para activar la ignición. Registró la temperatura antes y después de la ignición de la muestra de la grasa de pollo en la tabla de datos. Calculó el ΔT para el agua, los moles de grasa de pollo en la muestra, el calor de combustión o entalpía (ΔH). Finalmente a partir del valor aceptado para el calor de combustión de la grasa de pollo que es 30.038 kJ/mol , calculó el error porcentual por la ecuación 2. Para la segunda parte repitió la secuencia para medir el calor de combustión de la sacarosa. Finalmente a partir del valor aceptado para el calor de combustión del azúcar que es 5639 kJ/mol , calculó el error porcentual con la ecuación 2

$$\%error = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor aceptado}}{\text{valor aceptado}} \times 100 \quad (2)$$

En la quinta experiencia el estudiante midió la cantidad de calor liberado en tres reacciones exotérmicas relacionadas (3), (4) y (5)



Para ello uso el calorímetro con el que ya estaba familiarizado por las experiencias anteriores, registró los ΔT y con ellos calculó el calor total liberado en cada reacción, respectivamente. Finalmente pudo verificar la Ley de Hess, ya que comprobó que la suma de los calores de las ecuaciones 3 y 5 es igual al de la ecuación 4.

Al finalizar el trabajo práctico el estudiante presentó el Informe para su evaluación y completó de forma voluntaria y anónimamente un cuestionario cerrado y sencillo en el que se le formulaba preguntas relativas a sus opiniones sobre la utilización de la herramienta virtual VCL para el aprendizaje de termoquímica.

3. Resultados y Discusión

El 100% de los alumnos presentó el Informe de laboratorio completo y correcto.

El 98% de los alumnos contestó y resolvió correctamente cuestiones relativas a la termoquímica planteadas en el segundo examen parcial de la materia.

Del cuestionario cerrado el 96% respondió que el VLC contribuyó a la comprensión de conceptos relativos a la termoquímica, el 88% que le sirvió para optimizar su tiempo de estudio y aprendizaje, el 92% manifestó que le sirvió para aclarar cuestiones que no había comprendido con el práctico de aula de termoquímica, el 85% dijo haber integrado temas anteriores con la termoquímica, como por ejemplo la estequiometría y la formulación química.

De las apreciaciones personales el 96% sugirió estudiar otros temas de la materia con esta herramienta, el 82% manifestó que las simulaciones los motivaron a volver a leer la teoría y a complementar con otra bibliografía y el 98% valoró como muy positivo la posibilidad que ofrece el simulador de poder repetir el experimento tantas veces como quisiera, validando los resultados y corrigiendo errores.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de esta experiencia indican que los alumnos pudieron desarrollar habilidades cognitivas durante la interacción con el simulador, utilizándolo como estrategia de aprendizaje, propiciando la comprensión y adquisición de los conceptos relacionados a la Termoquímica

Al responder las preguntas para la redacción del informe del trabajo práctico los estudiantes pudieron integrar y relacionar aspectos de la termoquímica con otros temas de la materia.

Los estudiantes mostraron una actitud positiva hacia los conceptos tratados y la forma de trabajarlos en clase, siendo un aspecto a considerar en la cátedra a fin de incorporar otros contenidos empleando la misma metodología.

Los resultados obtenidos parecen poner de manifiesto que los estudiantes que fueron asistidos por un entorno virtual de enseñanza aprendizaje son capaces de utilizar conceptos de alto nivel de comprensión como los tratados.

Resultó gratificante observar el interés y la motivación manifestada por los propios alumnos en ver más temas de química con esta herramienta.

5. Referencias

[1] PÉREZ CARMONA M DEL C; ESPER L.; VECE M.B. (2004). Problemas detectados en alumnos ingresantes a una carrera universitaria. Eje Temático Investigación, ciencia y transferencia. Facultad de Ciencias. Instituto Miguel Lillo. UNT.

[2] FIAD S. Y QUIROGA, V. (2010). Dificultades en el aprendizaje de Química General I y acciones tendientes a mejorar su enseñanza, en el marco del PACENI. VI Jornadas Internacionales-IX Nacionales de la Enseñanza Universitaria de la Química. ISBN N°978-987-657-370-2 Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, 140

[3] MERINO DE LA FUENTE, M.(2002). La crisis de la Física: una crónica de la Semana Europea de Ciencia y Tecnología 2000. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n.1, p.185 – 190.

[4] Bär, N. (2010). ¿Qué se esconde tras el miedo a las ciencias duras?. *Diario La Nación*. Publicado julio 2010. Sitio web: <http://www.lanacion.com.ar/1288859>, consultado 3 de marzo de 2015.

- [5] RATTO, J. (2012) Disertación: Enseñanza de las Ciencias. Academia Nacional de Educación, (Argentina) disponible: http://www.acaedu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id, consultado 3 de marzo de 2015.
- [6] HERNANDEZ, R. (2003). El Modelo Constructivista con las Nuevas Tecnologías, Aplicando en el Proceso de Aprendizaje. De Universidad y Sociedad del Conocimiento, v.5, n.2, p. 26-35.
- [7] BEKERMAN, D Y DANKNER, L.(2010). La pareja Pedagógica en el Ámbito Universitario, Un Aporte a la Didáctica Colaborativa. Formación Universitaria, v.3, n.6, p.3-8.
- [8] ENRIQUE, C. M. Y ALZUGARAY, G. E. (2013). Modelo de Enseñanza-Aprendizaje para el Estudio de la Cinemática de un Volante Inercial usando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un Laboratorio de Física. *Formación Universitaria*, 6(1), 3-12doi 10.4067/S0718-50062013000100002.
- [9] DÍAZ, P. (2004). Las TIC como apoyo en el proceso de enseñanza/aprendizaje. *1ª Jornada Campus Virtual UCM*, 6 de Mayo de 2004.
- [10] ROSADO, L. Y HERREROS, J. (2009). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física, *Recent Research Developments in Learning Technologies, International Conference on Multimedia and ict in Education*, 22-24 abril, Lisboa, Disponible en: www.formatex.org/micte, (consultado: 6 de diciembre 2013).
- [11] CHERLYS INFANTE JIMÉNEZ (2014). Propuesta Pedagógica para el uso de Laboratorios Virtuales como actividad complementaria en las asignaturas Teórico-Prácticas *Revista Mexicana de Investigación Educativa. RMIE, Mexico*, v. 19, n.62, p. 917-937
- [12] MOLINA, J. (2012). Herramientas virtuales: laboratorios virtuales para ciencias experimentales - una experiencia con la herramienta VCL, X Jornades de xarxes d'investigació en docència universitària. Disponible en: <http://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2012/documentos/posters/245405.pdf> (consultado: 6 de diciembre 2013).
- [13] SANZ, A. Y MARTÍNEZ, J. (2005). El uso de los laboratorios virtuales en la asignatura Bioquímica como alternativa para la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación. *Tecnología Química*, v. 25, n. 1, p. 5-17.
- [14] CATALDI, Z., CHIARENZA, D., DOMINIGHINI, C., Y LAGE, F. J. (2011). Clasificación de laboratorios virtuales de química y propuesta de evaluación heurística. *In XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- [15] RODRÍGUEZ-RIVERO, Y., MOLINA-PADRÓN, V, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M., Y J. MOLINA-RODRÍGUEZ. (2014). El proceso enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, v. 5, n.1, p. 67-79
- [16] HAKE, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A si x-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *Am. J. Phys.*, n. 66, p.64–74
- [17] ROSADO, L. Y HERREROS, J. (2009). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física, *Recent Research Developments in Learning Technologies, International Conference on Multimedia and ict in Education*, 22-24 abril, Lisboa, Disponible en: www.formatex.org/micte (consultado: 6 de diciembre 2013).
- [18] WOODFIELD, B.; ASPLUND, M.; Y S. HADERLIE. (2009). Laboratorio Virtual de Química General (VCL), 3ª edición, Prentice Hall, Naucalpan de Juárez, México.

[19] HAKE, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six- thousand- student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, v.66,n.1,p. 64-74.

[20] FIAD SUSANA Y OFELIA GALARZA. (2015). El Laboratorio Virtual como Estrategia para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje del Concepto de Mol. *Formación Universitaria*, v. 8, n.4,p. 3-14 doi: 10.4067/S0718-50062015000400002

PROMOCIÓN DEL USO DE ENERGÍAS NO CONVENCIONALES EN CLASES EXPERIMENTALES DE CURSOS DE INGENIERÍA EN FACENA

Marta Gabriela Stoppello, GER -FaCENA-UNNE mstopello@hotmail.com

Guillermo Rubén Sánchez, GER- FaCENA-UNNE guillermo_682@yahoo.com.ar

Arturo Juan Busso, GER-FaCENA-UNNE ajbusso@gmail.com

G.E.R – Grupo en Energías Renovables – FaCENA – UNNE

Campus Libertad – Av. Libertad 5460 – 3400 Corrientes

Tel: +54 379 4473931 int. 116 / Fax: +54 379 4473930

Resumen

El Grupo en Energías Renovables de la Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura entre sus líneas de investigación y desarrollo está abocado al diseño e implementación de refrigeradores de compresión de vapor convencional utilizando energía eléctrica fotovoltaica de origen solar y al mismo tiempo la promoción del uso de energías no convencionales.

Desde la asignatura Termodinámica se pretende acercar el campo de las energías renovables a los estudiantes de ingeniería eléctrica innovando en los trabajos prácticos de laboratorio con la incorporación del estudio de transmisión del calor en placas poliuretánicas, cambios de fases, y eficiencia energética (coeficiente de desempeño) en ciclos frigoríficos de baja presión utilizando gases ecológicos; propiedades requeridas en el diseño del refrigerador alimentado con energía solar. La asignatura Termodinámica integra el plan de estudio de la carrera Ingeniería Electricista, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FaCENA- de la Universidad Nacional del Nordeste -UNNE, en tercer año segundo cuatrimestre

En esta oportunidad se presentan los resultados del decaimiento térmico en los gabinetes utilizados en el prototipo del equipo frigorífico, obtenidos por alumnos de las cohortes 2014 y 2015, integradas por 12 y 10 alumnos respectivamente

Esta manera de organizar los trabajos prácticos permite que los alumnos se apropien significativamente de los nuevos conceptos en situaciones muy próximas a las reales de su futura problemática profesional.

Palabras clave— *energía renovables – termodinámica – conducción de calor*

1. Introducción

La práctica de laboratorio por si sola o sin claridad en las metas e intenciones de apoyar la teoría y la base conceptual de los contenidos programáticos en ciencias; aporta poco casi nada para los estudiantes, ellos deben reconocer la importancia del experimento y la práctica experimental como fuente primordial de construcción del conocimiento, refuerzo, fijación y enriquecimiento

del mismo, con el uso del método científico y la aplicación de las operaciones de la mente o el pensamiento. “El diseño y construcción de un equipo de laboratorio conlleva una práctica consciente, no mecánica, que involucra todas las operaciones del pensamiento, para aprender y adaptar adecuadamente un método secuencial (sin pretender que sea único o el mejor); que un docente apoyado en su experiencia y conocimientos, reconoce basado en fundamentos académicos y habilidades pretéritas que fundamentos y habilidades debe desarrollar el estudiante y cuáles son los conceptos de las ciencias que deben ser reforzados con experimentos y las prácticas de laboratorio pertinentes”. (Holguín, C [1])

“La práctica en ingeniería es la mejor oportunidad para comprobar si los conceptos han sido bien enseñados y por ende comprendidos” ... porque la práctica es algo mucho más complejo, mucho más dinámico. La práctica, es el contacto con la realidad, y la realidad de la ingeniería está por fuera de las aulas. Es necesario que la universidad tome la iniciativa de crear un ambiente de aprendizaje donde la formación práctica adquiera un papel preponderante y no dejar dicha acción y responsabilidad a las empresas del sector productivo. En ingeniería se encuentran diversos aspectos que para ser comprendidos demandan una actividad práctica que refleje toda la teoría trabajada en el aula, pero esa actividad no es el estado simple de estructurar situaciones de comprobación de conocimientos que redunden en la repetición y repartición de labores que terminen agrupadas en un documento llamado informe; por el contrario, debe ser un espacio donde se ponga a prueba el sentido crítico, la observación del fenómeno, la capacidad de resolver problemas en el acto mismo, la posibilidad de escribir y redactar un informe con conclusiones que apunten a la construcción de conocimiento en su área específica de formación y, finalmente, es un espacio para fortalecer el trabajo cooperativo de los estudiantes. (Cruz y Valencia, 2005 [2])

“¿De qué manera se pueden integrar en una propuesta didáctica que resulte efectiva para lograr el desarrollo de las principales competencias en la formación básica de los ingenieros? Responder a esta pregunta implica un replanteo de la forma en que se enseña en el laboratorio y una reflexión acerca del marco de referencia desde el cual se va a proponer la metodología de trabajo, se van a diseñar las actividades para los alumnos y se van a evaluar los resultados”. (Pesa, M *et al* 2014 [3])

“Teniendo en cuenta que, en la Universidad, la investigación es ejecutada en su mayoría por personas vinculadas a ella en calidad de docentes o estudiantes, la articulación de estas actividades en el ámbito institucional, grupal e individual, debería ser casi natural”. (Lozano, G [4]) El uso de la infraestructura, equipos o instrumentos de medición y prototipos que el GER posee en el taller o instalados en el campus de Av. Libertad son recursos disponibles que sus miembros pueden utilizar en el desarrollo de actividades docentes que complementan y fortalecen los recursos de los laboratorios de las asignaturas de grado en la capacitación de los alumnos, pudiendo éstos acceder a clases prácticas que buscan el desarrollo de competencias específicas en los futuros ingenieros.

Se presenta en este trabajo el desarrollo de una propuesta específica para el estudio y aprendizaje de la transmisión del calor por conducción a través de paredes planas paralelas del gabinete de un ciclo frigorífico de compresión de vapor con almacenamiento de energía térmica (frío) mediante cambio de fase de una masa de solución salina al 10% en peso (salmuera).

2. Materiales y Métodos

Se analizará la transmisión del calor en un proceso real: decaimiento térmico a través de las paredes del gabinete de un prototipo de refrigerador de ciclo evaporativo alimentado con energía solar (en desarrollo por el GER).

La práctica de laboratorio real, está asociada con la implementación de situaciones concretas susceptibles de alteraciones externas no incluidas en un modelo teórico.

Es de interés evaluar la máxima autonomía térmica en estado pasivo del ciclo a través de las propiedades de aislación del gabinete y el auxilio de un cambio de fase interna (6 kg de agua salina al 10%).

Previo a las mediciones se conduce el refrigerador a una temperatura inicial de equilibrio de 5°C.

Los alumnos se involucran desde las actividades preparatorias de los ensayos, familiarizándose con el sistema de adquisición de datos y montado de los sensores en los puntos de medición. Así mismo, realizan la bajada de datos recolectados y el procesamiento de los mismos. Este procesamiento requiere la aplicación de los contenidos específicos del tema conducción del calor.

Las mediciones, en estado pasivo del ciclo, se realizaron durante el tiempo necesario para llegar al equilibrio térmico con la temperatura ambiente (entre 4 a 5 días).

Sistema de medición: Se utilizaron dos módulos de adquisición autónomos ADAM 4018M y un módulo conversor RS232 ADAM 4520 para descarga a PC.

Como sensores de temperatura se utilizaron termocúplas tipo K. Estos sensores se distribuyeron para medir la temperatura exterior e interior en diferentes secciones del gabinete, de la puerta, de la pared derecha (sobre la cual se ubica el condensador) y de la pared frontal. El registro de datos de temperatura se realizó cada 5 min.

Con el objetivo de garantizar la provisión continua de frío, aun bajo situaciones de malas condiciones climáticas, se incluyó un medio de almacenamiento de energía térmica mediante cambio de fase de una solución salina al 10% en peso (salmuera).

La salmuera se colocó en bolsas de polietileno de alta densidad las cuales se ubicaron en íntimo contacto con el evaporador que fue construido con forma de U tal como puede apreciarse en la Figura 1. El frío generado se almacenará como hielo en el interior del gabinete de forma que, durante periodos sin alimentación eléctrica (noche y con malas condiciones climáticas), la temperatura interior se mantenga de manera natural a partir de la masa congelada.

El nivel de aislación del gabinete se evaluó mediante ensayos de pérdida térmica y cálculos teóricos del flujo de calor basados en la técnica denominada “*graficación de flujo*” (Welty, 1978), que es cómoda y rápida para la conducción de calor bidimensional en estado estable que cumpla ciertas condiciones de borde.

En la Tabla 1 se presentan las especificaciones técnicas del sistema de refrigeración y sus componentes y en la Tabla 2 detalles del ensayo en laboratorio con alimentación de red.

La Figura 2 muestra los resultados obtenidos con una masa de agua en el interior del refrigerador de 32 kg distribuida en botellas de gaseosa 1.5 y 2.25 L. Se instalaron sensores de temperatura en dos botellas (marcadas 1 y 2) (ver Fig.1).

Las orientaciones y las consultas fueron necesarias para la interpretación de las gráficas, asistidos con explicaciones por parte de los docentes.

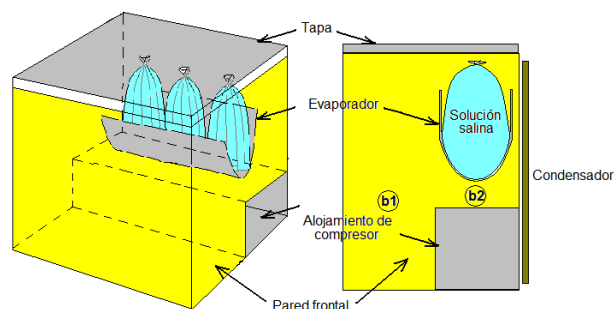


Figura 1.- Esquema general del gabinete

Tabla 1.- Especificaciones técnicas

Año 2014 ESPECIFICACIONES			
<u>Refrigerador</u> Ciclo de trabajo por compresión de vapor con almacenamiento de híbrido de energía batería-cambio de fase	<u>Compresor:</u> EMBRACO Modelo: EMI 30ER Volumen a refrigerar admitido: 180-220 L Cap. Frigorífica: 80 W Referencia comercial: 1/10 HP	<u>Gabinete:</u> Tipo cajón con fondo escalonado Dimensiones exteriores: Alto = 0.85 m Frente = 0.58 m Fondo = 0.58 m Espesor de pared: 0.06 m Aislante: poliuretano expandido Capacidad bruta = 137 L Vol. Evaporador y solución = 10.3 L Capacidad neta = 127 L	<u>Refrigerante:</u> DUPONT SUVA MP39 (R-401A) Temperatura de Evaporación: - 20°C Presiones de trabajo (manométricas): Lado de alta: 150 PSI Lado de baja: 25 PSI

Fuente: elaboración propia

Tabla 2: ensayo en laboratorio con alimentación de red.

Condición	Duración	Objetivo
Gabinete lleno con 32 kg de agua + 6 kg de solución salina. Arranque hasta régimen. Tensión de alimentación: 220 V AC	5 días	Análisis del comportamiento de las variables térmicas

Fuente: elaboración propia

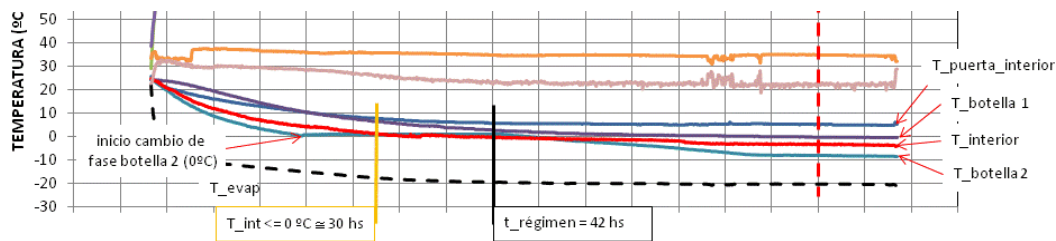


Figura 2.- Evolución de los parámetros térmicos. Refrigerador lleno con 32 kg de agua.

En la Tabla 3 se presentan las especificaciones técnicas correspondientes al sistema de refrigeración y sus componentes del ensayo realizado en laboratorio con alimentación en 12 V DC y en la Figura 3 se muestra una fotografía del gabinete, esquema del interior y puntos de medición.

Tabla 3.- Especificaciones técnicas

Año 2015 ESPECIFICACIONES				
<u>Refrigerador:</u>	<u>Compresor:</u>	<u>Gabinete:</u>	<u>Evaporador:</u>	<u>Refrigerante:</u>
Ciclo de trabajo por compresión de vapor con capacidad variable	DANFOSS Modelo: BD 35K Volumen a refrigerar admitido: 100 L máximo para T ambiente = 32°C Electrónica de control: 101N0210 Nro. de revoluciones: 2500 rpm	Tipo cajón con fondo escalonado Dimensiones exteriores: Alto = 0.90 m Frente = 0.59 m Fondo = 0.68 m Espesor pared: 0.06 m Aislante: poliuretano expandido Capacidad bruta = 115L. Capacidad neta = 112L	Tipo cajón Dimensiones exteriores: Alto = 0.20 m Ancho = 0.20 m Largo = 0.40 m	DUPONT SUVA R134a Temp. de Evaporación: -15°C Presiones de trabajo (manométricas): Lado de alta: 130 PSI Lado de baja: 10 PSI

Fuente: elaboración propia

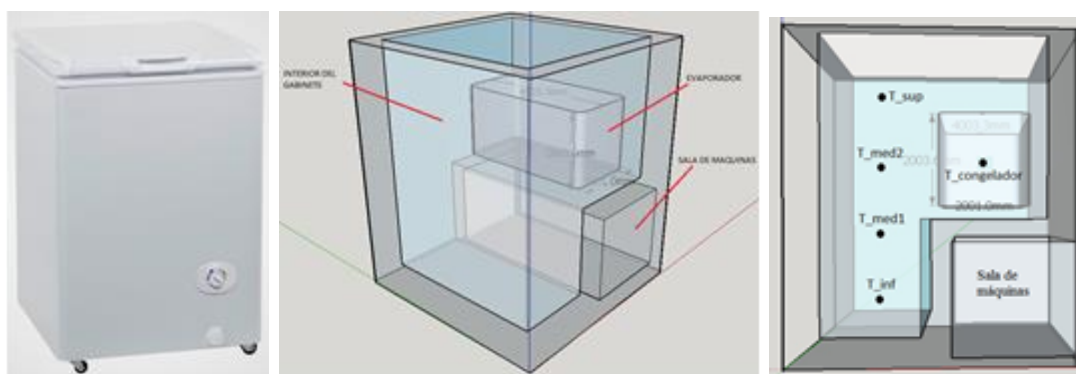


Figura 3: Fotografía del gabinete, esquema del interior y puntos de medición.

En las Tablas 4 y 5 se detallan las especificaciones del sistema fotovoltaico autónomo empleado para energizar el ciclo y las condiciones durante el ensayo respectivamente.

Tabla 4: Especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico autónomo.

Módulos FV	Regulador	Batería
Marca: Photon Modelo: PM 055 $P_{max} = 55 \text{ Wp}$ $V_{mp} = 17.7 \text{ V}$ $I_{mp} = 3.1 \text{ A}$ $V_{oc} = 21.6 \text{ V}$ $I_{cc} = 3.5 \text{ A}$	Marca: Solartec Modelo: SRX10 Tensión: 12/24 Vcc I carga: 10 A	Marca: AUTOBAT Modelo: Solar I-29 Tensión: 12 V Capacidad: 220 Ah en 100 horas

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: ensayo en laboratorio conectada al sistema fotovoltaico.

Condición	Duración	Objetivo
Gabinete vacío Presión de trabajo: 130 PSI / 10 PSI Arranque termostatzado entre 0/6 °C Tensión de alimentación: 12 V CC. Directo de batería y conectada al sistema fotovoltaico.	4 días	Análisis del comportamiento de las variables térmicas y eléctricas

Fuente: elaboración propia

En el gráfico de la figura 4 se aprecian las líneas negras horizontales que definen la banda de regulación de temperatura obtenida en el interior del gabinete.

Aquí, el profesor tiene un rol fundamental como orientador en la argumentación e interpretación de los estudiantes de las gráficas obtenidas.

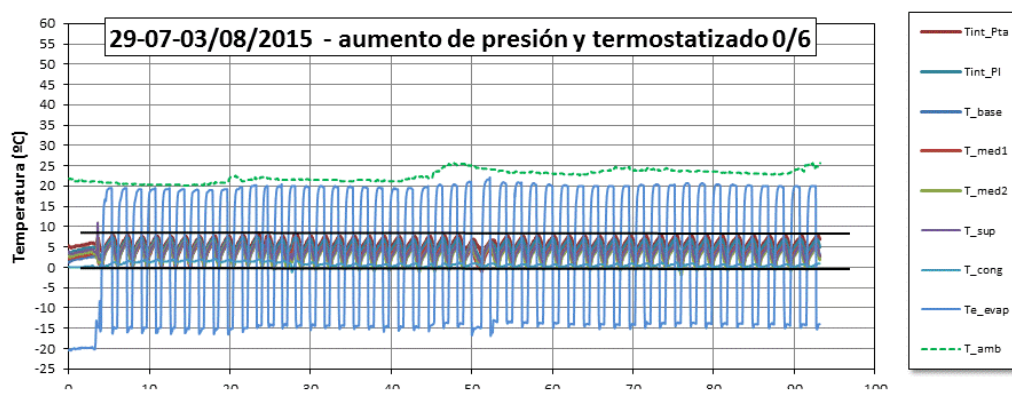


Figura 4.- Evolución general de parámetros con gabinete vacío y presión del gas refrigerante 130/10 PSI.

3. Resultados y Discusión

Los resultados alcanzados, evaluados a través de los informes (datos medidos y su procesamiento con recursos informáticos, comparación y análisis de los resultados del modelo teórico y los resultados del experimental; conclusiones y observaciones de la práctica realizada) y las presentaciones grupales integradoras orales, de cada grupo en plenario apoyadas por recursos TIC (argumentaciones para justificar los resultados), pueden considerarse muy alentadores y favorecen el desarrollo de las competencias necesarias en la formación de un estudiante de ingeniería. Esta metodología permite verificar de distintas maneras los conocimientos adquiridos.

Por el grado de participación en el proceso completo y contextualizado del experimento, se observa un mayor entusiasmo en las clases experimentales. Esta modalidad de trabajo hace que surjan cuestionamientos, tanto técnicos como teóricos en los temas abordados. Las actividades que se proponen se orientan a que el laboratorio sea un espacio de construcción colectiva y de trabajo en equipo; superando las visiones que hacen del laboratorio un ámbito de mediciones acrílicas y manipulación de instrumentos. Otro aspecto, a resaltar, de la metodología utilizada en el dictado de las clases experimentales es la no utilización de las “guías tradicionales” en las que se detallan completamente las actividades que debe realizar el estudiante, convirtiéndose en una receta y como tal, la práctica termina siendo una mecanización de acciones.

Las actividades de discusión y síntesis tienen como principal objetivo la explicación de los comportamientos observados a través del uso de un modelo para la conducción, y el análisis de los límites de validez de este modelo al considerar las aplicaciones tecnológicas de los distintos materiales. Estas constituyen situaciones propias de la actividad profesional del ingeniero, cuyo abordaje requiere el conocimiento de la física y promueve la adquisición de las competencias deseadas.

4. Conclusiones y recomendaciones

La implantación de esta metodología ha permitido a los alumnos desarrollar destrezas y habilidades imposibles de ejercer con la metodología de los prácticos “guiados y estructurados” de resultados uniformes.

Destacamos los resultados, satisfactorios, obtenidos en las presentaciones de los trabajos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la SGCyT - UNNE por el financiamiento del proyecto PI12F020.

5. Referencias

- [1] HOLGUÍN TABARES, CARLOS (2011) *Diseño y construcción de equipo sencillo para la enseñanza de la física* Revista Científica. Volumen Extra Año 2011.pag 144-149
- [2] CRUZ ARDILA, JUAN; VALENCIA, JOSÉ (2005) *La formación práctica del ingeniero electrónico en el laboratorio*. CIVE 2005 Congreso Internacional Virtual de Educación
- [3] PESA, M; BRAVO, S; PERZ, S; VILLAFUERTE, M (2014) *Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 642-665, dez. 2014.
- [4] LOZANO CASABIANCA, GUSTAVO (2006) *La articulación entre investigación y docencia en la universidad de Antioquia*. Revista Educación y Pedagogía, vol. XVIII, núm. 46 Pag 93 a 99.

Bibliografía

BUIGUES NOLLENS, A et all (2014) *Estudio térmico experimental y alternativas de usos de dos modelos de cocinas solares en zonas áridas*. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 18, N.º 2, pp. 03-17, 2014

BUSO, J.A: et all (2015) *Caracterización de un compresor de capacidad variable de 12 v cc para refrigeración solar*. Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica - Claves para el desarrollo - volumen 2 FaCENA-UNNE

BUSO, J.A: et all (2014) *Refrigeración solar fotovoltaica mediante ciclo convencional de compresión de vapor con almacenamiento de energía térmica por cambio de fase: primeros resultados*. Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 2, pp. 04.57-04.66, 2014. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5.

CARP, D, et all (2012) *Trabajos prácticos de laboratorio sin receta de cocina en cursos masivos*. Avances en Ciencias e Ingeniería (ISSN: 0718-8706). Vol. 3 (1), pp. 167-173 (Enero/Marzo, 2012)

DE LA HOZ I CASAS, JORDI et all (2005) *Adaptación de la metodología PBL a la enseñanza de las energías renovables*. V Congreso Internacional Virtual de Educación 7-27 de febrero de 2005.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL Y SU POLÍTICA DE INTERNACIONALIZACIÓN EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Julio Theiler, Secretaría de Relaciones Internacionales, Universidad Nacional del Litoral,
jtheiler@unl.edu.ar

Miguel Rodríguez, Secretaría de Relaciones Internacionales, Universidad Nacional del
Litoral, msrodriguez@fadu.unl.edu.ar

Viviana Zucarelli, Secretaría de Relaciones Internacionales, Universidad Nacional del
Litoral, vivianazucarelli@gmail.com

Norberto Ojeda, Secretaría de Relaciones Internacionales, Universidad Nacional del Litoral,
nojeda@fcv.unl.edu.ar

RESUMEN—Una modalidad habitual en el mundo en que las universidades se involucran en el proceso de internacionalización es a través de sus programas de movilidad académica tanto de estudiantes como de profesores. La movilidad resulta ser un componente relevante porque permite enriquecer la formación académica de quienes participan de la misma en tanto incorpora una visión global e internacional, perfilando profesionales con visiones más amplias y capaces de desempeñarse en el mercado global con habilidades para adaptarse a distintas situaciones y desafíos profesionales.

Con esa concepción, la UNL sostiene una ambiciosa política de intercambio académico internacional gracias a la cual numerosos estudiantes y docentes se movilizan cada año con destino a universidades del mundo. A su vez, la UNL recibe a alumnos y profesores internacionales que eligen estudiar, enseñar e investigar en Argentina, poniendo a su disposición una importante estructura de recursos materiales y servicios para darles alojamiento y acompañar su experiencia.

Además, la movilidad estudiantil enmarcada en acuerdos bilaterales de doble-titulación representa un escalón superior en la formación de los graduados y en el reconocimiento de calidad y cooperación entre universidades de distintos países.

En ese contexto, este trabajo describe la participación de los estudiantes de ingeniería de la UNL en las diferentes propuestas de movilidad y en las carreras de doble titulación, así como los desafíos a futuro.

Palabras clave— *Ingeniería, Internacionalización, Educación, Movilidad.*

INTRODUCCIÓN

Una modalidad habitual en el mundo en que las universidades se involucran en el proceso de internacionalización es a través de sus programas de movilidad académica tanto de estudiantes como de profesores. La movilidad resulta ser un componente relevante porque permite enriquecer la formación académica de quienes participan de la misma en tanto incorpora una visión global e internacional, perfilando profesionales con visiones más amplias y capaces de desempeñarse en el mercado global con habilidades para adaptarse a distintas situaciones y desafíos profesionales.

Según De Wit y colaboradores [1], la internacionalización de la educación superior es “el proceso de desarrollo e implementación de políticas y programas para integrar las dimensiones internacional, intercultural y global en los propósitos y funciones de la educación superior”. A través de ella, se tienden a formalizar los beneficios de un ambiente de acción internacional para la comunidad universitaria en general, por lo cual las instituciones educativas deben plantearse como desafío futuro lograr el desarrollo de políticas tendientes a su internacionalización. Esto con el objetivo de formar profesionales con aptitudes suficientes y actitudes apropiadas para desempeñarse en un mercado global donde es prioritario aumentar los niveles de calidad en la formación de los profesionales, aumentar la productividad científica y promover una mayor competitividad de la región.

Son muy grandes los beneficios que obtienen aquellas instituciones que promocionan y organizan acciones internacionales para concretar la movilidad de los actores de la comunidad educativa, la creación de redes regionales e internacionales, la suscripción de convenios de doble titulación, la promoción de la cooperación entre las instituciones universitarias, como así también el logro de acuerdos interinstitucionales, investigaciones y posgrados conjuntos, la enseñanza de idiomas, programas de cooperación al desarrollo, el reconocimiento mutuo de la calidad de sus carreras o titulaciones reafirmando los procesos regionales de evaluación y acreditación de la calidad universitaria.

Los programas de movilidad académica aportan importantes beneficios a los estudiantes que participan, entre los que se pueden citar: el aprendizaje (o perfeccionamiento) de otro/s idioma/s; la incorporación de nuevas perspectivas culturales; la posibilidad de tener contacto con otras formas, contenidos y métodos de enseñanza; la oportunidad de cursar nuevas asignaturas y obtener otros aprendizajes, de participar en tareas de investigación y transferencia; la vinculación con equipos de académicos de universidades extranjeras; la facilidad para poder participar en redes universitarias internacionales; la participación en actividades extracurriculares que también contribuyen significativamente a la integración.

Con esa concepción, la UNL sostiene una ambiciosa política de intercambio académico internacional gracias a la cual un número significativo de estudiantes y docentes se moviliza cada año con destino a universidades del mundo. A su vez, la UNL recibe a alumnos y profesores internacionales que eligen estudiar, enseñar e investigar en Argentina, poniendo a su disposición una importante estructura de recursos materiales y servicios para darles alojamiento y acompañar su experiencia.

La movilidad estudiantil enmarcada en acuerdos bilaterales de doble-titulación representa un escalón superior en la formación de los graduados y en el reconocimiento de calidad y cooperación entre universidades de distintos países. Por esta vía, los estudiantes obtienen dos títulos universitarios, de países distintos, lo que acrecienta significativamente sus oportunidades laborales y profesionales.

En ese contexto, este trabajo describe la participación de los estudiantes de ingeniería de la UNL en las diferentes propuestas de movilidad, desde la creación del Programa Internacional de Movilidad de Estudiantes de la UNL y en las carreras de doble titulación, así como los desafíos a futuro.

LAS CARRERAS DE INGENIERÍA EN ARGENTINA

El proyecto de unificación curricular de la Ingeniería Argentina acordó declarar de interés público a 21 terminales de la disciplina: Aeronáutica, Agrimensura, Alimentos,

Ambiental, Biomédica o Bioingeniería, Civil, Computación, Eléctrica, Electromecánica, Electrónica, Hidráulica, Industrial, Informática o Sistemas, Materiales, Mecánica, Metalúrgica, Minas, Nuclear, Petróleo, Química y Telecomunicaciones.

En el año 2011, la oferta de carreras de estas 21 terminales ascendió a 396 (303 en instituciones públicas y 93 en instituciones privadas). Además, se dictan 24 carreras de ingeniería que no se encuadran en las 21 terminales unificadas (21 en instituciones públicas y 3 en instituciones privadas). Entre éstas pueden mencionarse a Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Naval, Ingeniería Textil e Ingeniería Pesquera, las cuales aún no han sido declaradas de interés público; de acuerdo con el informe de la Secretaría de Políticas Universitarias, SPU, [2].

En el mismo texto, se dice que, términos macros, tomando un país de 40 millones de habitantes, de 1 ingeniero cada 8.000 habitantes por año en 2003, se pasó a 1 ingeniero cada 6.700 habitantes en 2009. Sin embargo, estos valores son bajos comparados con otros países, como ser: China (1 cada 2.000), Alemania o Francia (1 cada 2.300), México o Chile (1 cada 4.500) y Brasil (1 cada 6.000).

Como consecuencia, para estar entre los mejores niveles latinoamericanos debería lograrse, de forma estable, 1 ingeniero cada 4.000 habitantes por año, lo que implica, para Argentina, lograr que egresen un mínimo de 10.000 ingenieros por año para asegurar un desarrollo sostenible del modelo productivo y del sistema científico, tecnológico y de innovación.

Atendiendo a esta problemática, desde la SPU, se creó en 2012 el “Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016” (PEFI), como un compromiso del Ministerio de Educación de la Nación de duplicar la cantidad de graduados competentes en carreras tecnológicas estratégicas en todos los niveles de formación. El PEFI pretende colocar a la Argentina entre los países con mayor cantidad de graduados en Ingenierías de Latinoamérica.

Dicho plan trabaja en tres grandes ejes estratégicos: (i) Proyecto para la mejora de indicadores académicos; (ii) Aporte de la universidad al desarrollo territorial sostenible; (iii) Internacionalización de la ingeniería argentina.

Con respecto al primer eje, gracias a diversas estrategias llevadas a cabo en los programas de mejoras académicas de la SPU, el incremento de la cantidad de graduados en ingenierías de las universidades argentinas ha sido creciente. Cuando en 2003 se recibía 1 ingeniero cada 8.000 habitantes, para 2009 ya había 1 cada 6.700. Sin embargo, un gran porcentaje de estudiantes no finaliza sus estudios, ya que entre el 70 y el 100% de los alumnos avanzados consigue trabajo en su especialidad antes de recibirse y eso lleva a que no se gradúen. El objetivo principal de este eje es lograr un incremento en la cantidad de graduados en ingeniería en un 50% en 2016, y en un 100% en 2021 en relación al año 2009 en forma gradual, en carreras que completen el segundo proceso de acreditación.

El segundo eje tiene como objetivo principal promover la interacción entre las Universidades y la comunidad en las que cada una de ellas se encuentra ubicada. Mediante la implementación de políticas específicamente delineadas, se busca lograr que la presencia de las universidades en la sociedad tenga un impacto que beneficie al territorio en el que se encuentra ubicada. A su vez, se orientarán las actividades de investigación, desarrollo y transferencia del conocimiento en temáticas de alto impacto tecnológico, de inclusión social y de cuidado ambiental en el territorio.

Finalmente, el tercer objetivo, está ligado a la internacionalización de la ingeniería y al histórico prestigio de la universidad argentina y la calidad de sus graduados, que ubican a la ingeniería nacional en una situación de privilegio en el mundo entero, lo que permite sostener

una importante presencia internacional y realizar acuerdos de intercambio educativo de primer nivel.

Esto se ve materializado en los convenios firmados con diversos países para el apoyo a la movilidad de estudiantes, la doble titulación y el reconocimiento automático de los títulos universitarios. Por otra parte, es cada vez más importante la presencia de Argentina como miembro plenario de Comités y Federaciones Internacionales, y de asociaciones nacionales de ingeniería en congresos y foros mundiales.

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL (UNL) “hija de la reforma”

La Universidad Nacional del Litoral, creada por Ley Nacional el 17 de octubre de 1919, es hija del movimiento reformista que en 1918 proclamó al país y a toda América Latina sus ideas de comunidad universitaria libre y abierta, políticamente autónoma y aseguradora del carácter estatal de la enseñanza universitaria. La Universidad es fruto de arduas gestiones de gobernantes y legisladores de la provincia y de la movilización estudiantil y de toda la ciudadanía santafesina.

Nace como una universidad regional, ya que comprendía escuelas e institutos asentados en las ciudades de Santa Fe, Paraná, Rosario y Corrientes. La creación de la Universidad revistió características novedosas debido a que abarcaba facultades y escuelas ubicadas en distintas ciudades de la región. En Santa Fe, se creó sobre la base de los estudios de derecho existentes en la Universidad de Santa Fe (desde 1889), y sobre la base de la Escuela Industrial (creada en 1909). Las primeras Facultades fueron la de Derecho y la de Química Industrial y Agrícola, que en la década de 1950 cambiaría su denominación por la actual de Facultad de Ingeniería Química. Consecuente con las necesidades del desarrollo industrial de la Nación, este acontecimiento marca un hito importante para el país y toda América del Sur, ya que se convertirá en la primera unidad académica en ofrecer la carrera de Ingeniería Química.

Pero tanto o más importante que los postulados políticos que inspiraron la Reforma y la creación de la UNL, fue el cambio de paradigma científico subyacente que abandonaba la tradición “*monárquica y monástica*” - al decir del propio manifiesto liminar -, para abrirse a los postulados de la ciencia moderna sistemática y metódica. El ideal de progreso moderno demandaba a la academia unas respuestas que las ingenierías asumieron como su propio desafío.

Propuesta educativa de la UNL

La Universidad se compone de diez Facultades, dos Centros Universitarios, un Instituto Superior, una Escuela Universitaria, tres de Nivel Medio y una de Nivel Inicial y Primario. En cada una de esas unidades académicas se dictan carreras que pertenecen a diferentes áreas del saber científico, humanístico, técnico y cultural, que están consubstanciadas con las problemáticas de la región donde la Universidad está inserta.

Con respecto a las carreras de Ingeniería, la propuesta educativa de grado de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ), se compone de las siguientes carreras: Ingeniería Química, Ingeniería en Alimentos, Ingeniería Industrial e Ingeniería en Materiales. Las carreras de grado que se dictan en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) son Ingeniería en Recursos Hídricos, Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Agrimensura e

Ingeniería en Informática. Finalmente, la propuesta educativa de grado de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) está constituida por la carrera de Ingeniería Agronómica.

SECRETARÍA DE RELACIONES INTERNACIONALES (SRI)

La SRI trabaja para lograr una Universidad con un desarrollo pleno e integral de su internacionalización institucional. Para esto se propone una estrategia institucional orientada a consolidar la UNL como una institución universitaria plenamente integrada al mundo, que sea reconocida internacionalmente, y que se constituya en un actor pleno de la cooperación académica y la movilidad universitaria internacional, sea de docentes, no-docentes como de estudiantes. En resumen, se pretende lograr una UNL de calidad internacional, según declaraciones del Secretario de Relaciones Internacionales de la UNL, Ing. Julio Theiler en el Plan de Desarrollo Institucional de la UNL [3].

La función de la SRI consiste en promover, gestionar, administrar y facilitar las acciones institucionales orientadas hacia la internacionalización integral de la UNL. Estas acciones podrán relacionar y/o producir algún tipo de cooperación que implique el mejoramiento de la calidad de las funciones sustantivas de la UNL involucrando individualmente a los miembros de su comunidad académica tanto como a la propia institución en su conjunto. En general se distinguen acciones orientadas a la movilidad de profesores, gestores y estudiantes, así como acciones que impliquen algún tipo de colaboración o cooperación con el fin de mejorar la calidad de servicios y/o resultados.

La estructura de gestión de la SRI básicamente consta del Secretario de Relaciones Internacionales, la Dirección de Cooperación Internacional, la Coordinación General de Movilidad Académica y el Centro de Idiomas. Dentro de esta estructura, se destaca la movilidad de estudiantes a diferentes países a través de Convenios Internacionales y de Programas específicos de movilidad.

Movilidad de Estudiantes – Programa PROINMES

El Programa Internacional de Movilidad Estudiantil (PROINMES), fue creado por la Universidad en 1999 y desde entonces ha movilizó a un significativo número de alumnos con diferentes destinos académicos. Los intercambios se llevan a cabo a partir de acuerdos que la UNL realiza con instituciones de educación superior extranjeras y se extienden, como mínimo, por un semestre, con la particularidad que los estudios que realizan los alumnos en otras universidades son reconocidos por la propia Universidad.

El Programa se desarrolla en tres modalidades: *i) Intercambios con apoyo económico*: los estudiantes seleccionados tienen cubierta la totalidad de los gastos de alojamiento y alimentación durante sus estadías en la universidad extranjera. Además, están exentos de abonar la matrícula en la Universidad de destino y, en algunos casos, la UNL otorga un subsidio para cubrir parte de los gastos de traslado del estudiante, *ii) Intercambios sin apoyo económico*: en este caso los estudiantes deben cubrirse la totalidad de los gastos de alojamiento, alimentación, traslados, seguro médico, trámites migratorios, etc.; excepto los gastos de matriculación que son cubiertos por las universidades y *iii) Estudiantes extranjeros de carácter libre*: permite a los estudiantes extranjeros estudiar en la UNL por fuera de cualquier programa de intercambio o de acuerdo bilateral con instituciones extranjeras. Los gastos de matrícula, alojamiento, alimentación, traslado, seguro médico, trámites migratorios, etc., corren por cuenta del estudiante.

La convocatoria de PROINMES se realiza dos veces al año (cada cuatrimestre) y considera los siguientes programas: Escala Estudiantil, MARCA Estudiantil, JIMA, MACA, ARFITEC (Programa Argentina Francia Ingenieros TECnología), ARFAGRI (Programa Argentina-Francia agricultura) IAESTE (International Associationforthe Exchange of StudentsforTechnichalExperience). Una mención aparte merecen los Convenios Bilaterales de intercambio estudiantil. La UNL ha suscripto acuerdo con universidades extranjeras que permiten el intercambio de estudiantes hacia y desde países como Alemania, Brasil, México, Perú, Uruguay, Bolivia, Paraguay, Costa Rica, Uruguay, Chile, Cuba, Guatemala, Colombia, Suiza, España, Italia, Francia y de otros puntos del mundo, con el propósito de que los estudiantes puedan cursar y aprobar parte de sus estudios fuera de sus universidades de origen ampliando así su formación con una experiencia académica internacional.

En el marco de este programa se movilizaron entre 2008 y 2010 un total de 665 estudiantes de la UNL y extranjeros. En el año 2010 se incrementó un 22 % la movilización de estudiantes de la UNL y extranjeros con respecto al año 2008, pasando de 208 estudiantes en 2008 (93 UNL / 115 extranjeros) a 254 en 2010 (123 UNL / 131 extranjeros) lo cual demuestra que este aumento se compone en un 65 % por estudiantes de la UNL y un 35% por estudiantes extranjeros alcanzando los estudiantes UNL un 48 % sobre el total de movilidades.

Por otra parte, mientras que en 2008 existían acuerdos de intercambio con 36 universidades de 15 países en 2010 los acuerdos formulados alcanzaron a 59 universidades de 19 países distintos. Esto significó una diversificación de la oferta de países tanto de destino como de recepción de estudiantes pero manteniéndose Brasil, México y España como los países con mayor número de convenios de intercambio. Durante el año 2011, se han movilizado 304 alumnos de la UNL y extranjeros, mediante acuerdos de intercambio con 59 Universidades de 15 países distintos. Durante el año 2012, se incrementó a 329 el número total de estudiantes participantes, tanto de la UNL como extranjeros. Los mismos fueron realizados en el marco de acuerdos de intercambio con 84 universidades de 16 países distintos.

En el año 2013 se movilizaron 403 estudiantes en programas de intercambio, mientras que en el año 2014 se alcanzó la cifra de 432 estudiantes lo que implicó un aumento del 30% en la cantidad de estudiantes de grado movilizadas con respecto al año 2012. En 2014 los intercambios fueron realizados en el marco de acuerdos con 124 universidades de 20 países distintos donde cabe destacar la novedad de la realización de las primeras movilidades con Instituciones de Educación Superior chinas.

La Tabla N°1 y la Figura N°1 presentan la cantidad de estudiantes que se han movilizado desde la creación del PROINMES.

Tabla N°1. Cantidad de alumnos movilizados por PROINMES desde 1999 hasta 2015

Año	Cantidad
1999	10
2000	26
2001	36
2002	88
2003	116
2004	117
2005	145
2006	148

Año	Cantidad
2007	162
2008	208
2009	203
2010	254
2011	309
2012	329
2013	412
2014	432
2015	466

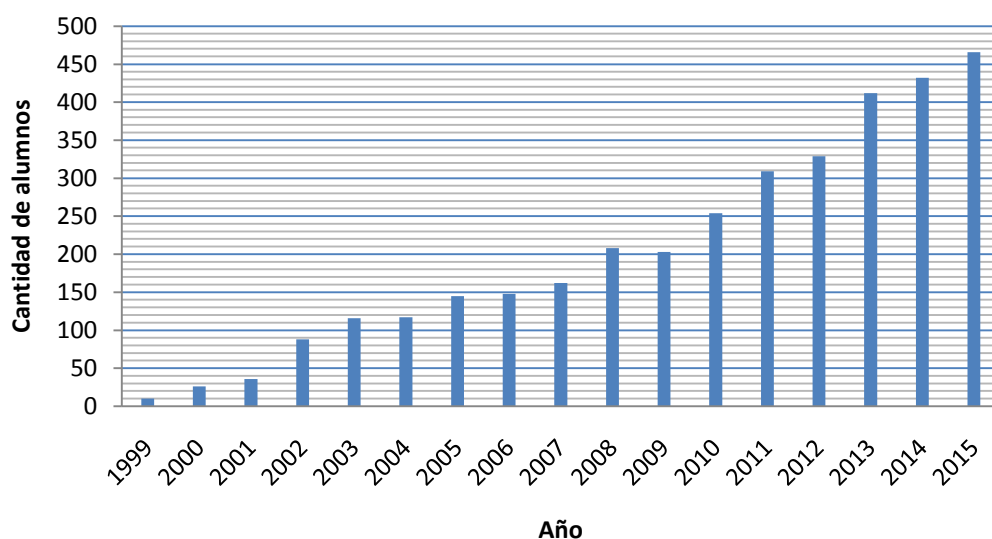


Figura N°1. Cantidad de alumnos movilizados por PROINMES desde 1999 hasta 2015

Convenios Internacionales

La Universidad ha firmado alrededor de 250 convenios bilaterales con organizaciones educativas, gobiernos y organizaciones civiles de los más diversos países del mundo. En todos los casos, se trata de acuerdos que establecen el intercambio, la cooperación y la colaboración recíproca de la casa de estudios con dichos organismos. Si bien se acuerdan en función de una actividad específica, pueden ser ampliados a partir de nuevas propuestas o proyectos que surjan de la comunidad universitaria.

Dentro de los programas de cooperación, se puede citar al Fondo Argentino de Cooperación Horizontal (FO-AR), que es un programa a través del cual la Cancillería Argentina brinda cooperación técnica a países de igual o menor desarrollo relativo económico y social, con el objeto de contribuir al crecimiento de los países y su gente. Sus objetivos principales son la proyección de Argentina en el exterior, la promoción de la transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos, y la consolidación de vínculos con otros países. Este programa del gobierno argentino cuenta con la colaboración de la Organización de los Estados Americanos

(OEA), la Organización Internacional de Migraciones (OIM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Durante 2009 se firmaron 21 Convenios de Cooperación y 2 Acuerdos de Doble Titulación. Durante 2010 se firmaron más de 30 Convenios de Cooperación. La UNL tenía, al año 2010, en total 237 convenios firmados con organizaciones, gobiernos e instituciones de diversos países. Por su parte, en 2011 se firmaron 29 nuevos convenios y en 2012 otros 56 nuevos Convenios de Cooperación bilaterales con Instituciones de Educación Superior.

En el período 2011-2013 se destaca la consolidación de las relaciones con América y Europa y la expansión de las relaciones de la UNL hacia nuevas regiones como es el caso de Asia a través de la firma de convenios con instituciones de Japón, Israel y China, y también la incorporación de países de Oceanía como Nueva Zelanda y Australia.

En el período 2014 - 2015 se continuaron intensificando las relaciones con países del continente americano, así como del continente europeo con quien no solo se ha incrementado el número de convenios sino también el número de países con los cuales se han establecido nuevas relaciones como es el caso del Acuerdo General de Cooperación con la Universidad de Óbuda, Hungría, el Memorando de Entendimiento con la Universidad de Ulster, Irlanda y el Protocolo de colaboración con la Universidad de Estambul. La novedad radica en la firma de acuerdos con países del continente africano como Memorando de Entendimiento con la Universidad Metropolitana “Nelson Mandela”, Sudáfrica y la expansión de acuerdos hacia el continente asiático con el cual se ha firmado el Convenio Marco, el Convenio Específico con la Universidad de Riksumeikan, Japón y el Convenio con la Universidad Chongqing, China.

Doble titulación (grado y posgrado)

La movilidad estudiantil enmarcada en acuerdos bilaterales de doble titulación representa un escalón superior en la formación de los graduados y en el reconocimiento de calidad y cooperación entre universidades de distintos países. Por esta vía, los estudiantes obtienen dos títulos universitarios, de países distintos, lo que acrecienta significativamente sus oportunidades laborales y profesionales.

En los últimos años la Universidad ha firmado convenios de doble título con instituciones de Francia, Italia y Alemania. A través de los acuerdos la UNL garantiza la materialización de la movilidad estudiantil y docente (entrante y saliente) así como la posterior obtención del doble diploma. Asimismo, amplía sus relaciones de cooperación cultural, científica, técnica y de formación. Los dobles títulos que corresponden a carreras de ingenierías son los siguientes:

* ***École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (Arts et Métiers ParisTech)***: entre las carreras de Ingeniería del Centre d'Enseignement et de Recherche de Bordeaux de Arts et Métiers ParisTech y de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) de la UNL.

* ***École Nationale des Ponts et Chaussées (École des Ponts ParisTech)***: entre las carreras de Ingénieur de la École des Ponts ParisTech y de Ingeniería en Recursos Hídricos o Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la UNL.

* ***École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg***: entre las carreras de Ingénieur diplômé de l'ENGEES y de Ingeniería en Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la UNL.

* **Universidad de Ulm:** Doctorado en Energía y Materiales Avanzados, entre la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Ulm (Alemania) y la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) de la UNL.

* **Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS):** Entre las carreras de Ingeniería en Recursos Hídricos y de Ingeniería Ambiental de ambas instituciones. A cargo del Instituto de Pesquisas Hidráulicas y de la Escola de Engenharia de la UFRGS y la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la UNL.

MOVILIDAD ESTUDIANTIL EN CARRERAS DE INGENIERIA

Carreras de grado y doble titulación

La Tabla N°2 presenta la movilidad de estudiantes desde el año 2001 hasta el 2015 para cada una de las carreras de ingeniería que se cursan en la UNL. El total de alumnos que han realizado intercambio en este período es de 331, de los cuales 176 corresponden a FIQ (54%), 71 a FICH (21%) y 84 a FCA (25%). La mayor parte corresponde a las carreras de Ingeniería de materiales e Ingeniería agronómica.

Algunos de los destinos más buscados por los estudiantes corresponden a las siguientes Universidades: Universidad Estadual De Campinas, Universidad Federal de Rio Grande Do Sul, Universidad Federal de Sao Carlos, Universidad Federal de Santa Catarina, Universidad Federal De Minas Gerais, Universidad Federal de Paraná, Universidad Autónoma de Madrid, entre otras.

Las Figuras N° 2 y 3 ilustran los porcentajes de estudiantes movilizados en carreras de ingeniería de la UNL, para FIQ y para FICH, respectivamente.

Tabla N°2. Cantidad de alumnos movilizados por PROINMES en carreras de ingeniería de la UNL

Año	FIQ				FICH				FCA
	Alimentos	Química	Materiales	Industrial	Recursos Hídricos	Ambiental	Informática	Agrimensura	Agronomía
2001	1								
2002	1	1		2	1	1	1		1
2003	2			1		3			4
2004	1	1		2		4	2		3
2005		5		2	2	4	1		13
2006		1		3	1	6	2		3
2007		2		5		2			5
2008				3	1				1
2009	1	4		9		2			9
2010	1	2		7		3	1		4
2011	1	5		8		6	2	1	4
2012	1	8	2	7		3	1		10
2013		6		15		2	1	1	10
2014	3	8	1	13		3	1	6	9
2015	4	28	1	8		2	2	3	8
Total	16	71	4	85	5	41	14	11	84

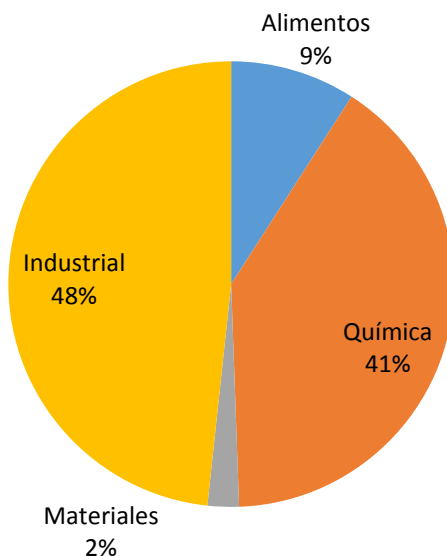


Figura N°2. Porcentaje de alumnos movilizados en carreras de Ingeniería de FIQ

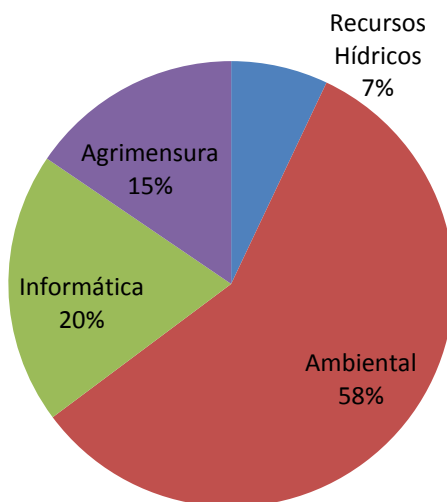


Figura N°3. Porcentaje de alumnos movilizados en carreras de Ingeniería de FICH

Con respecto a la doble titulación, 4 alumnos de FICH han obtenido el doble título, 2 de ellos corresponden a la carrera de Ingeniería en Recursos Hídricos y 2 a la carrera de Ingeniería Ambiental. Por su parte, 9 alumnos de FIQ han obtenido el doble título, 8 en la carrera de Ingeniería Industrial y 1 en Ingeniería Química. En cuanto a los extranjeros que han realizado la doble titulación en FICH, 11 corresponden a FIQ y 2 a FICH.

Un aspecto a resaltar en el intercambio estudiantil, en particular en las carreras de doble titulación, es la proficiencia en idiomas que tienen que tener los alumnos UNL que van al exterior.

En general, los estudiantes que se han movilizado a Universidades de habla portuguesa no presentan dificultades en la comprensión del idioma para cumplir con las actividades académicas. Sin embargo, la situación es más complicada para los intercambios que se realizan en países de habla francesa. En estos casos, los alumnos suelen ser aceptados para hacer el intercambio pero presentan dificultades para cumplir con sus actividades académicas. Suele suceder, además, que muchas plazas quedan vacantes o las postulaciones son rechazadas en la Universidad de destino.

Esto hace que, desde la SRI, se incentive al estudio de idiomas en las diferentes Unidades Académicas a través de cursos específicos que se dictan en un Centro especializado que se dispone en la propia Universidad.

Otros convenios de interés

Es de destacar el Convenio marco y el Convenio específico entre la Universidad José Eduardo Dos Santos (de Angola, África) y la UNL, firmado en 2014 para desarrollar un “Plan Integral de Formación de Recursos Humanos para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Hídricos de Angola”. Como actividad principal en el marco de ese convenio, la FICH diseñó y está colaborando en la implementación del Curso de Ingeniería en Recursos Hídricos que dicta la Escuela Superior Politécnica de Bié (ESPB) dependiente de la Universidad José Eduardo Dos Santos (UJES). Este Convenio, único por su alcance y primero con un país Africano, pone de manifiesto parte de la política de internacionalización que tiene la UNL para sus carreras de grado.

CONCLUSIONES

Se describen en este trabajo las acciones de la UNL en materia de internacionalización para sus estudiantes de grado y, en particular, para sus estudiantes en carreras de ingeniería. Desde el año 1999 la Universidad, a través de su Secretaría de Relaciones Internacionales ha creado el Programa Internacional de Movilidad Estudiantil (PROINMES), que aumenta año a año la cantidad de alumnos que realizan intercambio hacia y desde la UNL. En el período analizado, de 2001 a 2015, el total de alumnos que han realizado intercambio en el marco de dicho programa asciende a 3425 mientras, de los cuales 331 (9%) de éstos fueron estudiantes de las carreras de ingenierías.

Del total de 331 estudiantes, 176 corresponden a FIQ (54%), 71 a FICH (21%) y 84 a FCA (25%). Los principales destinos a los cuales se movilizan los alumnos son: Universidad Estadual De Campinas, Universidad Federal de Rio Grande Do Sul, Universidad Federal de Sao Carlos, Universidad Federal de Santa Catarina, Universidad Federal De Minas Gerais, Universidad Federal de Paraná, Universidad Autónoma de Madrid.

En cuanto a la doble titulación, 9 alumnos de FIQ y 4 alumnos de FICH han accedido a la doble titulación en sus respectivas carreras, todas en el marco de convenios firmados con Universidades francesas. Como parte de las políticas actuales de internacionalización, es importante destacar, que en este año se ha incorporado el doble título con la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), entre las carreras de Ingeniería en Recursos Hídricos y de Ingeniería Ambiental de FICH.

La UNL, a través de su política de internacionalización, sigue el paradigma fijado por la SPU en el tercer objetivo de su Plan Estratégico de ingenieros 2012-2016, el cual propone “una presencia internacional de la ingeniería argentina”. Actualmente, el apoyo financiero para promover la movilidad de estudiantes orientados a la doble titulación, la firma de nuevos acuerdos de cooperación y la participación en redes internacionales constituyen significativos avances en ese sentido.

Como desafíos a futuro, interesa incorporar nuevas carreras con doble titulación en ingenierías, así como nuevas Universidades para establecer convenios bilaterales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] De Wit, H.; Jaramillo, I.C.; Gacel-Ávila, J.; Knight, J. (2005). *“Educación Superior en América Latina. La dimensión internacional”*. Banco Mundial, Washington.
- [2] Secretaría de Políticas Universitarias SPU (2012) *“Plan estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016”*
- [3] “Plan de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional del Litoral” <http://www.unl.edu.ar/> (Junio de 2016)

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se hizo en el marco del Proyecto “EL IMPACTO DE LA MOVILIDAD DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS EN EL MERCOSUR. COMPARACIÓN DE INDICADORES, DEFINICIÓN DE MODELOS COMUNES PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO Y ANÁLISIS COMPARATIVOS” (Núcleo de Estudios e Investigaciones en Educación Superior del Sector Educativo del MERCOSUR), financiado por la Secretaría de Políticas Universitarias y del proyecto CAI+D 2013 “LA MOVILIDAD ESTUDIANTEL COMO EXPRESIÓN DEL PROCESO DE INTERNACIONALIZACIÓN UNIVERSITARIA Y COMO ACCIÓN. CLAVE PARA UNA MEJOR FORMACIÓN DE LOS GRADUADOS”, financiado por la UNL.

Ejercicio de 15 minutos por clase para formar en competencias.

Ing. Maenza, Luis Eduardo, Universidad Nacional del Sur
contactoenfoco@gmail.com

Ing. Bergé, Luis Guillermo, Universidad Nacional del Sur
lgberge@criba.edu.ar

Lic. Silvana Milozzi, Instituto Superior Juan XXIII, Universidad del Salvador.
smilozzi@yahoo.com

Resumen

En la cátedra de Introducción a las Ingenierías para Ingeniería Mecánica del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, en coincidencia con los objetivos del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), hemos implementado un sencillo ejercicio al comienzo de cada clase, que tiene por objetivos: Generar un ambiente de respeto y cordialidad general, establecer lazos entre los alumnos para ayudar a generar pertenencia, aumentar el interés en todas las materias de la carrera y estimular las competencias tecnológicas y actitudinales requeridas.

El ejercicio se lleva a cabo durante los primeros 15 minutos, y consiste en una exposición oral de 10 minutos, a cargo de un grupo de alumnos designados por la cátedra, en la que presentan una solución a un problema concreto de su elección pudiendo utilizar para ello exclusivamente mecanismos simples. Los restantes 5 minutos se dejan para preguntas, devoluciones y críticas que van aumentando con el correr del año.

Este formato y temática logró en los alumnos: Mejorar la capacidad de trabajar en equipos, generar lazos de amistad, mejorar su comunicación oral y escrita, valorar la capacidad que poseen de generar soluciones, desarrollar su espíritu innovador y de emprendedorismo e intraemprendedorismo y conocer y valorar las materias que van a cursar a lo largo de la carrera estimulando que lleguen a las mismas.

Palabras clave— Competencias, Enseñanza, Ingresantes, Introducción

1. Introducción

Hoy en día es imperiosa la necesidad para un país de generar calidad y cantidad de Ingenieros, estas son dos necesidades que se pueden analizar por separado. Generando ambas las formas en las cuales, la sociedad pretende ver al egresado universitario “como un ser competente (con un conjunto de competencias), capaz de ejercer su profesión en la realidad que lo rodea.” [1]

Este ejercicio se desarrolla en la cátedra de Introducción a las Ingenierías, de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca. El marco teórico elegido para el formato del ejercicio es el de la Psicología Cognitiva, particularmente los aportes que brinda acerca del proceso de aprendizaje de conceptos y procedimientos, la adquisición de habilidades sociales y estrategias de resolución de problemas.

La calidad del profesional de la Ingeniería

¿Qué es un Ingeniero de calidad? Esta pregunta tiene respuestas variables en el tiempo y depende también del entorno, lo que exige reformular continuamente las formas de enseñar la Ingeniería. Actualmente rige para Iberoamérica un consenso resumido en la “Declaración de Valparaíso”[2] llevada a cabo en Noviembre de 2013 sobre Competencias Genéricas del Egreso del Ingeniero Iberoamericano.- Anteriormente el CONFEDI Argentino, en la ciudad de Bahía Blanca, en Octubre de 2006, generó un documento que sintetiza las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino.[3]

El marco conceptual de “competencias” se toman de los aportes de Perrenoud y LeBoterf [2] textualmente:

Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.

Esta definición nos señala que las competencias:

- Aluden a capacidades complejas e integradas
- Están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental),
- Se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional)
- Están referidas al contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer)
- Están referidas al desempeño profesional que se pretende (entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido)
- Permiten incorporar la ética y los valores

Los documentos antes mencionados son la base para establecer qué se debe desarrollar en los jóvenes para llegar a ser buenos profesionales de la Ingeniería.- Para, lograr este objetivo, estos conceptos y por lo tanto su forma de implementación deben estar presentes desde el primer día de la carrera, situación que no resulta fácil, principalmente en universidades estructuradas por Departamentos Académicos.

Las competencias requeridas para el Ingeniero Iberoamericano"[2]:

COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Aprender en forma continua y autónoma.
- Actuar con espíritu emprendedor.

Cantidad de egresados en Ingeniería

Este punto tiene dos componentes esenciales, el lograr carreras convocantes y una vez incorporado al alumno lograr disminuir la deserción. Con respecto a lograr carreras convocantes, este mismo trabajo hace una propuesta para generar la promoción de la ingeniería a partir de éste ejercicio, el planteo se hace en 3. Resultados y Discusión. El segundo ítem "la deserción" originado por múltiples causas se da sobre todo en los primeros años de la carrera. Algunos motivos asociados a la deserción son la dificultad de adaptarse a un nuevo entorno socio-cultural y por otro lado una desilusión con respecto a las expectativas generadas ya que los planes de estudio poseen en su primer etapa todas materias básicas no asociadas a lo que el alumno espera.

Este último punto, que también fue analizado en el desarrollo del presente trabajo a raíz del alto índice registrado por los autores, originó en una fase previa, la necesidad de identificar algunos de los causantes de la mismas arrojando las siguientes hipótesis:

La deserción asociada a la dificultad de adaptarse: En el caso local se agrava ya que un alto porcentaje de alumnos no son de la ciudad.- La falta de lazos sociales hace más difícil sortear las dificultades de ésta nueva etapa en la vida de los jóvenes. También debemos destacar que hay un cambio significativo en la forma de estudiar, horarios, flexibilidad en las normas de asistencia y puesta de "límites" que termina generando un desorden que provoca la pérdida de materias y en algunos casos el abandono de la carrera.

La deserción asociada a la desilusión: Se da en los primeros años en que los alumnos sólo ven de la ingeniería las materias básicas (análisis matemático, álgebra, física, química general, etc.). Esto se ve acentuado en estructuras departamentales como la de la UNS, que no logran generar la vinculación de esas materias con la carrera, lo que además provoca un bajo rendimiento y performance que arrastran durante toda la carrera y que acentúa el problema.

Con respecto a esto último, los alumnos de primer año no ven espacios en la carrera donde puedan volcar sus inquietudes, haciéndolos desistir de sus “sueños” de ingeniería, o simplemente de la posibilidad de crear y explorar sobre temas de interés ajenos a las materias curriculares, siendo las ganas de crear y explorar muy valiosas para un profesional egresado, y que se van perdiendo a lo largo de la carrera si no se practican.

La forma de enseñar la ingeniería

¿Cómo lograr entonces la formación en competencias?

“Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo” palabras del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI citadas en la “Declaración de Valparaíso”[2]

El ejercicio propuesto en el presente trabajo surge como una “propuesta pedagógica” concreta que incluye la gran mayoría de las competencias requeridas para formar a un buen profesional de Ingeniería y se presenta como una alternativa para que otras cátedras la implementen, pretendiendo a su vez colaborar en la disminución de la deserción.

De la materia Introducción a las Ingenierías.

Esta materia, incorporada en el proceso de acreditación de la carrera, es especial por varias razones, empezando por su duración.- Su cursado anual genera por sí solo un puente temporal entre un cuatrimestre y otro, eso ya sirve para acompañar al alumno a lo largo de algunas materias “duras” de la carrera, generándole una continuidad en caso de fracaso en ellas. Por esta razón es importante sostener un proyecto a lo largo de todo el cursado así se fortalece la anualidad en la misma.

Por otro lado los alumnos llegan a la universidad con un desconocimiento importante de la carrera y sus incumbencias, posiblemente sepan lo que es ser ingeniero, pero no cómo van a llegar a serlo y es importante no sólo mostrarles lo valioso de cada materia, sino que practiquen la ingeniería desde el primer día, ya que “no sólo hay que saber, sino saber hacer”

En estructuras departamentales como la nuestra, es la única materia de los tres primeros años que agrupa exclusivamente a los alumnos de una misma carrera, por lo tanto generar vínculos entre ellos es una oportunidad única para que logren conformar grupos de estudios duraderos, que son una de las claves del éxito.

Por otro lado, el cambio en la formalidad (pasar de un horario rígido obligatorio a uno de libre asistencia) lleva a que el alumno considere que puede llegar a cualquier hora y retirarse cuando se aburre.- Es importante entonces abordar esta situación desde las primeras clases para evitar que el alumno forme hábitos que conducen al fracaso.

El marco teórico:

La psicología cognitiva estudia los procesos mentales implicados en el conocimiento, tiene como objeto de estudio los mecanismos básicos y profundos por los que se elabora el

conocimiento, desde la percepción, la memoria y el aprendizaje hasta la formación de conceptos y el razonamiento lógico.

Por cognitivo entiende al acto de conocimiento en sus acciones de almacenar, reconocer, recuperar, comprender, organizar y utilizar la información recibida a través de los sentidos.

Suele fijarse la fecha de inicio de la psicología cognitiva en el año 1956, año en que George Miller (Harvard) presenta un artículo que intenta llamar la atención acerca de los límites del psiquismo humano. El demostró que el cerebro no es un receptáculo virgen de información, tal como afirmaba hasta el momento la psicología conductista. Para superar esa limitación, la mente hace un verdadero tratamiento lógico de la información. La psicología cognitiva entonces, focaliza su atención sobre los procesos que median el conocimiento, las estrategias mentales utilizadas para resolver problemas, la organización de la información en categorías semánticas, etc.

La psicología cognitiva, incorporó los aportes del conductismo, pero avanzó notablemente desde sus inicios nutriéndose además de los aportes brindados por las neurociencias y la investigación empírica.

2. Materiales y Métodos

El ejercicio implementado por la cátedra consiste en plantearles un desafío para luego trabajar en el contenido y formato de la solución durante los primeros 15 minutos de cada clase. Se estructura de la siguiente forma:

- A. Proponer la consigna (Por la cátedra)
- B. Conformar grupos de alumnos (Por la cátedra)
- C. Dar pautas básicas de exposición y generación de informes (Por la cátedra)
- D. Realizar las exposiciones (Por los alumnos)
- E. Realizar ronda de preguntas (Por los alumnos y la cátedra)
- F. Entregar un informe (Por los alumnos)
- G. Realizar observaciones y devoluciones (Por los alumnos y la cátedra)

ACLARACIÓN: Todo este ejercicio se realiza en paralelo con el dictado de los contenidos de la cátedra, suspendiéndose, sólo en caso de que asista un invitado a dar una charla o se realice alguna visita a otro lugar. El realizarlo de forma regular y al inicio también tiene una razón en línea con los objetivos pretendidos.

A. Proponer la consigna

El primer día de clases, cuando se mencionan las pautas de cursado, se establece que para la parte práctica de la materia se llevará a cabo este ejercicio, más allá de otros específicos como informes de visitas a los laboratorios o algún otro trabajo práctico.

Se les comenta que el ejercicio consiste en: encontrar una solución concreta a un problema específico cualquiera, con una solución relativamente simple, para lo cual sólo pueden utilizar “mecanismos simples”. Es importante no decir más, para evitar un condicionamiento involuntario. Es difícil, ya que a los alumnos normalmente siempre se le han dado consignas más concretas, pero para los objetivos pretendidos es importante no condicionarlos.

Se menciona que deberán exponer la propuesta, para lo cual la cátedra les dará pautas básicas más adelante y que se comenzará con el ejercicio luego de esas clases. Se establece que la duración de la exposición será de sólo 10 minutos y que la misma se realizará en equipo.

B. Conformar grupos de alumnos

En el caso de la Universidad Nacional del Sur, en función del número de inscriptos, los grupos se conforman por 2 alumnos, pero pueden realizarse de la cantidad que se necesite para que alcancen las clases para todos los grupos ya que irá un solo grupo por clase. Tener presente que hay que dejar clases libres al inicio del programa y para recuperar en caso de ser necesario por suspensiones como las ya mencionadas: charlas con invitados o visitas a otras dependencias.

Los grupos se conforman en la primer clase, los mismos se realizan por orden alfabético por la cátedra, esto responde a la búsqueda de que los alumnos se conozcan y generen lazos, dejando ese mismo día un momento para que charlen e intercambien sus datos personales.

Si hay ausentes, estos se saltean para luego conformar otros grupos entre ellos.

Durante el año también se pueden producir reacomodamiento por abandonos para lo cual se deja al último grupo abierto.

En caso de que se produzca un abandono se le pide al compañero que indague y nos comunique los motivos. Este interés por uno de sus pares genera un compromiso que a veces nos permite recuperar al alumno. Si creemos necesario, la cátedra invita al “desertor” en un intento más por recuperarlo.-

C. Dar pautas básicas de exposición y generación de informes.

Es fundamental para disminuir la ansiedad de los alumnos establecer ciertas normas básicas.

Para ello la cátedra ha recurrido a profesionales de la Psicología Cognitiva a fin de formarse en técnicas y fundamentos teóricos factibles de ser transmitidos a los alumnos para ayudarles a afrontar la situación de una exposición oral, enfocadas en el desarrollo de sus habilidades sociales.

Se han trabajado desde la psicología las siguientes técnicas cognitivas y conductuales:

1. Entrenamiento en resolución de problemas: Utilizando la estrategia de modelado, propuesta por la psicología cognitiva, la cátedra realiza al inicio del ciclo lectivo una presentación a modo de ejemplo, teniendo como temática los contenidos que debe tener la exposición: Presentación, Introducción, Problema, Estado del Arte, Elementos utilizados para la solución, Solución planteada y Conclusiones. Luego en función de las presentaciones que van haciendo los alumnos a lo largo del año se focaliza en ir corrigiendo progresivamente cada una de ellas.
2. Inoculación del estrés mediante la relajación, role playing de las presentaciones, etc.
3. Entrenamiento en habilidades sociales, transmitiendo la importancia de los componentes no verbales que acompañan la exposición: conductuales, cognitivos, situacionales, fisiológicos.
4. Utilización de tarjetas de afrontamiento con frases positivas que favorezcan la calma a hora de exponer
5. Introducción de estrategias para la elaboración de presentaciones orales

6. Desensibilización sistemática, mediante la práctica en la imaginación de la situación de exposición que luego se deberá realizar.

En lo que hace al informe que se debe realizar, las exigencias son todavía menores, se acepta que sea “simple, como les salga” y a lo largo del año se van corrigiendo y formalizando los mismos.

Luego de esta presentación se fija la fecha para iniciar con el programa.- Se les asigna a los alumnos los primeros 15 minutos de cada clase, y se les recomienda puntualidad, tanto a los que exponen como al resto.- Previamente, en las clases anteriores, se les hace notar cómo interrumpen la clase los alumnos que llegan tarde y alternativamente se permite o no ingresar alumnos durante los primeros 10 minutos de exposición, para que “experimenten” la interrupción y tomen conciencia de la importancia de llegar a horario.-

D.Realizar las exposiciones

Antes de la primer exposición se tiene una charla privada (al final de una de las clases) con el equipo que va a iniciar, esto se realiza sólo con ellos ya que son “los que rompen el hielo” preguntándoles si se sienten cómodos, si necesitan ayuda con la exposición o con el tema, se les consulta el tema y la solución, todo con el objetivo de que esta primer exposición sea “exitosa” no solo para ellos sino para el programa ya que establece el punto de partida del mismo.

Los alumnos saben, que ellos son los que comienzan la clase con su exposición y la forma en que deben estructurar la misma por las clases ya realizadas, durante este proceso la cátedra en lo posible no interrumpe la misma, incluso luego de la finalización y en la etapa de preguntas la cátedra permanece en silencio para estimular la participación de los compañeros.

E.Realizar ronda de preguntas

En general, cuando se finaliza la exposición los alumnos no preguntan inmediatamente, por tal motivo es importante que la cátedra no interrumpa en este momento y mantenga el silencio por unos segundos, Si nadie pregunta, situación habitual, la cátedra consulta primero al público, ¿Entendieron?, ¿Qué les pareció?, preguntas disparadoras que los animen a consultar y ya en esta etapa normalmente surge alguna preguntas, situación que la cátedra debe controlar para que no se desordene.

Luego que los alumnos realizan algunas preguntas, la cátedra realiza ciertos comentarios específicos sobre, conceptos, materiales y técnicas presentadas con el objetivo de que no queden conceptos errados y comentarles a los alumnos en qué materias van a estudiar cada cosa que actualmente desconocen o resuelven de manera equivocada.

F.Entregar un informe

La entrega del informe representa la finalización de la exposición y es donde los alumnos expositores ceden el frente de la clase a los docentes.

El informe es analizado por los docentes fuera del horario de clase y los comentarios del mismo se van realizando en futuras devoluciones, en lo posible resaltando los aspectos

positivos encontrados y haciendo participar a los autores del mismo durante la devolución que normalmente se da en la clase posterior.

G. Realizar observaciones y devoluciones

Durante este momento se da la transición del programa a la clase del día, en este momento se realizan preguntas del tipo comportamentales, cómo se sintieron, etc. y del tipo sociales, cómo hicieron para trabajar en equipo, etc. y por último con los docentes al frente se realiza una devolución marcando las mejoras vistas con respecto a exposiciones anteriores y situaciones que deberían mejorar los próximos, desde errores de ortografía en las presentaciones, hasta posturas y miradas durante la presentación, también se trabaja en las formas en las que se realizan las rondas de preguntas al final de las presentaciones, con el objetivo de que las mismas sean productivas para la audiencia, saber preguntar sin abrumar, y de forma cómoda para los expositores.

Finalizando este apartado vale la pena transcribir un párrafo del marco conceptual de “COMPETENCIAS EN INGENIERÍA” [2] ya que la actividad propuesta permite un aprendizaje bajo el enfoque de las competencias desde la primer materia de la carrera, siendo la intención de los creadores difundir esta actividad para que sea reproducida por otras cátedras de Introducción a las Ingenierías:

“Facilitar el desarrollo de competencias de manera explícita durante el proceso de formación supone revisar las estrategias de enseñanza y de aprendizaje, de manera de garantizar que los estudiantes puedan realizar actividades que les permitan avanzar en su desarrollo”

3. Resultados y Discusión

Como se menciona a lo largo del presente el principal objetivo del ejercicio implementado es en la formación en el enfoque por competencias y a nuestro entender colabora también a disminuir la deserción .-

De la colaboración en la formación por competencias:

A continuación se transcriben algunas de las competencias desagregadas en capacidades, enunciadas en el punto 5 del documento del CONFEDI “COMPETENCIAS EN INGENIERÍA” [2] a las cuales colabora el ejercicio mencionado tanto de forma directa o indirecta en las devoluciones realizadas por la cátedra.:

NOTA: por no hacer extenso este punto, solo se incorporan algunas de las capacidades a las que se alude (manteniendo su numeración original), pero es recomendable leer todo el documento mencionado.

1. COMPETENCIA PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA

1.a.1. Ser capaz de identificar una situación presente o futura como problemática.

1.a.4. Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.

1.b. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada.

1.b.3. Ser capaz de valorar el impacto sobre el medio ambiente y la sociedad, de las diversas alternativas de solución.

2. COMPETENCIA PARA CONCEBIR, DISEÑAR Y DESARROLLAR PROYECTOS DE INGENIERÍA (SISTEMAS, COMPONENTES, PRODUCTOS O PROCESOS)

2.a.3. Ser capaz de generar alternativas de solución.

2.a.5. Ser capaz de documentar y comunicar de manera efectiva las soluciones seleccionadas.

4. COMPETENCIA PARA UTILIZAR DE MANERA EFECTIVA LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA

4.a.2. Ser capaz de conocer los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar y de reconocer los campos de aplicación de cada una de ellas y de aprovechar toda la potencialidad que ofrecen.

5. COMPETENCIA PARA CONTRIBUIR A LA GENERACIÓN DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS Y/O INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

5.a. Capacidad para detectar oportunidades y necesidades insatisfechas o nuevas maneras de satisfacerlas mediante soluciones tecnológicas.

5.a.1. Ser capaz de detectar necesidades actuales o potenciales, que requieran de una solución tecnológica, y relacionarlas con la tecnología disponible o a ser desarrollada.

5.a.2. Ser capaz de percibir las situaciones contextuales como oportunidades de innovación tecnológica.

5.a.3. Ser capaz de convertir una necesidad detectada en la definición de un problema tecnológico cuya solución la satisface.

5.b. Capacidad para utilizar creativamente las tecnologías disponibles.

5.c.3. Ser capaz de pensar de manera creativa (generar nuevas ideas y/o nuevas maneras de enfocar o abordar lo ya conocido).

6. COMPETENCIA PARA DESEMPEÑARSE DE MANERA EFECTIVA EN EQUIPOS DE TRABAJO

6.a. Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas.

6.a.3. Ser capaz de respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo y mantener la confidencialidad.

6.c.5. Ser capaz de representar al equipo, delegar tareas y resolver conflictos y problemas de funcionamiento grupal.

6.c.6. Ser capaz de asumir el rol de conducción de un equipo.

7. COMPETENCIA PARA COMUNICARSE CON EFECTIVIDAD

7.a. Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio.

7.b. Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.

7.b.1. Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.

8. COMPETENCIA PARA ACTUAR CON ÉTICA, RESPONSABILIDAD PROFESIONAL Y COMPROMISO SOCIAL, CONSIDERANDO EL IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL DE SU ACTIVIDAD EN EL CONTEXTO LOCAL Y GLOBAL

8.a.1. Ser capaz de comprender la responsabilidad ética de sus funciones.

8.a.3. Ser capaz de comportarse con honestidad e integridad personal.

8.b. Capacidad para actuar con responsabilidad profesional y compromiso social

8.b.4. Ser capaz de comprender y asumir las responsabilidades de los ingenieros en la sociedad.

8.c. Capacidad para evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

9. COMPETENCIA PARA APRENDER EN FORMA CONTINUA Y AUTÓNOMA

9.a. Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida

9.a.1. Ser capaz de asumir que se trabaja en un campo en permanente evolución, donde las herramientas, técnicas y recursos propios de la profesión están sujetos al cambio, lo que requiere un continuo aprendizaje y capacitación.

9.b. Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje

9.b.4. Ser capaz de detectar aquellas áreas del conocimiento propias de la profesión y/o actividad profesional en las que se requiera actualizar o profundizar conocimientos.

9.b.5. Ser capaz de explorar aquellas áreas del conocimiento no específicas de la profesión que podrían contribuir al mejor desempeño profesional.

9.b.6. Ser capaz de hacer una búsqueda bibliográfica por medios diversos (bibliotecas, librerías, Internet, centros de documentación, etc.), de seleccionar el material relevante (que sea a la vez válido y actualizado) y de hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo.

10. COMPETENCIA PARA ACTUAR CON ESPÍRITU EMPRENDEDOR

10.a. Capacidad para crear y desarrollar una visión

- 10.a.1. Ser capaz de detectar oportunidades, crear escenarios de posibilidades y delinear una visión de futuro.
- 10.a.3. Ser capaz de plasmar la visión en un proyecto.
- 10.a.7. Ser capaz de actuar proactivamente.
- 10.a.8. Ser capaz de tomar decisiones con información parcial, en contextos de incertidumbre y ambigüedad.
- 10.b. Capacidad para crear y mantener una red de contactos
 - 10.b.1. Ser capaz de identificar relaciones claves para alcanzar objetivos.
 - 10.b.3. Ser capaz de crear y fortalecer relaciones de confianza y cooperación.

Es interesante destacar que las temáticas seleccionadas por los alumnos son amplias, pero por sobre todo son de índole social o referidas experiencias personales, las cuales permiten trabajar en los conceptos de ética, moral y responsabilidad social, también se dan situaciones para trabajar el concepto de intraemprendorismo ya que algunos alumnos proponen mejoras para experiencias laborales vividas.

Por otro lado a través de las propuestas generadas se les comenta en qué materia van a poder pulir conceptos y resolver situaciones propuestas erradas, estimulando el interés para ir avanzando en la carrera y explicándoles para qué sirve cada una, incluso aquellas tan duras como los análisis matemáticos, integrando así la carrera como un todo y no como compartimentos estancos.

De la deserción:

Para asegurar un resultado del ejercicio en la temática es necesario llevar a cabo un seguimiento estadístico. Podemos mencionar casos puntuales en que la implementación del ejercicio por su modalidad hizo que los alumnos ingresantes formaran equipos de trabajo generando lazos de amistad entre ellos que consideramos contribuyeron directamente en la disminución de la deserción por causas socioambientales ajenas a la Universidad y/o por mal desempeño académico.

Estos casos tienen como componente activo el compromiso con el compañero o que éste fué un canal de comunicación para localizar a alumnos ausentes o simplemente por crear equipos de estudio exitosos que se mantienen a lo largo de la carrera.

Propuesta a futuro

Surge para potenciar la implementación del ejercicio, la intención de continuar apoyando a algunos proyectos que realmente se los considera con un gran potencial, por diferentes motivos.

Existen para ello tres posibilidades. Una a discutir en el seno del congreso con otros docentes de materias similares, otra ya en marcha a nivel local y la última que presenta la posibilidad de conectar todos los contenidos aprendidos a lo largo de la carrera.

La primer posibilidad, más que interesante, es generar una red con otras cátedras similares para realizar el ejercicio y seleccionar por votación proyectos “elegidos”, en primera instancia uno cada una determinada cantidad de alumnos y luego realizar otra selección general otorgándole a los proyectos “seleccionados nacionales” la posibilidad de continuar con el desarrollo y una presentación en algún evento o medio de comunicación. La continuación debe ser en función del proyecto, ya sea con asesoramiento específico, prototipado, contactos comerciales, y la presentación en eventos como INNOVAR, siendo esto una red ya previamente armada y anunciada como parte del programa para aumentar el estímulo en lo alumnos a generar buenos proyectos. Esta posibilidad no solo generaría interés por parte de los alumnos sino un espíritu sano de competencia que hasta promocionaría a la ingeniería como elección de vida para otros jóvenes.

La segunda posibilidad en línea con lo anterior y con similares beneficios es algo que ya se inició: Un convenio con la “incubadora de proyectos” de la Municipalidad Local con el objetivo de que ellos evalúen los mismos y consideren la posibilidad de acompañar el avance de alguno de ellos.

La tercer posibilidad es generar un hilo conductor entre la materia Introducción a las Ingenierías y el trabajo final de carrera o práctica profesional dependiendo el caso, pasando por las materias específicas como “proyecto mecánico” generando un encuentro anual para ir mejorando el proyecto original implementando lo aprendido ese año. Este encuentro tendría el objetivo de que el alumno visualice la evolución de su formación, la que en muchos casos pasa desapercibida, situación que se manifiesta cuando por motivos extracurriculares se generan encuentros entre ingresantes y alumnos avanzados.

4. Conclusión

Se ha logrado desarrollar e implementar un ejercicio rápido y sencillo para el primer año de la carrera de Ingeniería Mecánica que logra generar lazos sociales en los alumnos en el marco de la enseñanza por el enfoque de competencias sugeridas por el CONFEDI.

A su vez este ejercicio le permite a la cátedra abordar la ingeniería desde temas que motivan al alumno, ya que es él quien los propone. Se logra así una descripción de las materias por venir para así generar un mayor interés en ellas, incluso con aquellas que parecen no tener mucho que ver con lo que el alumno eligió y así aumentar el rendimiento académico.

Siendo este ejercicio, que sólo toma 15 minutos por clase, un disparador que también genera la posibilidad de lograr vinculación interuniversitaria y con el medio promoviendo a los estudiantes y al público en general a ver a la ingeniería de una forma muy práctica y útil para la sociedad.

5. Referencias

- [1] R. Giordano-Lerena y S. Cirimelo, “Competencias en ingeniería y eficacia institucional”. Ingeniería Solidaria, Vol. 9, No. 16, pp. 119-127, Dic., 2013. ISSN 1900-3102 / e-ISSN 2357-6014
- [2] “Competencias en ingeniería” Universidad FASTA, 2014 ISBN 978-987-1312-61-0 e-ISBN 97-987-1312-62-7
- [3] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (Octubre, 2006, Bahía Blanca). Primer acuerdo sobre competencias genéricas. Documento del 3er. taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina.



Estrategias innovadoras en la enseñanza de Cálculo Numérico

Vargas W., Facultad de Ingeniería (UNCPBA), waltervargas972@gmail.com

Portela G., Facultad de Ingeniería (UNCPBA), yiportela@gmail.com

Petit H., Fac. Ing. (UNCPBA)-CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-CONICET), hpetit@fio.unicen.edu.ar

Bouciguez M.J., Facultad de Ingeniería (UNCPBA), majo.bouciguez@gmail.com

Resumen

La asignatura Cálculo Numérico de la Facultad de Ingeniería de la UNICEN corresponde al área de matemática del departamento de Ciencias Básicas y se dicta en el primer cuatrimestre de tercer año de las distintas carreras de Ingeniería. Hasta el año 2015 la asignatura estaba planteada como un aporte al conocimiento matemático básico. Atendiendo a las competencias que desde el CONFEDI se plantean para el perfil de egresado y las que actualmente poseen los alumnos, se comenzaron a realizar cambios en la asignatura. Los mismos buscan una enseñanza orientada a aportar en el desarrollo de competencias genéricas tales como el análisis de problemas, identificación de modelos, abstracciones y particularidades, formulación de hipótesis, resolución, comprobación y contextualización de resultados, y comparación y selección crítica del método numérico de resolución más apropiado, empleando para esto indicadores gráficos y analíticos.

En este trabajo se presentan algunas de las innovaciones educativas diseñadas para contribuir a la formación del futuro profesional de la ingeniería. Entre las cuales se destacan las referidas a la metodología de trabajo, la integración de la tecnología en las clases y el plan de formación de recursos humanos.

Palabras claves

Innovación educativa; Integración tecnológica; Cálculo Numérico

1. Introducción

La asignatura Cálculo Numérico corresponde al departamento de Ciencias Básicas y su cursada regular se dicta en el primer cuatrimestre de tercer año de las carreras de Ingeniería Civil, Electromecánica, Química e Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA.

Los contenidos de estudio de esta asignatura corresponden a los conceptos básicos dentro del análisis y empleo de métodos numéricos. Estos representan herramientas poderosas mediante las cuales es posible resolver de manera sencilla, problemas matemáticos que de otro modo requerirían un gran número de cálculos aritméticos. Con la implementación computacional de los métodos numéricos se pueden calcular valores aproximados a aquel, que a la hora de realizar el análisis, habíamos corroborado que existía.

La carga horario de Cálculo Numérico es de 60 horas y cuenta con un número promedio de 80 alumnos. Tiene como asignaturas correlativas a Análisis Matemático II, Análisis Matemático III y Probabilidad y Estadística; aunque para la comprensión significativa de la mayoría de los

contenidos de enseñanza se requiere recordar y poner en práctica muchos contenidos y competencias adquiridas en éstas y otras asignaturas del ciclo básico; entre las que se destacan Álgebra y Geometría Analítica y Ciencia de la Computación.

Hasta el año 2015 la asignatura estaba planteada como un aporte al conocimiento matemático básico mediante el aprendizaje de los diferentes métodos numéricos. Algunas de las características mencionables son:

- marcada distinción entre el horario de abordaje de contenidos teóricos y ejercicios prácticos;
- prácticos con algunos ejercicios de aplicación relacionados con problemas de ingenierías en los cuales se especificaba el método y los datos a utilizar para su resolución;
- la práctica consistía en una etapa inicial en donde se explicaba la utilización de programas realizados por la cátedra para cada método numérico; y luego se respondían consultas individuales en su mayoría relacionadas con el uso del programa y no con respecto al método numérico;
- la formación de recursos humanos consistía en la resolución de los ejercicios de los prácticos, para luego consultar dudas al docente a cargo y/o jefe de trabajo práctico, de manera individual antes de la clase.
- los ayudantes diplomados o alumnos no tenían injerencia en la elaboración de los trabajos prácticos, planificación de las clases, actualización de métodos y bibliografía y evaluación continua;

Las innovaciones introducidas en la asignatura buscan formar en competencias teniendo en cuenta el perfil del estudiante actual. El CONFEDI reconoce la necesidad de que el futuro graduado desarrolle a lo largo de la educación formal la *“capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes en un determinado contexto con el fin de resolver, en un futuro, situaciones profesionales”* y *“...sean capaces de enfrentar el mundo globalizado en el cual deberán insertarse”* (CONFEDI). Además, es un hecho que el perfil del estudiante actual no es el mismo que hace algunos años atrás. Los métodos y estrategias educativas y comunicacionales que utilizamos deben considerar este nuevo perfil de estudiante si realmente lo que se busca es promover un aprendizaje significativo.

Es en este contexto que la asignatura busca contribuir en la formación de los estudiantes al introducirlos en los métodos numéricos como instrumentos de cálculo en la resolución de problemas propios de la ingeniería, pero también la aplicación y desarrollo de las competencias antes mencionadas y el empleo apropiado de las herramientas informáticas. Con este sustento se pretende contribuir al futuro desarrollo profesional del estudiante, pensando la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión.

El objetivo de este trabajo es describir las innovaciones educativas propuestas para Cálculo Numérico entre las que se destacan las referidas a la metodología de trabajo, la integración de la tecnología en las clases y el plan de formación de recursos humanos; algunas de las cuales comenzaron a aplicarse en el corriente año.

2. Lineamientos de la cátedra

Con el fin de lograr los objetivos antes mencionados, la renovación y actualización de la asignatura se realiza teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

- Procurar una enseñanza orientada al desarrollo de competencias genéricas tales como el análisis de problemas, identificación de modelos, abstracciones y particularidades, formulación de hipótesis, resolución, comprobación y contextualización de resultados y, comparación y selección crítica del método numérico de resolución más apropiado, empleando para esto indicadores gráficos y analíticos.
- Contribuir al desarrollo, apropiación y aplicación del pensamiento algorítmico y, la selección crítica y utilización de aplicaciones informáticas (graficadores, planillas de cálculo, simuladores o lenguajes de programación) para la resolución de problemas ingenieriles.
- Ajustar los contenidos y competencias de Cálculo Numérico a los contenidos y competencias tanto de las asignaturas del ciclo básico como de las del ciclo superior, al perfil de egresado y a los avances propios en el campo de investigación de métodos numéricos.
- Flexibilizar la planificación de la clase en base a las características y necesidades de los alumnos a quienes está dirigida.
- Integrar el uso de nuevas tecnologías a la propuesta educativa que beneficien las instancias de comunicación.
- Fomentar la apropiación por parte del alumno del uso de softwares para las distintas etapas de resolución de una situación problemática.
- Implementar un plan de formación y seguimiento de recursos humanos en un nuevo contexto de enseñanza.
- Fomentar la actualización y formación continua del equipo de trabajo en cuanto a análisis y métodos numéricos, herramientas informáticas y formación docente.
- Realizar periódicas publicaciones en revistas y participaciones en congresos.
- Incentivar la actualización permanente de bibliografías.
- Conformar un equipo de trabajo donde los aportes de sus integrantes puedan concretarse en mejoras continuas de la propuesta educativa en pos del logro de los objetivos educativos planteados.
- Evaluar de manera continua la propuesta educativa con el fin de detectar y atender dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Aportar en el desarrollo de competencias generales de comunicación.

Las innovaciones propuestas para lograr estos lineamientos contaron con información recogida a partir de diferentes fuentes:

- encuestas a docentes del ciclo superior y estudiantes;
- estudio de las planificaciones de las asignaturas previas;
- revisión de la bibliografía correspondiente a los métodos numéricos para ingenieros;

- revisión de los posibles software disponibles factibles de ser utilizados por los alumnos;

Como resultado, se realizaron cambios en objetivos de enseñanza, contenidos, metodología de trabajo, recursos educativos y propuesta de formación de recursos. A continuación se comentan los considerados más innovadores y objetos de esta comunicación: cambios en la metodología de trabajo, en la integración de la tecnología en las clases y en el plan de formación de recursos humanos.

3. Resultados. Innovaciones en curso

3.1 Cambio en la metodología de enseñanza

Dadas las características propias de esta asignatura, y a fin de lograr los objetivos propuestos por la cátedra, se propone una modificación en la tradición didáctica desde la relación teoría-práctica. Se considera una relación de circularidad entre teoría y práctica, entendida de tal modo que la teoría no se vea relegada por el primado de la práctica, ni la práctica mantenga una relación de dependencia respecto a la teoría. Las clases se plantean sin hacer una marcada distinción entre horarios de teoría y de práctica. En su lugar se resuelven situaciones problemáticas integradas con los desarrollos teóricos, y desarrollos teóricos a partir de las actividades prácticas. Esta complementariedad de la teoría y la práctica se relaciona no solo con un “saber hacer” sino que a partir de éste saber hacer o reflexión en la práctica, a posteriori, una vez realizada la acción, se produce una “reflexión sobre la reflexión en la acción” lo cual involucra la capacidad de explicitar el proceso, un tipo de conocimiento teórico conocido como un “saber cómo hacer” y cuya valoración puede orientar la acción futura [1].

Las clases teórico-prácticas sigue una secuencia didáctica en la que pueden identificarse tres momentos: (1) iniciación (2) desarrollo–aplicación (3) síntesis y conclusión.

Al comienzo de cada clase, a partir de una situación problemática, se plantean preguntas de manera general al grupo de estudiantes intentando que ellos expliciten sus propias ideas de manera de revisar e integrar lo visto en clases previas y dotar de sentido y valor a los nuevos contenidos a enseñar. Esto se considera importante como parte del proceso de evaluación continua que permite conocer imprecisiones, dudas y el nivel de aprendizaje alcanzado para tomar decisiones metodológicas y estratégicas propias de la práctica docente orientadas al logro de los objetivos.

El desarrollo se plantea como un ámbito en el cual se relacionan y aplican los métodos de aproximación numérica y las técnicas de cálculo y graficación por computadora, desde la perspectiva de resolución de problemas propios del trabajo del ingeniero, es decir desde el desempeño, desde lo que el ingeniero efectivamente debe ser capaz de hacer en los diferentes ámbitos de su quehacer profesional. Ante cada situación problemática a resolver se buscará que los alumnos apliquen una técnica de análisis, resolución, verificación, validación y contextualización de resultados haciendo uso de la herramienta informática más adecuada en cada momento. Esto implica un análisis y reflexión crítica que permita tomar decisiones y establecer conclusiones sobre ellos en virtud de una comparación en términos de posibilidades de aplicación de los mismos, eficiencia y exactitud. De esta manera, cada vez que se oriente al

estudiante, se intentará propiciar en él el desarrollo de formas de pensamiento sistémico y crítico, al abordar dichas resoluciones poniendo énfasis en una metodología de análisis, aplicación de los procesos de aproximación numérica y reflexión sobre los resultados alcanzados. Esta forma de abordar la resolución de los problemas surge de la intención de formar en competencias, capacidades que se apoyan en conocimientos pero no se reduce a ellos, ya que las mismas se entienden dotadas de una capacidad reflexiva que implica el dominio no sólo de las respuestas, sino también de la capacidad para considerar y analizar las preguntas y los problemas a la luz de las implicaciones teóricas subyacentes.

Durante el desarrollo, los docentes orientan y ayudan a los estudiantes en el proceso de resolución de una situación problemática, evitando marcar una única solución como la correcta y permitiendo que los estudiantes puedan explicitar sus ideas, ponerlas a prueba y verificarlas, para así propiciar el desarrollo de soluciones creativas y autónomas.

La comunicación se considera parte constitutiva del proceso de aprendizaje y enseñanza, ya que las palabras no contienen el significado en sí mismas sino que están basadas en las construcciones que los sujetos hacen con ellas. El significado es una construcción personal. La comunicación es posible cuando se asignan significados compatibles a los significados que los otros asignan [2]. Entendiendo las instancias de clase como espacios donde se comparten y construyen significados, las actividades grupales e individuales que se desarrollen buscarán llevar a los estudiantes y el docente a ampliar, modificar y construir nuevos significados.

Al final de cada clase se considera adecuado realizar otra instancia de interacción entre todos el grupo que permita a los docentes evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes sobre los contenidos abordados, poner de manifiesto las dudas que se presentaron individualmente durante la clase, resolverlas y mediante preguntas buscar que los estudiantes discutan y reflexionen sobre lo realizado de manera de propiciar que alcancen una comprensión con un nivel de abstracción mayor que les permita transferir sus conocimientos más allá del contexto en el cual estos se adquirieron.

Estas instancias de retroalimentación del proceso de enseñanza y aprendizaje permiten al docente evaluar el proceso de aprendizaje enseñanza y el nivel y calidad de los conocimientos alcanzados para, en función de ello, tomar las decisiones didácticas necesarias. Pero a su vez invitan al estudiante a reflexionar sobre su propio aprendizaje y detectar la necesidad o no de la profundización en el estudio.

3.2 Renovación de los recursos didácticos

Las innovaciones en cuanto a recursos didácticos se proponen especialmente en lo referido a las guías didácticas para que involucren tanto ejercicios teóricos, como prácticos aplicados, la utilización de un entorno virtual y herramientas de software a integrar en las resoluciones problemáticas.

3.2.a. Guías didácticas teórico-prácticas

Las guías didácticas a desarrollar en las clases teórico-prácticas se renovaron para que incluyan diversos tipos de problemáticas, ordenadas en un nivel creciente de complejidad y de

contextualización propia de problemáticas ingenieriles. Las situaciones problemáticas se pensaron de manera que involucren un abordaje no solo cuantitativo sino también cualitativo y que permitan que el alumno no sólo aplique conocimientos teóricos sobre métodos numéricos, sino también desarrolle un método de resolución de situaciones propias de la ingeniería y se apropien de herramientas informáticas.

La estructura de las guías consiste en una secuencia de partes con metodologías y fines específicos. La primera parte consiste en una serie de preguntas de índole teórica para que el alumno reflexione con sus compañeros y docentes sobre el/los métodos a emplear. Haciendo énfasis en la aplicabilidad de la técnica para que el alumno comprenda cuando es posible la utilización y la calidad de los resultados a obtener.

La segunda parte consiste en el desarrollo de una secuencia de pasos o diagrama de flujo del método a emplear. Se intenta que el alumno asimile el proceso algorítmico al que se someten las variables de entrada para obtener los resultados deseados.

La tercera parte consiste en la aplicación del algoritmo a problemas de ingeniería sencillos mediante una herramienta informática. Se alienta al alumno a analizar la problemática informando que se desea obtener, cómo obtenerlo y con qué error se estima la solución. También se resalta la importancia de la contextualización de los resultados obtenidos. La dificultad de los problemas se incrementa al continuar con la guía de estudios.

3.2.b. Utilización de un entorno virtual

A fin de favorecer las comunicaciones entre estudiantes, estudiantes con docentes y estudiantes con los materiales, las clases teórico-prácticas presenciales son aumentadas [3] (o complementadas) por un espacio virtual en la plataforma de educación a distancia Moodle-FIO. Esta plataforma es útil para compartir con los estudiantes el material bibliográfico, reforzar las comunicaciones y realizar actividades complementarias.

El contar con este espacio virtual brinda la posibilidad al estudiante de acceder en cualquier momento y desde cualquier lugar de manera organizada al material de la asignatura: cronograma, planificación, guías didácticas, material elaborado por la cátedra, artículos de revistas on line, links a las herramientas de software, etc.

También le permite al equipo docente usar otro tipo de recursos y proponer otro tipo de actividades. Por ejemplo:

- recoger datos a través de encuestas digitales,
- plantear foros de discusión a partir de una consigna como por ejemplo que proponga la utilización de un simulador como Secav¹, y que dichas discusiones puedan ser recuperadas durante la siguiente clase presencial,
- brindar a los estudiantes actividades de autoevaluación con retroalimentación automática,

¹Secav. Software educativo para la visualización gráfica de algunos métodos numéricos (Secav) <http://secanu.exactas.unlpam.edu.ar/>

- plantear actividades grupales donde cada grupo elabore un informe sobre la solución dada a una determinada situación problemática y que dichos informes puedan ser coevaluados por otro grupo al intentar llevar adelante la solución planteada en el informe,
- desarrollar una sección de FAQ's (Frequently Asked Questions),

3.2.c. Integración de herramientas de software

En cuanto a las herramientas de software se consideró importante seleccionar aquellas que faciliten las distintas etapas de la resolución problemática, que puedan llegar a ser empleadas en asignaturas del ciclo superior o en lugares de trabajo (por ejemplo graficadores, planilla de cálculo), o hayan sido utilizadas en asignaturas previas (por ejemplo Derive), y puedan ser adquiridas e instaladas en la mayoría de las PC. De esta manera se busca evitar agregar complejidad y la necesidad de disponibilidad de tiempo adicional para aprender a utilizar un software particular.

Se propone la utilización de software de visualización, lenguajes de programación, planillas de cálculo y simuladores. Entre ellos se consideran apropiados Fooplot (www.fooplot.com), Desmos (www.desmos.com) o Wolfram Alpha (www.wolframalpha.com), Microsoft Excel, Calc del paquete OpenOffice, Geogebra, Derive y el simulador de métodos numérico on line SECav. No se descarta la posible utilización del software Matlab (de Mathworks) o su contraparte libre, Octave.

La utilización de herramientas informáticas no sólo proporciona un aumento de la potencia en los cálculos sino que además permite destacar el valor de la visualización en el proceso de análisis, comprensión y resolución de problemas propios de las ingenierías y, proveer a los estudiantes un lenguaje adicional para organizar, comunicar sus ideas, probarlas, discutirlos y reflexionar sobre ellas. De esta manera puede decirse que las aplicaciones informáticas poseen una riqueza potencial para robustecer y complementar las capacidades cognitivas que ponen en juego los alumnos al resolver situaciones-problemas.

Se considera importante evitar como mencionan Pizarro, R. y Ascheri, M. E. [4][5] que los alumnos realicen cálculos matemáticos aplicando las fórmulas sin efectuar un análisis detallado del comportamiento de cada método, según la situación problemática abordada y los resultados obtenidos.

3.3 Formación y seguimiento de recursos humanos.

La formación de recursos humanos se plantea como una actividad continua con el fin de que los mismos se encuentren preparados para su tarea. Se reconoce la importancia de la cohesión y coherencia interna en la cátedra. Por ello se considera indispensable la comunicación fluida, un trabajo continuo y cooperativo entre los miembros del equipo docente que propicie que cada uno aporte su conocimiento y su experiencia. Se busca lograr en todos los integrantes un sentido de identidad, un nivel de responsabilidad y compromiso con la tarea docente y con su equipo. Con esta intención se propone establecer con claridad varias vías de comunicación: grupo de WhatsApp, espacio virtual con material compartido y modificable on-line (por ejemplo google drive) y correos electrónicos.

Previo al inicio de clases se pautan encuentros semanales de los integrantes del equipo docente. Dichas reuniones tienen como finalidad realizar actividades de formación; evitar posibles discrepancias en las formas y pautas de trabajo; revisar, discutir y analizar los temas a dictar, los objetivos a alcanzar, la metodología y estrategias didácticas a utilizar, e identificar los indicadores a atender durante la clase con el fin de ajustar progresivamente la ayuda pedagógica y determinar si se han cumplido o no, y hasta qué punto, las intenciones educativas que están en la base de dicha ayuda pedagógica. Cada miembro del equipo plantea sus dudas y aporta sus ideas y sugerencias. De la misma manera, se propone que todo el equipo docente participe activamente en la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje en todas y cada una de las instancias planificadas para una cursada; se involucre para convertir a este proceso en una instancia que tiene como finalidad última lograr el aprendizaje de los estudiantes.

Durante estas reuniones el docente a cargo de la asignatura y el Jefe de Trabajos Prácticos de manera conjunta presentarán a los ayudantes una rápida y breve síntesis de la próxima clase teórico práctica. Luego de esto se revisará la guía didáctica. Por su parte el docente a cargo se encargará de aclarar dudas desde la fundamentación teórica, comunica los objetivos a lograr, justifica la secuenciación de la clase y abordaje de los contenidos. Por su parte el Jefe de Trabajos Prácticos responderá a dudas de interpretación y resolución de ejercicios de la guía didáctica. Los ayudantes contarán con dos documentos escritos por la cátedra, y discutidos previamente. En uno de ellos, se establecen una serie de preguntas que pueden utilizar para orientar a los estudiantes durante la resolución de situaciones problemáticas. En el otro documento, se establece lo que el alumno debe explicitar de manera clara y detallada en cada paso de resolución de una situación problemática. Una de las tareas de formación que se plantea al ayudante es la de hacer un relevamiento bibliográfico de ejercicios sobre los diferentes temas y la elaboración de una consigna para ese ejercicio que tenga en cuenta alguno/s de el/los objetivo/s a lograr.

Se espera que a través de las reuniones de trabajo y de la experimentación de las propuestas en el aula, todos los integrantes del equipo docente adquieran habilidades y conocimientos que complementen su propia formación. Se tratará de una formación permanente ligada a la propia práctica.

4. Resultados y Discusiones

Las innovaciones aquí presentadas fueron puestas en acción durante la cursada regular del presente año. El trabajo para la renovación de la cátedra según los nuevos lineamientos es constante y dinámico.

Dado que la cursada se encuentra actualmente en desarrollo, no es posible aún obtener conclusiones detalladas. Sin embargo, es posible mencionar algunos cambios positivos respecto de lo observado en la cátedra en años anteriores:

- Aumento de la permanencia en clase de la mayoría de los alumnos.
- Ritmo de avance más homogéneo. La mayoría de los alumnos es capaz de llevar al día la resolución de las guías prácticas.
- Apropiación por parte de los estudiantes de las herramientas de software.

- Enriquecimiento de la participación, comprensión e interés por parte de los estudiantes en desarrollo teórico-práctico.
- Los alumnos comprenden la necesidad de resolución de los problemas mediante métodos numéricos. Se logra una mejor comprensión de la aplicabilidad de los mismos y una mayor seguridad en la resolución, manejo y verificación de datos obtenidos.

Como trabajo a futuro se propone realizar un relevamiento de indicadores que permitan la evaluación y mejora de las innovaciones. Se considera utilizar herramientas de relevamiento de información como encuestas a docentes de nivel superior y estudiantes para conocer el impacto de tales innovaciones. El análisis de estos indicadores permitirá ajustar las innovaciones relacionadas con el ajuste o actualización periódica de los contenidos de estudios, con modificaciones en la metodología de trabajo, la integración de la tecnología en las clases y con la formación de recursos.

5. Referencias

- [1] SIERRA, B., ARIZMENDIARRIETA y PEREZ FERRA, M. (2007). La comprensión de la relación teórica-práctica: una clave epistemológica de la didáctica. *Revista de Educación*, 342. Enero-abril 2007, pp. 553-576.
- [2] MATURANA, H. (1995) “Ontología del conversar”, en *La realidad: ¿objetiva o construida? I. Fundamentos biológicos de la realidad*, Barcelona, Anthropos-uia-iteso, 1995, pág. 19-36.
- [3] SAGOL, C. (2012), “El aula aumentada”, en Webinar 2012: Aprendizaje ubicuo y modelos 1 a 1, organizado por IIPE-UNESCO y Flacso Argentina, 14 al 16 de marzo.
- [4] ASCHERI, M. E., PIZARRO, R., ASTUDILLO, G., GARCIA, P. y CULLA, M. E. (2007) Relevamiento de software en línea para la enseñanza-aprendizaje de métodos numéricos. Herramientas para su desarrollo. V CIEMAC. Cartago. Costa Rica, 20-24. Disponible en <http://www.cidse.itcr.ac.cr/ciemac/>
- [5] ASCHERI, M. E., PIZARRO, R., ASTUDILLO, G., GARCIA, P. y CULLA, M. E. Software educativo en línea para Cálculo Numérico. Nuevos avances. [http://www.academia.edu/5988964/Software educativo en l%C3%ADnea para C%C3%A1lculo Num%C3%A9rico. Nuevos avances](http://www.academia.edu/5988964/Software_educativo_en_l%C3%ADnea_para_C%C3%A1lculo_Num%C3%A9rico._Nuevos_avances)



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ENSEÑAR FÍSICA A TRAVÉS DE LA LECTURA Y LA ESCRITURA EN CARRERAS DE INGENIERÍA

Rita Amieva, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, ramieva@ing.unrc.edu.ar

Adriana Fernández, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, afernandez@ing.unrc.edu.ar

Fabián Venier, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, fvenier@ing.unrc.edu.ar

Jorge Vicario, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, jvicario@ing.unrc.edu.ar

Resumen Se exponen los primeros resultados de un proyecto de innovación pedagógica centrado en la enseñanza de la lectura y de la escritura en Física para el primer año de carreras de Ingeniería, basado en el supuesto de que ambos procesos permiten el acceso a las formas de comprender, razonar y argumentar en la disciplina. Las actividades desarrolladas consisten en la identificación de hábitos y estrategias de estudio basada en la lectura de textos expositivos; la enseñanza explícita de estrategias de lectura con fines de estudio; y el desarrollo de la competencia de argumentación escrita. Ello ha implicado revisar la concepción habitual sobre la enseñanza de la Física en orden a concebir las clases y los laboratorios como espacios de comunicación donde se construyen significados o discursos por medio del lenguaje o expresado de otra manera, desarrollar la perspectiva de la “ciencia como argumento”. Los resultados iniciales muestran, entre otros aspectos, que los estudiantes relacionan la lectura con el estudio de la teoría, tarea que emprenden de manera individual, a diferencia de la resolución de problemas que la encaran en grupo, aunque ambas actividades se caracterizan por intentos poco reflexivos y metacognitivos.

Palabras clave: Física, lectura, escritura, ingeniería.

1. Introducción

La materia Introducción a la Física pertenece al primer cuatrimestre del primer año de las cuatro carreras —Ingeniería Electricista, Mecánica, Química y en Telecomunicaciones— que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (FI-UNRC). Básicamente, los temas que conforman el programa son: Vectores, Dinámica y cinemática de la partícula y Óptica geométrica. Por tratarse de una materia básica y fundamental para la formación, también se encuentra en las instancias de pre-ingreso (octubre a diciembre de cada año) y de ingreso a la facultad (febrero) donde se abordan temas relacionados con las leyes de Newton y vectores.

La asignatura se dicta en la modalidad teórico-práctico, en cuatro comisiones —una por cada carrera— a cargo de un profesor y uno o dos jefes de trabajos prácticos. Así, Electricista cuenta con dos docentes para 38 alumnos; Mecánica, tres docentes para 118 alumnos; Química, dos docentes para 60 alumnos y Telecomunicaciones, tres docentes para 53 alumnos. La mayoría de los integrantes de la cátedra viene participando desde hace varios años en proyectos de investigación e innovación educativa con el propósito de conocer más exhaustivamente las dificultades de los estudiantes y ensayar alternativas orientadas a mejorar los aprendizajes.

Uno de los problemas recurrentes que afronta la materia es el importante nivel de desaprobación y abandono (60-70%). Si bien las causas de esta situación son diversas: vocacionales, económicas, afectivas, etc., las de carácter académico constituyen un factor prevalente. En esa dirección, el equipo ha indagado y elaborado propuestas que atienden la fuerte incidencia de los modelos mentales intuitivos con que los estudiantes inician la formación. En la actualidad, y sin abandonar este tema, el equipo ha decidido abordar también, la enseñanza de la lectura y la escritura como herramientas epistémicas que posibilitarían a los estudiantes el acceso real a los contenidos de la materia.

La importancia de la lectura y la escritura en el marco de cada disciplina ha sido destacada por numerosas investigaciones y desde diversas perspectivas.

En nuestro país, en los últimos quince años, ha cobrado vigor un enfoque con mayor tradición académica en el mundo anglosajón: la alfabetización académica. En esa dirección, Carlino [1] ha hecho valiosos aportes a su difusión mostrando la importancia de enseñar las prácticas de lenguaje y pensamiento propias de cada ámbito disciplinar a través de la lectura y de la escritura; lo que posibilitaría a los estudiantes tanto la comprensión como el análisis y la producción de los textos disciplinares específicos en la carrera y apropiarse por este medio de las formas de razonamiento instituidas a través de las convenciones del discurso.

Por otra parte, especialistas y didactas de la ciencia —como Espinoza [2], Espinoza, Casamajor y Pittton [3], Lerner [4]— han centrado su atención en la identificación de condiciones didácticas para las situaciones de lectura y de escritura de modo de favorecer una buena aproximación al conocimiento disciplinar y al aprendizaje de la lectura de textos expositivos en las ciencias naturales.

El tema también ha sido objeto de proyectos institucionales en algunas universidades nacionales como es el caso de la Universidad Nacional de General Sarmiento con el *Programa de desarrollo de habilidades de lectura y escritura a lo largo de la carrera* (PRODEAC) y la Facultad Regional de General Pacheco de la Universidad Tecnológica Nacional con el *Programa de fortalecimiento de las competencias comunicativas para el desempeño profesional*. Experiencias que han mostrado, por un lado, la positiva incidencia del desarrollo de los procesos de comprensión y producción de textos en el acceso, la permanencia y finalización de los estudios universitarios; por otro, la importancia de involucrar a los docentes en el tratamiento paulatino y sistemático de la temática.

En el ámbito de la UNRC, el tema es objeto de política académica y también, de formación docente; lo que ha sido posible por los antecedentes, en materia de investigación y de innovación, de varios especialistas locales como Vázquez [5] y Vázquez y Jakob [6] quienes han abordado las relaciones entre escritura y aprendizaje en el aula universitaria, Vélez [7] quien se ha centrado en la enseñanza de la lectura, y Rosales y Novo [8] quienes han abordado por igual las prácticas de lectura y de escritura en la universidad. Este capital académico ha permitido el desarrollo de la *Diplomatura en lectura, escritura y pensamiento crítico en la educación superior* y asimismo, el asesoramiento a equipos de distintas disciplinas que, como en nuestro caso, han participado en la convocatoria de *Proyectos sobre escritura y lectura en las disciplinas para primer año de las carreras* (PELPA), organizada por la Secretaría Académica de la UNRC (2016).

Precisamente, en este trabajo exponemos los primeros resultados de un proyecto PELPA sobre la *Enseñanza de la lectura y la escritura en física para ingeniería*, proyecto que ha significado para los docentes de la cátedra:

- ampliar la perspectiva sobre lo que significa aprender la disciplina contemplando también la enseñanza de los modos de lectura y escritura y a través de ellos, las formas de razonar en la disciplina, pues, se trata de tener en cuenta como contenidos: los géneros académicos que circulan en la materia (¿qué se lee en Física?) y las estrategias para abordar su lectura con propósito de estudio (¿cómo se lee en Física?, ¿qué hacer para comprender lo leído?, ¿qué hacer cuando no comprendo?), el papel de la escritura en el aprendizaje (¿cómo se describe y se explica en Física?, ¿cómo se argumenta?).
- concebir las clases y los laboratorios como espacios de comunicación donde se construyen significados o discursos por medio del lenguaje como propone Jiménez Aleixandre [9], o

expresado de otra manera, desarrollar la perspectiva de la ciencia como argumento como sugiere Kuhn [10].

- lograr el compromiso y el involucramiento de los estudiantes en el aprendizaje. Propósito que lleva a los docentes a resignificar, entre otros aspectos: a) las clases, pues, requiere que sin abandonar la explicación promovamos el diálogo, la formulación de preguntas, el debate; y b) las consultas, en las que por tratarse de un ámbito más personalizado se puede animar a los estudiantes a que reflexionen sobre sus avances y dificultades (¿en qué radican?, ¿a qué obedecen?, ¿cómo afrontarlas y superarlas?,...). En definitiva, alentar el aprendizaje reflexivo de la manera en que es descripto por Brockbank y McGill [11] y el desarrollo de la metacognición.
- que los docentes estemos dispuestos a revisar nuestro rol y tarea. En este modelo de trabajo es importante que ensayemos asumirnos coordinadores y facilitadores y aceptar la tarea de orientación de los aprendizajes particularmente, los relativos a los procesos de lectura y escritura.

Las actividades desarrolladas en el proyecto consisten en la identificación de hábitos y estrategias de estudio basada en la lectura de textos expositivos; la enseñanza explícita de estrategias de lectura con fines de estudio; y el desarrollo de la competencia de argumentación escrita. En este trabajo, y debido al tiempo de desarrollo del proyecto, nos referiremos a los resultados obtenidos básicamente en la primera actividad y en menor medida, a la segunda.

2. Materiales y Métodos

En el marco del proyecto mencionado, las actividades de lectura y escritura se basan en el supuesto de que ambos procesos permiten el acceso a las formas de comprender, razonar y argumentar en la disciplina.

Dado que se trata de un proyecto que hemos comenzado a desarrollar este año, sólo podemos exponer algunos resultados referidos a las actividades de lectura; ya que las de escritura se hallan en proceso de elaboración. Específicamente, las actividades desarrolladas consistieron en la identificación de hábitos y de estrategias de lectura con fines de estudio, indagados tanto través de un cuestionario como de la observación de una actividad grupal realizada en clase.

El cuestionario fue diseñado por los docentes de la materia que integran el proyecto, quienes lo administraron en sus respectivas comisiones. Si bien su respuesta era optativa, lo respondieron todos los estudiantes que asistieron el primer día de clases: 201 alumnos. Se presentó impreso, con una leyenda inicial que explicaba que su propósito era realizar un diagnóstico y a partir del mismo, diseñar estrategias didácticas para orientar en el estudio de la materia. Constó de quince preguntas cerradas con las opciones “siempre”, “a veces” y “nunca”. Una vez respondidos, cada docente se ocupó del procesamiento de los cuestionarios de su comisión determinando la frecuencia de las respuestas.

En lo que respecta a la actividad grupal de estudio a partir de la lectura de textos expositivos, el mismo equipo de docentes diseñó una guía con tres actividades para que los alumnos trabajaran con el libro de texto sugerido por la cátedra. Cabe aclarar que las comisiones de Mecánica y Química trabajan con el mismo libro de texto —*Física universitaria*, duodécima edición, de H. Young y R. Freedman— mientras que Electricista con *Física para ciencias e Ingeniería*, Volumen 1, séptima edición de R. Serway y J. Jewett, y Telecomunicaciones, con *Física Vol.1*, cuarta edición (tercera en español) de Resnick-Halliday-Krane.

La actividad grupal consistió en el desarrollo de tres tareas consistentes en:

- 1) el examen o exploración del libro de texto prestando atención a la forma, estructura y función de las distintas secciones. El propósito era que los estudiantes advirtieran que por lo general, los libros de texto les ofrecen varios recursos para abordar la lectura con fines de estudio, y que pueden valerse de estos recursos para aprender mejor.
- 2) poner a los estudiantes en situación de estudio, por lo que se les solicitaba que leyeran un tema —la primera ley de Newton— sobre el cual, a continuación, se desarrollaría la clase. El propósito de esta actividad era doble: por un lado, identificar qué hacen los estudiantes cuando leen para estudiar y contrastar lo registrado mediante observación con lo respondido por los mismos estudiantes en el cuestionario; por otro, que los estudiantes

tomaran conciencia de la importancia de fijarse un propósito claro y explícito para la lectura.

- 3) valorar la comprensión de lo estudiado a partir de la respuesta a tres preguntas planteadas por el profesor. Las preguntas fueron: 1) -¿Cuál es el estado natural de un cuerpo?, 2) ¿Qué es la inercia?, y 3) ¿Qué es un marco de referencia inercial? En este caso, el propósito era que los estudiantes se dieran cuenta de la importancia de identificar, en la lectura, las preguntas centrales a las que un contenido viene a dar una respuesta.

Estas tareas se desarrollaron en grupos pequeños de no más de tres estudiantes puesto que las características del mobiliario del aula —filas de tres bancos unidos— no permitían otro tipo de agrupamiento.

Aunque cada comisión trabajaba con un libro de texto distinto, todas trabajaron con las mismas consignas.

La actividad conformada por las tres tareas se desarrolló en una clase de una hora y media, a dos. Los docentes a cargo de la comisión y la asesora pedagógica observaban y registraban lo acontecido en la clase y ocasionalmente, cuando lo requerían los estudiantes, atendían algunas consultas.

3. Resultados y Discusión

A continuación, exponemos los resultados y los análisis derivados de la administración del cuestionario y de la observación de la actividad grupal de lectura.

3.1 Los hábitos y las estrategias de lectura según los estudiantes

A través del cuestionario aspirábamos a contar con información sobre los hábitos y las estrategias a las que los alumnos recurren cuando basan su estudio en la lectura de textos expositivos. En términos generales, las preguntas refieren a las fases prototípicas de la lectura, a saber: 1) *fase de pre-lectura*: en la que el lector, consciente de sus expectativas o propósitos, examina de manera superficial el texto a efectos de conocer sus características generales (Preguntas 1 a 5); *fase de lectura*: en la que se persigue la comprensión del contenido, por lo que se caracteriza por la disposición activa del lector quien apela a todas las estrategias de análisis y procesamiento de información (Preguntas 6 a 9); 3) *fase de post-lectura*: en la que el lector evalúa su comprensión de lo leído e identifica dudas o lagunas de comprensión (Preguntas 10 a 14). La última pregunta refería a la modalidad habitual de estudio: solo o en grupo. Los resultados se analizan en términos generales, esto es, sin discriminar por carrera. Solo hacemos mención de la misma en aquellos casos en que la diferencia respecto de las otras es muy marcada.

Respecto a la fase de pre-lectura

- Son pocos los alumnos que reconocen plantearse siempre un propósito o meta específica de lo que quieren lograr con la lectura a la hora de estudiar: 31 % contra 65% que reconoce que solo a veces se plantea un propósito explícito y específico.
- El porcentaje de alumnos que realiza siempre o a veces un examen general del libro o del capítulo antes de abocarse al estudio del tema específico, es prácticamente el mismo: 43.5% y 44.5% respectivamente.
- Algo similar ocurre con relación a preguntarse por lo que les sugieren los títulos y los subtítulos: 43% lo hace siempre, mientras que 42% a veces.
- La elaboración de alguna anticipación del contenido a estudiar a partir de títulos y subtítulos tiende a ser levemente superior para la opción siempre (49%) respecto a la opción a veces (46%).
- El conocimiento previo que se tiene del tema a estudiar tiende a tenerse en cuenta a veces (52%) aunque no deja de ser también importante el porcentaje de quienes declaran que lo tienen en cuenta siempre (44%).

En líneas generales, las respuestas a estas primeras preguntas se reparten casi por igual entre las opciones *siempre* y *a veces*. Sin embargo, consideramos que las respuestas a la primera y a la última pregunta son las que en definitiva marcan el perfil de este grupo de estudiantes frente al estudio a partir de textos expositivos. Se trataría de un grupo que tendería a realizar una lectura poco reflexiva en la medida que pocas veces se plantea un propósito explícito respecto de lo que quiere lograr con la lectura y tiene poco presente el conocimiento que ya dispone del tema a partir de apuntes u otras fuentes.

Con relación a la fase de lectura

- El uso de elementos paratextuales para identificar información general o conceptos específicos es muy frecuente entre los estudiantes: 71% declara que siempre presta atención a títulos y subtítulos, y 82% que presta atención a palabras destacadas con negritas o itálicas. No obstante, otros elementos paratextuales que permiten ampliar información o alcanzar una comprensión más profunda de la misma, son menos frecuentes. Es el caso del análisis de imágenes, tablas o esquemas que sólo 50% declara que siempre les presta atención y 47% que las considera a veces. La lectura de notas a pie de páginas o en los márgenes es decididamente una práctica poco habitual, pues, 58% declara que las tiene en cuenta a veces y 26% que nunca las considera.
- A medida que se avanza en estrategias más activas de lectura y estudio, las frecuencias para la opción siempre disminuyen; así, la formulación de preguntas o la elaboración de hipótesis con relación a la lectura, los alumnos reconocen que las desarrollan a veces (58%) o nunca (35%); y 60% asegura relacionar la nueva información a veces mientras que 18% reconoce no hacerlo nunca.
- Por último, respecto de estrategias para trabajar y comprender el contenido, nuevamente figuran como más frecuentes aquellas que demandan menos elaboración y reflexión por parte de los estudiantes, al menos, de la manera en que por lo general las desarrollan. Así, 60% recurre siempre a la técnica del subrayado y 49% a la identificación de conceptos. En tanto que técnicas de estudio que requieren mayor actividad elaborativa y reflexiva son menos frecuentes, como: a) tomar notas al margen, respecto de la que 56% declara hacerlo a veces y 15% nunca; b) realizar esquemas, gráficos y diagramas para analizar y comprender una situación, que 50% y 33% respectivamente declara hacerlo a veces o nunca; c) anotar dudas que solo 30% lo hace siempre, 46% a veces y 24% nunca; d) e intentar responder posibles preguntas sobre lo que se ha leído: 49% a veces y 28% nunca.
- Sin embargo, la resolución de problemas es una forma activa de estudiar que 49% dice realizar siempre y 44% a veces.

Las respuestas a este grupo de preguntas nos aportan información sobre el uso estratégico que los estudiantes hacen de algunos elementos paratextuales y de su actitud más frecuente frente a la lectura con fines de estudio. Respecto de los primeros, cabría la duda si tener en cuenta títulos y subtítulos o palabras destacadas responde al propósito de ubicar más fácilmente la información o si además, a comprender el contenido. Las respuestas parecerían indicar que se trata de lo primero en la medida en que es menos frecuente el aprovechamiento de paratextos icónicos que permitirían ampliar o profundizar la comprensión, al igual que la información proporcionada por notas en los márgenes o a pie de página. Esto se correspondería también con el desarrollo poco frecuente de estrategias más activas, esto es, con mayor involucramiento del estudiante y que posibilitarían una comprensión más profunda del contenido a través del registro de las propias dudas, toma de notas de distinto tipo y la evaluación de la propia comprensión de lo estudiado hasta el momento. Así, en este contexto, la resolución de problemas —que se destaca como la estrategia activa de aprendizaje a la que los estudiantes recurren con más frecuencia para intentar comprender un contenido—

Enseñar física a través de la lectura y la escritura en carreras de Ingeniería
parecería ser una actividad operativa antes que sostenida o basada en la comprensión conceptual.

En lo concerniente a la fase de post-lectura

- Después de haber leído un tema, solo 21% tiene presente si lo que encontró corresponde a sus expectativas y otro porcentaje igual de estudiantes, nunca se lo plantea.
- Lo mismo sucede con la búsqueda complementaria de información en diversas fuentes, que es poco frecuente entre los estudiantes. Sólo 13% lo hace siempre en tanto que la mayoría reconoce que es algo que realiza a veces (57%) o nunca (30%).
- Si bien la mayoría —59%— afirma que después de haber leído con propósito de estudio, siempre tiene claridad respecto de lo que entiende y no, sólo 33% afirma que siempre intenta resolver problemas empleando los principios y conceptos aprendidos.
- También es menor el porcentaje de estudiantes que luego de estudiar a partir de los textos, acude a la consulta con el docente de la materia para despejar dudas: 21% que asiste siempre contra 42% y 37% que afirma asistir a veces o nunca.

Las respuestas a este grupo de preguntas refieren a la actitud reflexiva y metacognitiva de los estudiantes a partir de las estrategias que desarrollan cuando estudian. Los resultados estarían indicando que lectura y estudio se caracterizarían por ser intentos poco reflexivos, situación que se agravaría al ser poco frecuente la consulta al profesor. También darían cuenta de esta característica, la preferencia por el estudio individual —en promedio, 82% estudio solo— que no permite el intercambio de perspectivas sobre cómo se interpreta un concepto, principio, situación o resultado; o se aprecian otras estrategias y modalidades de estudio.

3.2 La lectura de textos de física

La actividad de lectura con fines de estudio se desarrolló en tres comisiones; y si bien las consignas fueron las mismas, se observaron algunas diferencias que podrían tener incidencia en la manera como los estudiantes se predisponen para su desarrollo.

La primera comisión en la que la actividad se llevó a cabo fue la de Ingeniería Mecánica; en segundo lugar, Ingeniería Electricista y por último, en Telecomunicaciones. Los mejores resultados valorados en términos de la participación y la actividad desplegada por los estudiantes, se observaron en la tercera comisión. Más allá de las características particulares de cada grupo, consideramos que un factor clave lo constituye el momento y la forma en que se presenta la actividad y el grado de participación de los docentes en la coordinación. En ese sentido, en la comisión de Telecomunicaciones, los docentes presentaron la actividad al inicio e hicieron de la misma, el eje de la clase.

En las comisiones de Mecánica y Electricista fue manifiesta la renuencia de los estudiantes a conformar pequeños grupos (no más de tres integrantes) para realizar las actividades. Esta situación se relacionaría, en principio, con la respuesta a la última pregunta del cuestionario en la que la mayoría —80% o más— reconoce que cuando lee con propósito de estudio, lo hace solo. No obstante, los alumnos de Telecomunicaciones —que también reconocen que estudian solos— mostraron una predisposición más favorable a la lectura y el estudio en grupo. En este caso, consideramos que tuvo influencia la coordinación realizada por los dos docentes de la comisión que en todo momento estimularon la participación con preguntas y acudieron a los pequeños grupos para observar cómo trabajaban o a responder alguna consulta.

Con relación a la primera actividad, en los dos primeros grupos, los estudiantes tendieron a enunciar características generales del libro de texto aparentemente en función de aspectos que más les llamaban la atención: *Muchos contenidos. Ejercicios resueltos. Observaciones en*

En el tercer grupo, las repuestas tendieron a ser grupales y a ajustarse a la secuencia en que aparecen los distintos elementos en el texto: *El libro tiene varias ediciones* (Esta observación es rescatada por el profesor para hablar sobre la calidad del libro y la importancia del autor). *Tiene un prefacio. Hay un índice temático. Tiene un índice analítico. Tiene capítulos. Cada capítulo tiene contenidos, preguntas, problemas, ilustraciones. Un apéndice.*

Es de destacar cómo una actividad sencilla en apariencia, resultó ser interesante para que en algunas comisiones el docente advirtiera que había alumnos que tenían una copia incompleta del libro, o para que los alumnos se dieran cuenta de que en el apéndice se hallaban los resultados de algunos problemas por los que consultaban al docente. Al parecer, contrariamente a lo que los alumnos responden en el cuestionario, más bien pocas veces o nunca realizan una inspección general del libro para conocer sus características y los recursos de los que pueden valerse para orientar mejor su estudio.

Respecto a la segunda actividad, la observación de los grupos nos permitió confirmar algunas de las respuestas dadas por los estudiantes al cuestionario:

- en situación de estudio, los alumnos acuden al *subrayado* como principal técnica para destacar lo que consideran como los datos o la información clave sobre el tema que están estudiando.
- prácticamente *no se observa que escriban notas en los márgenes o que registren dudas*, lo que en cierta manera encuentra correspondencia con la respuesta a que *asisten solo a veces a la consulta con el profesor* para despejar sus dudas.
- a efectos de identificar información relevante, los alumnos recurren a algunos elementos paratextuales como *cursivas y negritas, o las notas aclaratorias* que figuran en los márgenes de algunos libros. Algunos sostienen que *Cerca de las fórmulas está lo importante.*
- unos pocos alumnos afirman que *forman una imagen mental* sobre lo que leen (*Me imagino lo que leo*) coincidiendo con lo observado en esos grupos donde algunos integrantes hacen dibujos para explicar a los demás compañeros su interpretación de lo que leen.

Como en la actividad anterior, solo en la tercera comisión se observó el trabajo grupal en torno a la lectura: en la mayoría de los grupos uno de los integrantes lee en voz alta mientras los otros dos subrayan o interrumpen la lectura con algún comentario o pregunta; en otras ocasiones uno de ellos explica a los demás cómo interpreta lo que lee y hace un esquema.

Por último, sobre la tercera actividad consistente en responder tres preguntas de comprensión planteada por el profesor, el desempeño fue muy similar en las tres comisiones. La mayoría de los grupos responde de manera vaga y poco precisa la primera pregunta; correctamente la pregunta dos, la respuesta a la última pregunta directamente no resulta clara.

En las tres comisiones las preguntas se plantearon al final de la clase. Hubo variantes en la forma en que se solicitó la respuesta; en las dos primeras comisiones, las respuestas fueron grupales y a libro cerrado, luego cada grupo entregó con sus nombres. En la tercera comisión, las respuestas fueron grupales, anónimas y a libro abierto. En todos los casos, los docentes de cada comisión realizaron un comentario general de las respuestas antes de terminar la clase.

4. Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo de experiencias tendientes a la mejora de la enseñanza debe tener en cuenta, por lo menos, dos aspectos: las características y las necesidades de la población estudiantil que ingresa a la carrera; y los nuevos enfoques o perspectivas relativas a la enseñanza de la disciplina que, según estudios e investigaciones, se revelan como fructíferos para el

Enseñar física a través de la lectura y la escritura en carreras de Ingeniería
aprendizaje. La enseñanza de la lectura y la escritura en física de primer año en Ingeniería tiene en cuenta ambos aspectos.

Hay también un tercer aspecto que resulta clave para valorar los dos mencionados y traducir esas valoraciones en modalidades de intervención en el aula: la formación docente. Proyectos institucionales como los de innovación educativa o PELPA posibilitan esa formación en la medida que a efectos de atender una situación o problema, el equipo docente debe iniciar un camino de aprendizaje sobre la temática de interés.

Como ya hemos señalado, en la UNRC la enseñanza de la lectura y la escritura es objeto de política institucional y eso ha dado ocasión para que varios equipos docentes encaren proyectos sobre el tema. Dado el carácter transversal de estos procesos, creemos que éstos se afianzarán si las cátedras interesadas alcanzan un trabajo articulado y sistemático; no sólo a nivel de primer año cuando los estudiantes necesitan adquirir las herramientas para comprender y producir textos específicos en cada disciplina y aprender, a través de ellos, las formas de razonar en esa disciplina, sino también a lo largo de la carrera. Esta articulación se halla en vías de una construcción incipiente en la facultad.

Entre las próximas acciones previstas en el proyecto, se encuentra la comunicación de los resultados del diagnóstico aquí expuesto sobre los hábitos y las estrategias de lectura en un Seminario interno de la Facultad en el que participan cátedras de primer año. La expectativa es que con las cátedras intervinientes podamos identificar algún aspecto común sobre el cual trabajar de modo que los estudiantes adviertan que la lectura y la escritura es un contenido que forma parte de la carrera.

En lo que respecta a acciones previstas a partir de los resultados de las actividades diagnósticas que hemos expuesto en este trabajo, consideramos necesario:

- Estimular la lectura y el trabajo grupal en el aula: esto es fundamental desde la perspectiva de la ciencia como discurso, pues, posibilita no solo el intercambio de perspectiva sobre los fenómenos físicos sino también, la elaboración de argumentos basados en conceptos y principios de la disciplina y desplegar una forma de razonamiento propia o más característica de la misma.
- Desarrollar actividades a través de las cuales los estudiantes aprendan cómo leer textos académicos específicos de la materia, tales como consignas de parciales y los enunciados de los distintos tipos de problemas. Consignas y problemas son textos con una estructura no siempre identificable para los estudiantes y esto incide en su comprensión y por consiguiente, en su resolución adecuada.
- Estimular la formulación de preguntas en el aula como actividad cognitiva y metacognitiva, por ejemplo, a) solicitar a los estudiantes que en grupo formulen por lo menos dos preguntas sobre el tema expuesto por el docente como una forma de problematizar el contenido y de comprenderlo, también, de tomar conciencia de las propias dudas y aprender a plantearlas de modo de obtener la información que les permita aclararlas o resolverlas; b) pedirles que planteen todas las preguntas posibles luego de la lectura de un problema y formular hipótesis o suposiciones respecto a la situación inicial descripta y a la situación final esperada; c) frente a un planteo o estrategia de solución aportada por un grupo, incentivar que los estudiantes identifiquen los supuestos o preguntas subyacentes; o frente a las distintas preguntas planteadas por los estudiantes, hacer explícito el interés subyacente en la pregunta.
- Desarrollar habilidades de escritura a través de problemas cualitativos o la explicación de resultados en problemas cuantitativos.

Confiamos en poder desarrollar estas actividades, no sólo porque quienes llevamos adelante el proyecto estamos a cargo de las actividades de enseñanza sino también porque institucionalmente contamos con el apoyo de especialistas en lectura y escritura que nos orientarán sobre el tema.

5. Referencias

- [1] CARLINO, P. (2009). *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. 200 p.
- [2] ESPINOZA, A. (2006). La especificidad de las situaciones de lectura en “naturales”. *Lectura y Vida. Revista Latinoamericana de Lectura*, Año 27, n° 1, p. 6-16.
- [3] ESPINOZA, A.; CASAMAJOR, A. Y PITTON, E. (2009). *Enseñar a leer textos de ciencias*. Buenos Aires: Paidós. 211 p.
- [4] LERNER, D. (1996). ¿Es posible leer en la escuela? *Lectura y Vida. Revista Latinoamericana de Lectura*, año 17, n° 1, p. 5-24.
- [5] VÁZQUEZ, A. (2005). ¿Alfabetización en la universidad? *Colección de Cuadernillos de actualización para pensar la Enseñanza Universitaria*. Año 1, N° 1, p. 12. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- [6] VÁZQUEZ Y JAKOB (2007) .La escritura y el aprendizaje en el aula universitaria: componentes cognitivos y didácticos. *Revista Innovación Educativa*, vol. 7, núm. 36, enero-febrero, p. 21-35.
- [7] VÉLEZ, G. (2004) *Estudiar en la universidad. Aprender a partir de la lectura de los textos académicos*, Comité Editor de la Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Río Cuarto, p. 60.
- [8] ROSALES, P. Y NOVO, M. del C. (2014). *Lectura y escritura en carreras de ciencias humanas y sociales. Ideas y experiencias de enseñanza*. CABA: Noveduc, 115 p.
- [9] JIMENEZ ALEIXANDRE M. P. (2003). Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias. En Ma Pilar Jimenez Aleixandre (coord.), *Enseñar ciencias*. Barcelona: Editorial Graó. 240 p.
- [10] KUHN, D. (1993). Teaching and Learning Science as Argument. *Science Education* 77 (3), p. 319-337.
- [11] BROCKBANK, A y MC GILL, I. (2002). *Aprendizaje reflexivo en la educación superior*. Madrid: Morata. 311 p.

MEJORA DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL EN CONTEXTOS TECNOLÓGICOS

Rafael Omar Cura, rocura@frbb.utn.edu.ar

Liberto Ércoli, libercoli@frbb.utn.edu.ar

Guillermo Friedrich, gfried@frbb.utn.edu.ar

Pablo Girón, pgiron@frbb.utn.edu.ar

María Mercedes Marinsalta, mmarin@frbb.utn.edu.ar

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional

Resumen— La Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRBB) junto al Municipio local y el Consorcio del Parque Industrial participa de la Plataforma Tecnológica (PLATEC) realizando proyectos de servicios tecnológicos y la formación de recursos humanos para el desarrollo industrial regional.

En dicho contexto, equipos docentes efectuaron el Proyecto de investigación y Desarrollo (PID) 25/B034 “Utilización de una plataforma tecnológica como herramienta pedagógica para la enseñanza de la ingeniería” (2013-2015) diseñando, implementando e investigando el impacto de experiencias formativas en el trabajo conjunto entre docentes, alumnos y profesionales principalmente de Ingeniería Mecánica.

Los estudiantes valoran los aprendizajes profesionales logrados, la incidencia motivacional en su carrera, la integración de contenidos en dichos ámbitos industriales y el interés de participar en los proyectos de PLATEC. Los docentes consideran que estas estrategias enriquecen la formación, permiten articular los temas y la profesión y buscan generar nuevas aplicaciones.

Este proyecto se amplía a todas las carreras de la Facultad con la identificación de otras experiencias informales, la incorporación de herramientas didácticas y de investigación, su vinculación con los proyectos PLATEC y el estudio de su impacto en el PID “Formación de carreras tecnológicas en contextos profesionales” (UTN 4558), cohorte 2017-2018.

Palabras clave— *educación en ingeniería, formación en contextos profesionales, investigación sobre las prácticas docentes.*

1. Introducción

La formación profesional en contextos productivos cuenta con una interesante historia a lo largo del último siglo y las universidades continúan evolucionando en sus modelos educativos. Este trabajo presenta los resultados de nuevas experiencias formativas realizadas por equipos docentes de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRB) efectuadas en su sede en la Plataforma Tecnológica (PLATEC) del Parque Industrial de la ciudad, en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo

25/B034 “Utilización de una plataforma tecnológica como herramienta pedagógica para la enseñanza de la ingeniería” (2013-2015), denominado PID PLATEC I.

Asimismo, se desarrollan las principales orientaciones de su continuidad en un nuevo proyecto “Formación de carreras tecnológicas en contextos profesionales. Identificación, análisis, propuesta y evaluación de experiencias formativas profesionalizantes (PLATEC II)” (UTN 4558), cohorte 2017-2018.

2. Marco conceptual

A lo largo del mundo las diversas instituciones dedicadas a la formación de tecnólogos, como International Federation of Engineering Education (IFEES), World Federation of Engineering Organizations (WFEO) o la Asociación de Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería (ASIBEI), entre otras, plantean que el ingeniero debe formarse con una amplitud profesional para responder desde el oficio general y desde la especialidad a numerosas situaciones, problemáticas y necesidades que la vida del siglo XXI plantea.

Al respecto, la Segunda Conferencia Internacional de Educación en Ingeniería para el Desarrollo Sostenible, realizada en Barcelona en 2004, sostuvo que

“vivimos en un mundo cada vez más complejo y nos encontramos en una encrucijada crítica en que la humanidad debe tomar importantes decisiones sobre el futuro. Nuestro actual modelo de desarrollo plantea grandes desafíos cuando se trata de alcanzar una sociedad más justa basada en el respeto por la naturaleza y los derechos humanos. (...) Ignorar esta realidad al educar a futuros ciudadanos, y además, futuros profesionales, podría tener graves consecuencias. Es innegable que el mundo y sus culturas necesitan un tipo diferente de ingeniero que tenga un enfoque sistémico a largo plazo respecto a la toma de decisiones, guiado por la ética, la justicia, la igualdad y la solidaridad, y que tenga un conocimiento holístico que vaya más allá de su propio campo de especialización. (...) La ingeniería ha respondido a las necesidades de la sociedad, y sin duda, la sociedad actual requiere una nueva clase de ingenieros e ingenieras. [1]

En el marco de estos desafíos cambiantes, los gobiernos y el campo de la academia intervienen con nuevas iniciativas. Así, el Ministerio de Educación ha desarrollado el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012-2016, con los ejes: 1) Mejora de los indicadores académicos, 2) Aporte al desarrollo territorial sostenido y 3) Internacionalización de la ingeniería. Entre las metas más destacadas, el plan señala que aunque “en 2003 se recibía 1 ingeniero cada 8.000 habitantes, para 2009 ya había 1 cada 6.700” y el objetivo es “incrementar la cantidad de graduados en ingeniería en un 50% en 2016, y en un 100% en 2021 en relación al año 2009 en forma gradual, en carreras que completen el segundo proceso de acreditación” [2].

La conformación de un nuevo paradigma que oriente a los jóvenes en formación hacia la profesión plantea un cambio de modelo en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ello, autores como Agrawal [3], consideran que en las universidades actualmente continúa una cultura formativa cientificista y llaman a tomar conciencia de que, en el ejercicio del oficio, estos profesionales se encuentran resolviendo problemas concretos, diseñando, construyendo y manteniendo nuevos productos, proyectos e infraestructuras. Esto requiere de habilidades para la planificación, el monitoreo de los procesos y la optimización de recursos, concluyendo que se necesita una modificación de los currículos para producir tales ingenieros y tecnólogos.

En este sentido, Lamancusa [4] considera que deben generarse propuestas formativas basadas en un contexto de “fábricas de aprendizaje”, donde se realicen acciones que integren los aportes de docentes académicos y de ingenieros trabajando en un ámbito de producción profesional. Dichas estrategias propiciarán un modelo de enseñanza “hands-on”, donde se articulen los conceptos teóricos con la comprensión de problemas reales del oficio y la resolución de los mismos, a través del empleo de saberes prácticos y de su fundamento.

Por su parte, Gandel [5] analiza que el aprendizaje experiencial debe dejar de ser una forma de práctica para entusiasmar a los estudiantes y tiene que pasar a formar parte de los programas que vinculan de modo permanente la teoría del aula y situaciones concretas del ejercicio profesional.

Desde una propuesta concreta de mejora, la Sociedad Americana de Enseñanza de la Ingeniería (ASEE) propone la renovación de la educación de esta profesión diseñando ambientes efectivos de aprendizajes. En los mismos, especialistas y profesores están llamados a interactuar en ciclos continuos de práctica educativa e investigación, ya que sus estudios concluyen que las unidades académicas evidencian dos circuitos separados. En uno desarrollan innovaciones didácticas permanentes, aunque con poca difusión, y en otro efectúan investigaciones pero casi no atienden a los procesos de mejora continua. En consecuencia, se plantea articular la creaciones de estrategias de enseñanza que “identifica y motiva ideas” inquietantes con las investigaciones educativas que “aportan resultados concretos” y llevan a respuestas visionarias que “ayudan a mejorar estas prácticas” [6].

A nivel local, la Universidad Tecnológica Nacional a través de su Plan Estratégico viene desarrollando un conjunto de acciones vinculadas con la formación profesional de los estudiantes. Y la Facultad Regional Bahía Blanca, en su Plan de Desarrollo Institucional (2013-2020) señala que “será protagonista de la transformación social hacia un desarrollo crecientemente equitativo con base democrática, promoviendo una verdadera distribución social del conocimiento,... e incentivando actitudes de aprendizaje y formación continua” y también, que “sus profesionales utilizarán la formación científico-tecnológica con una visión productiva, totalizadora e integral con responsabilidad y conciencia ética de su rol social.” [7]

A los efectos de promover una formación de ingenieros que integre capacidades y competencias del orden conceptual y práctico profesional, resulta destacado que los equipos formativos se orienten en la organización de experiencias didácticas de mejora y el estudio del impacto en los alumnos y en los profesores.

Al respecto, especialistas en la enseñanza como Imbernón [8] consideran que la mejora de la formación está totalmente asociada a la investigación y al enriquecimiento de la propia práctica docente. En este sentido, uno de los modelos más empleados para estudiar el cambio en los fenómenos educativos es el de investigación acción. El mismo, implica el estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de la misma. En este sentido, Latorre [9] señala que este tipo de trabajo es *práctico* (los resultados conducen a mejoras durante y después del proceso de investigación), *participativo* y *colaborativo* (al investigador se lo considera un coinvestigador), *emancipatorio* (los actores establecen una relación de iguales), *interpretativo* y *crítico* (intervención reflexiva). Su proceso comprende las fases: planificación del cambio a implementar; desarrollo de la estrategia; recolección de información y reflexión sobre el impacto. El intercambio entre los actores permite generar interesantes vivencias en comunidades de aprendizaje.

Este enfoque conformó el planteo metodológico del PID PLATEC I respondiendo a las inquietudes planteadas por ASEE entre otros sobre la necesidad de articular innovación e investigación, alcanzando resultados acordes a una primera etapa de desarrollo, por lo que

animará el trabajo de campo del nuevo PID y se vincula estrechamente con conceptos del Plan de Desarrollo Institucional de UTN FRBB, cuando sostiene que

“actualmente los profesionales deben estar preparados para el aprendizaje permanente que le exige la velocidad de transformación tecnológica, la necesidad de desempeñar trabajo colaborativo en interacción con profesionales provenientes de otras disciplinas. Las personas necesitan “aprender cómo aprender”, dado que su actividad profesional cambiará a lo largo de décadas, de acuerdo a escenarios impredecibles y a menudo rápidamente cambiantes” [7].

3. Organización y metodología

Teniendo en cuenta el marco de referencia presentado se organizó el proyecto PID PLATEC I vinculado con nuevas experiencias formativas vinculadas con la carrera de Ingeniería Mecánica y en la nueva etapa, se amplía el enfoque de mejora formativa e investigación al resto de las carreras que se dictan en UTN FRBB.

Seguidamente se desarrolla la organización del proyecto y el enfoque metodológico.

3.1 Organización del proyecto

Este emprendimiento de estudio y generación de nuevos modelos formativos se encuentra totalmente vinculado con las diversas actividades que la Facultad Regional Bahía Blanca de UTN desarrolla en relación con el sistema productivo zonal.

Al respecto, durante el año 2005, la unidad académica firmó el primer convenio de colaboración técnica con el Consorcio del Parque Industrial de Bahía Blanca (CPIBB), tendiente a generar un espacio de capacitación de alta calidad para distintos oficios industriales. La relación entre las instituciones evolucionó positivamente durante los 8 años posteriores, a los que se sumó la Municipalidad de Bahía Blanca (MBB). Entre ellos podemos mencionar un Centro de Formación Profesional y Certificación de Competencias (C4P) y una Unidad de Desarrollo Industrial y Tecnológico (UDITEC).

Durante el año 2012 se formalizó un espacio de vinculación entre universidad, Estado y empresas dentro del Parque Industrial de Bahía Blanca, mediante la creación de la plataforma tecnológica denominada PLATEC, que incluyó las dos áreas ya creadas y se completa con dos secciones actualmente en proceso de concreción: un Centro Tecnológico CEN-TEC aprobado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica por un monto de \$ 16 millones para el desarrollo de nuevos materiales y una Incubadora de Empresas (INCUBATEC) aprobada por el Ministerio de Industria por un monto de \$ 3 millones para impulsar la creación de empresas de base tecnológica.

La implementación de PLATEC ha permitido lograr no sólo el objetivo buscado en forma primaria para que la Facultad sirva como departamento de ingeniería de las PyMES, sino también para ser utilizada como una herramienta pedagógica, mediante la participación de estudiantes de distintas carreras, fundamentalmente de Ingeniería Mecánica, que realizaron prácticas en el marco de diversas actividades y proyectos. La incorporación de los alumnos y docentes a las tareas de Investigación y Desarrollo (I + D), que se realizan dentro de PLATEC, tiene por objeto mejorar la formación práctica de los futuros graduados. La consigna fue posibilitar el acceso de las cátedras a los instrumentos de PLATEC y en función de ello se generó el PID 25/B034 “Utilización de una plataforma tecnológica como herramienta pedagógica para la enseñanza de la ingeniería”.

Dicho proyecto se focalizó en la carrera de Ingeniería Mecánica y participaron las asignaturas Instalaciones Industriales, Ingeniería y Sociedad, Mecánica Racional, Vibraciones Mecánicas y los proyectos desarrollados en UDITEC y se analizó el impacto formativo de las experiencias de mejora de la enseñanza desarrolladas en ámbitos profesionales, la mayoría en el marco de PLATEC y se realizó entre 2013 y 2015.

Durante 2016 dichas actividades han continuado desarrollándose y en este caso se presenta un nuevo Proyecto de Investigación y Desarrollo que busca ampliar la experiencia a todas las carreras de la Facultad desarrollando nuevas estrategias educativas profesionales, detectando experiencias informales en marcha y fortaleciendo las mismas con el modelo que articula docencia e investigación desarrollado en la etapa anterior. Este PID adopta la denominación “Formación de carreras tecnológicas en contextos profesionales. Identificación, análisis, propuesta y evaluación de experiencias formativas profesionalizantes (PLATEC II)” (UTN 4558), cohorte 2017-2018.

El objetivo general de esta iniciativa señala:

1. Determinar el impacto formativo que alcanzan las experiencias pedagógicas en contextos profesionales que se realizan en las carreras de la UTN FRBB en el período 2017-2018.

Y los objetivos específicos son:

1.1. Identificar actividades de formación tecnológica en contextos profesionales que realizan en las carreras de UTN FRBB.

1.2. Sistematizar las experiencias formativas que efectúan las asignaturas de UTN FRBB en ámbitos profesionales y generar nuevas brindándoles herramientas didácticas para su mejora pedagógica.

1.3. Analizar el impacto que alcanzan en el proceso formativo las actividades pedagógicas en ámbitos profesionales.

1.4. Comparar la incidencia pedagógica de las actividades de formación tecnológica en contextos profesionales 2013-2015 con las que se efectuarán entre 2017-2018.

Así, el objeto de estudio es el impacto formativo de las experiencias educativas desarrolladas en contextos profesionales estrechamente vinculadas con PLATEC y en otros ámbitos productivos, contemplando diversas instancias.

De este modo, se aspira a extender el modelo formativo de mejora didáctica y articulación con investigación que enriquece el proceso formativo a las carreras que se desarrollan en UTN FRBB y vincularse con otros equipos académicos que desarrollan actividades semejantes.

3.2 Enfoque metodológico

El presente PID se encuadra en un estudio de tipo socioeducativo siguiendo a Arnal y otros [10] y Bizquerra Alzina [11], pues busca identificar experiencias formativas en contextos profesionales que se realizan en UTN FRBB, sistematizarlas, incorporar propuestas de mejoras pedagógicas, generar nuevas e investigar su impacto formativo.

El objeto de estudio, específicamente, es la incidencia formativa de las experiencias pedagógicas realizadas en contextos profesionales en los alumnos y en los equipos docentes de UTN FRBB. Las unidades de análisis, siguiendo a Wainermann y Sautú [12] son las actividades educativas señaladas buscando analizar la relación que ejercen diversas variables respecto de su faz formativa, tratar de establecer fortalezas y limitaciones en común y así conformar nuevos aportes y modelos a la formación profesional en las carreras tecnológicas.

En este sentido, el enfoque metodológico es cuali-cuantitativo y adopta aspectos complementarios según las etapas del proyecto. Por una parte, inicialmente es de tipo *no experimental, post facto, exploratorio y descriptivo* siguiendo a Hernández Sampieri y otros [13] y Arnal y otros [10] al buscar identificar experiencias de formación tecnológica en los contextos profesionales y presentes en las carreras que se dictan de UTN FRBB. Pero posteriormente, adopta la modalidad de *cambio y mejora*, según Bizquera Alzina [11] y Latorre [9] al incorporar recursos didácticos y de investigación en dichas actividades a fin de conformarlas en verdaderas experiencias formativas profesionales (expros) que permiten ser estudiadas para establecer su impacto educativo. En este sentido, el proyecto también se encuadra dentro del enfoque de investigación-acción educativa, tal lo propuesto por sus principales desarrolladores como Elliot [14] y en la actualidad los mencionados Latorre e Imbernón, entre otros.

En el marco del estudio de cambio y mejora incorpora aspectos de investigación longitudinal, de tendencias [10] y causal-correlacional [13]. Es longitudinal en cuando analiza las experiencias profesionales en la cohorte 2017-2018 con mediciones anuales de las mismas, y varias se encuentran en continuidad con las realizadas durante el período 2013-2015. Asimismo, busca comprender la vinculación e incidencia de variables pedagógicas entre sí y en los resultados de los aprendizajes, por lo cual, también adopta aspectos de investigación causal-correlacional. En ese contexto, se efectuará una estimación de las tendencias comunes evidenciadas en las experiencias que cuenten con más tiempo de desarrollo, en términos de aspectos positivos (fortalezas) o dificultades (limitaciones) en dicha cohorte.

Estos aspectos metodológicos devienen en técnicas, instrumentos y poblaciones de estudio que deben guardar la validez y fiabilidad pertinente. Por la primera los elementos mencionados deben tener un adecuado diseño para medir aquellos datos esperados y por lo segundo, dichos recursos tienen que permitir resultados similares en contextos iguales, es decir, ser fiables [12] [13].

Estos lineamientos se vinculan con los adoptados por el PID UTN 25/B034 “Utilización pedagógica de una plataforma pedagógica para la formación de Ingeniería”, especialmente en el marco del Ciclo de Aprendizaje e Investigación Industrial (CAI) que se detalla en la Tabla 1, y por el que se desarrolla la complementariedad entre los roles de formador e investigador de los profesores participantes a través del empleo de actividades, técnicas e instrumentos diferenciados pero implementados de cómo correspondiente para la generación e implementación de experiencias formativas en contextos profesionales (expro) y el estudio del impacto formativo de las mismas. Para la organización de los distintos componentes de las estrategias de enseñanza y aprendizaje se cuenta con la Guía CAI que detalla cómo ir elaborando e implementando las actividades presentes en la Tabla 1. Por ello, cada docente

Tabla 1. Ciclo de Aprendizaje e Investigación Industrial

Dimensión didáctica	Dimensión investigativa
Tema de enseñanza Objetivos didácticos	Tema-problema Objetivos estudio
Contenidos de aprendizaje	Marco teórico y estado del arte
Actividades y técnicas didácticas	Actividades y técnicas investigación
Evaluación aprendizajes	Análisis de resultados

Fuente: elaboración propia

debe diseñar dichos componentes, para luego llevarlos a la práctica y realizar el trabajo de campo de investigación correspondiente.

Para cada uno de los objetivos planteados se han diseñado las técnicas e instrumentos para el trabajo de campo a fin de recoger datos cuali-cuantitativo. Inicialmente se emplean recursos vinculados con la obtención de información de las carreras que actualmente se desarrollan en UTN FRBB y encuestas a los docentes de las asignaturas con experiencias formativas profesionales.

Posteriormente, se emplea el CAI mencionado a fin de sistematizar las actividades formativas e incorporar en una primera etapa herramientas didácticas y posteriormente elementos de investigación educativa.

Respecto de la incorporación de mejoras formativas profesionales se presenta en la Tabla 2 una serie de propuestas de actividades y recursos didácticos para incorporarse en las experiencias estudiadas.

Tabla 2. Actividades e instrumentos didácticos para la mejora formativa profesional

Tipos de actividades y técnicas didácticas	Tipos de instrumentos y recursos didácticos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aprendizaje basado en pequeños proyectos (diseño, inserción y evaluación) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pequeños proyectos sobre contenidos de cátedra
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vinculación con proyectos PLATEC/UDITEC. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Articulación de contenidos y competencias de la asignatura con proyectos PLATEC/UDITEC.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desarrollo de competencias profesionales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Listado de competencias a desarrollarse en actividades
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Experimentación en procesos industriales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividad donde se analizarán las variables independiente a manipularse, dependiente, interviniente y contextual
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrastación de contenidos teórico-conceptuales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividad de aprendizaje para la contrastación de contenidos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolución práctica de problemas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problema tecnológico que buscará resolverse en industria
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulación de marco teórico a partir de la experiencia práctica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejes conceptuales a conformarse a partir de la experiencia
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empleo de simuladores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dispositivos tecnológicos de simulación en industrias o ámbitos tecnológicos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación de contenidos y programas diseñados 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programas tecnológicos de cátedra aplicados en empresas (total o parcialmente)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ampliación de experiencias prácticas de laboratorio, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro de complementariedad de actividad pedagógica entre laboratorio e industria

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la evaluación del impacto formativo, se presenta en la Tabla 3, modelos de variables, técnicas, instrumentos y fuentes a ser empleadas para el desarrollo del CAI en las experiencias de mejora formativa.

Tabla 3. Variables y técnicas e instrumentos de investigación del impacto formativo de las experiencias formativas profesionales

Variables	Técnicas	Instrumentos	Fuentes
Aplicación, contratación, profundización, integración de contenidos	Observación no participante	Planilla de observación estructurada	Producción (trabajo) de alumnos o grupos
			Exposición individual o en grupos de trabajo
	Encuestas semiestructuradas	Formulario semiestructurado	Alumnos
Desarrollo de competencias vinculadas con la profesión	Observación no participante	Planilla de observación estructurada	Producción (trabajo) de alumnos o grupos
			Exposición individual o en grupos de trabajo
	Encuestas semiestructuradas	Formulario semiestructurado	Alumnos
Vinculación de experiencia con perfil profesional	Observación no participante	Planilla de observación estructurada	Producción (trabajo) de alumnos o grupos
			Exposición individual o en grupos de trabajo
	Encuestas semiestructuradas	Formulario semiestructurado	Alumnos
Interrelación alumnos, profesionales, docentes	Observación no participante	Planilla de observación estructurada	Producción (trabajo) de alumnos o grupos
			Exposición individual o en grupos de trabajo
	Encuestas semiestructuradas	Formulario semiestructurado	Alumnos

Fuente: elaboración propia

Finalmente, para la comparación de la incidencia pedagógica en la cohorte estudiada en la Tabla 4, se detallan variables comparativas a fin de apreciar la evolución de las mismas.

Tabla 4. Evolución de impacto formativo			
Variables comparativas	Resultados 2013-2015	Resultados 2016	Resultados 2017-2018
Aplicación, contrastación, profundización e integración de contenidos de tecnologías básicas y aplicadas			
Desarrollo de competencias profesionales vinculadas con el perfil profesional de las carreras			
Vinculación de experiencias con proyectos PLATEC/UDITEC			
Vinculación del alumnado con profesionales y ámbitos tecnológicos			

Fuente: elaboración propia

La síntesis y resultados parciales y finales del proyecto, refieren a la presentación adecuada de los datos obtenidos en función de los objetivos y temas planteados y a su debido análisis, especialmente en términos de relaciones pertinentes y adecuadas entre las variables en cuestión.

Al respecto, hay que tener en cuenta los aportes que efectúa el proceso de triangulación de técnicas, instrumentos, fuentes y datos, según Vera y Villalón [15], debido a la necesidad de alcanzar mayores grados de objetividad en los estudios socioeducativos. Por ello, es pertinente la convergencia de la información de los distintos instrumentos empleados en situaciones semejantes a fin de alcanzar los mejores niveles de credibilidad y confirmabilidad, siguiendo las orientaciones de Arnal y otros. [10].

Los resultados finales, implican que los datos presentados y analizados puedan leerse y comentarse desde el marco teórico que animó el presente trabajo. Allí es donde las temáticas estudiadas, a partir de la información del trabajo de campo, permiten ser consideradas pertinentemente en términos de aportes y contribuciones al campo científico de la formación profesional en contextos tecnológicos.

4. Resultados de avance

Dado que este proyecto se basa en lo desarrollado en Proyecto de Investigación y Desarrollo UTN 25/B034 “Utilización de una plataforma tecnológica como herramienta pedagógica para la enseñanza de la ingeniería” (PID Platec 2012-2015), hay experiencias formativas consolidadas en las asignaturas Instalaciones Industriales, Vibraciones Mecánicas, Ingeniería y Sociedad y, en desarrollo, en Mecánica Racional.

Se presentan a continuación los avances de las asignaturas y espacios que han participado.

- **Ingeniería y Sociedad:** la experiencia se desarrolló en el marco de la formación introductoria que se brinda sobre la ingeniería. El contenido de aprendizaje seleccionado fue “Parques industriales, Platec e ingeniería” y la propuesta tuvo una duración de dos meses. Inicialmente se trabajó en grupos con la elaboración de un informe sobre los parques industriales en Argentina, provincia de Buenos Aires y Bahía Blanca y la ingeniería. Posteriormente, se efectuó una jornada de actividades en el parque industrial de la ciudad, contrastando y profundizando los temas en la sede del Consorcio, la UTN y Dow Argentina. La etapa final comprendió un nuevo informe incorporando lo aprendido en la jornada e integrando otros contenidos del cursado.

Imbricando investigación y actividad docente los profesores organizaron guías de trabajo para la actividad de estudio, realizaron el seguimiento de las producciones, ajustaron las fuentes de información y en base a las evaluaciones efectuadas incorporaron nuevas orientaciones.

Las encuestas iniciales realizadas ayudaron a mejorar lo programado. Allí, se apreció que el 85% de los estudiantes no conocían nada y casi nada sobre tema en estudio y la mayoría consideró que la actividad del informe había resultado entre muy y bastante formativa. Asimismo, el 81% señaló que la tarea realizada fue adecuada y que las consignas estuvieron muy claras (19%) y claras (74%). Algunos reclamaron más orientaciones en la búsqueda de fuentes documentales, ya que el 38% indicó dificultad y el 12% mucha dificultad en dicho aspecto. Todos avalaron contrastar y profundizar los contenidos en actividades en el PIBB.

La jornada en dicho predio se organizó en base a los datos señalados y hubo un alto interés. Allí, estudiantes, profesores y profesionales interactuaron con intervenciones sumamente enriquecedoras en orden a la motivación profesional. Posteriormente, se resignificó lo

aprendido en el aula y en base a las reflexiones de los estudiantes se efectuó la guía para el informe final.

Las producciones finales tuvieron un buen desarrollo, la experiencia fue evaluada como muy positiva por la mayoría y varios alumnos señalaron “sé dónde estoy y dónde quiero estar al final de la carrera”. Se considera que ello está estrechamente vinculado con las actividades de reflexión, evaluación, investigación y mejora del equipo docente durante todo el proceso.

- **Vibraciones Mecánicas:** es una materia electiva en el quinto año de Ingeniería Mecánica y busca acercar a los alumnos a la vivencia real del ingeniero de mantenimiento que utiliza el control de vibraciones en equipos rotantes, estáticos, estructuras, etc., como técnica básica para el monitoreo de condiciones de las máquinas en la industria.

En el marco de Platec, la asignatura realizó un convenio con la empresa Vibromax, sita en el parque industrial local, permitiendo acceder a equipamiento y software de última generación sobre vibraciones mecánicas, trabajándose en grupos reducidos.

La cátedra implementó 14 trabajos prácticos correspondientes a las unidades que componen el programa analítico de la asignatura. Cada clase comenzó planteando una situación problema referida a un tema, y una tarea que los alumnos debían resolver utilizando equipamiento provisto por la asignatura. Luego, en la medida que el tema lo permitía se complementaba con un trabajo analítico para que los cursantes pudieran observar la correlación entre el problema físico y el modelo teórico que explicaba el mismo.

Como forma de promoción, los alumnos confeccionaban un trabajo final sobre temas vinculados a problemas reales que podían resolverse con los temas tratados durante el año lectivo. A lo largo del cursado se tuvieron en cuenta las apreciaciones de los estudiantes. Para evaluar la percepción del alumno sobre las capacidades alcanzadas o mejoradas, se implementó una encuesta basada en criterios propuestos por el CONFEDI para las competencias genéricas de formación de ingenieros

En general, el 80% de las respuestas valoran como significativo el crecimiento de las capacidades de los alumnos desde su propia visión y sus comentarios fortalecieron el enfoque implementado, evidenciando las virtudes de la metodología, donde la industria pasa a ser el aula y el aprendizaje se basa en un simulacro profesional. La docencia se enriqueció con la incorporación de un nuevo modelo de transferencia de conocimientos y de aprendizaje de los propios profesores. La metodología de discusión y debate sobre casos reales permitió autoevaluar las fortalezas y debilidades de los propios docentes, al salir de un esquema rígido.

- **Instalaciones Industriales:** esta asignatura del quinto año de Ingeniería Mecánica diseñó una estrategia para que los estudiantes alcancen aprendizajes efectivos en el contexto profesional de Platec. El práctico seleccionado fue “Condiciones de diseño y cálculo de los sistemas de gas natural, calefacción, instalaciones contra incendio y ventilación general aplicados en un establecimiento real”. Se buscó alcanzar adecuados conocimientos sobre el tema; lograr eficiente experiencia en equipo; desarrollar competencias en toma de decisiones, considerando que implica asumir riesgos; realizar trabajos en un entorno industrial y alcanzar un acercamiento a la realidad profesional.

La actividad se realizó en grupos de hasta cinco integrantes, quienes presentaron sus proyectos con el diseño y cálculo de los sistemas, lo cual sirvió para comparar las diversas soluciones elegidas. Cada trabajo se debía exponer con la coordinación e integración de los subsistemas en un todo. La interrelación final de los distintos sistemas llevaron a los alumnos a la elaboración de una memoria de cálculo para la construcción real en una planta. Finalmente, presentaron las producciones ante los docentes de la materia.

Las tareas de investigación del equipo docente incidieron en la enseñanza. Se diseñaron inicialmente técnicas e instrumentos didácticos, consignas de trabajo, orientaciones de proyecto y fuentes documentales que se ajustaron al considerar las apreciaciones de los alumnos y los resultados logrados. La aparición de distintas soluciones para un mismo problema técnico llevó al análisis y comparación de las mismas y a su discusión.

Los buenos resultados de la experiencia surgen de la adecuada aplicación de la información brindada en el cursado y la creatividad expuesta en los diseños de los sistemas. Además de lograr que el alumnado tome contacto con problemas que exigen soluciones responsables en un contexto industrial, donde está presente el mundo laboral de las pequeñas y medianas empresas.

- **Mecánica Racional:** los docentes de la cátedra han generado material multimedial de diferentes características para adicionar al libro de la asignatura denominado Mecánica Racional publicado en 2014 por edUTecNe Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-1896-23-3. Disponible en el sitio web:

http://www.edutecne.utn.edu.ar/mec_racional/mec_racional.html

Estos materiales, de elaboración propia, se proveen a los alumnos mediante el escaneo de códigos de respuesta rápida (QR Codes) que los conducen a videos didácticos cortos explicativos conceptuales y/o ilustrativos y material didáctico en formato texto como problemas ejemplos resueltos poniendo en evidencia la relación entre las herramientas desarrolladas en la teoría y su aplicación para la resolución de los problemas propuestos para ejercitación.

Haciendo especial hincapié en la utilización de máquinas y mecanismos filmados en el entorno industrial de la ciudad y la región, hasta el presente se han desarrollado e incluido los siguientes videos cortos explicativos:

- ☐ Capítulo 1. Marco de referencia y sistemas coordenados – Teoría (4:16 min) Se explica la diferencia entre el objeto o partícula respecto del cual se desea estudiar un movimiento y los distintos sistemas coordenados que se adoptan para expresar las magnitudes vectoriales.
 - ☐ Capítulo 2. Movimiento absoluto y relativo – Teoría (3:36 min) Se explica la diferencia entre el método denominado absoluto para el estudio del movimiento y el método relativo, aplicados a sistemas materiales rígidos.
 - ☐ Capítulo 2. Movimiento robótico – Ejercitación (15:12 min) Se resuelve un problema sobre un brazo robótico analizando el movimiento en diferentes sistemas coordenados.
 - ☐ Capítulo 2. Clasificación de los Movimientos – Aplicaciones (11:33 min) Se ejemplifica mediante máquinas y mecanismos los movimientos simples y compuestos definidos en la teoría.
 - ☐ Capítulo 2. Engranajes planetarios y cajas de engranajes – Aplicaciones (14:11 min) Se ejemplifica con cajas reductoras planetarias de inyectores turbo, diferenciales y cajas automáticas. Visualizan mecanismos propuestos como problemas en la práctica.
 - ☐ Capítulo 4. Giróscopo – Aplicaciones (20:40 min) Se ilustra el comportamiento del giróscopo. Se explica el caso de precesión estable normal como aplicación industrial.
- Debido a que el libro de texto es de reciente edición -su utilización en clase se inició en el presente ciclo lectivo- y que la generación de contenidos multimediales se encuentra en pleno proceso de elaboración, pueden extraerse algunas conclusiones que deberán ser comprobadas mediante investigaciones posteriores.

Se observa que una amplia mayoría de los alumnos posee la tecnología necesaria y valora la herramienta. Sin embargo, en la modalidad propuesta no se advierte una respuesta actitudinal

que se acerque a las expectativas previas de la cátedra. Este hecho aconseja un cambio hacia la utilización de los materiales multimediales en clase, promoviendo la cultura de un uso más regular y masivo, migrando de la metodología tradicional de clase a la de tipo aula invertida. Asimismo se espera que el material multimedial disponible para consulta en línea contribuya a una disminución de clases de consulta previas a los exámenes finales

- En la **Unidad de Desarrollo Industrial y Tecnológico (UDITEC)**, estudiantes de Ingeniería Mecánica y becarios coordinados por profesionales de la plataforma tecnológica PLATEC han realizado diversas actividades y se estudia el impacto formativo de las mismas en la integración de conocimientos, aplicación, contrastación y profundización de los mismos y desarrollo de competencias pre profesionales.

2013:

- Mecanizado de la matriz para los nuevos parquímetros.
- Desarrollo de una plataforma salva escaleras para la Escuela Media 3.
- Desarrollo de equipamiento ortopédico: camilla bipedestadora y soporte parcial de peso, en conjunto con terapistas y kinesiólogos de IREL, quienes aportaron el know how sobre sus funcionalidades. Este desarrollo obtuvo un subsidio en el concurso convocado por el Ministerio de Educación denominado “Universidad, diseño y desarrollo productivo”:
<http://xn--diseoydesarrollo-9tb.siu.edu.ar/bipedestacion.html>

2014:

- Trabajo en conjunto con el laboratorio de ingeniería eléctrica, que consistió en el diseño de una bicicleta que permite la carga de celulares mediante el pedaleo.

2015:

- Diseño y desarrollo de un equipo para movilidad para pacientes obesos mórbidos, dentro del Hospital Municipal de Bahía Blanca. El equipo de trabajo está formado por docentes y estudiantes de ingeniería electrónica y mecánica. una silla de rueda para un niño que sufre PC (parálisis cerebral). El mismo se presentó ante el programa PAD (Proyecto Asociativo de diseño) del Ministerio de Educación (Secretaría de Políticas Públicas Universitarias) y le fue otorgado el subsidio para la construcción del prototipo (actualmente en proceso de fabricación) en el que trabajaron tres alumnos de Ingeniería Mecánica y dos alumnos de Ing. Electrónica.

2016:

- Diseño y desarrollo de un auto eléctrico monoplaza con una autonomía de 50 km y una velocidad de entre 40 y 50 km/h. En este proyecto trabajan cuatro alumnos de Mecánica y dos de Ing. Eléctrica.
- Diseño y desarrollo de un prototipo de equipo para la fabricación de tubos de PRFV. El proyecto tiene por objetivo estudiar el proceso de fabricación de dichos tubos en el mundo, analizar los materiales utilizados, definir el proceso y avanzar sobre el diseño de un primer prototipo de equipo para producirlos. Esta iniciativa se realiza con alumnos de Ing. Mecánica a través de una PPS que los vincula con UDITEC y con la empresa que requiere el proyecto. También participarán docentes y alumnos de Ing. Eléctrica desempeñándose en la automatización.
- Diseño de una línea de producción de zanahorias baby. Esta iniciativa busca desarrollar un sistema que permita el procesamiento de dichos tubérculos para transformarlos en “zanahorias baby”, de pequeño tamaño. Este proyecto se está realizando con alumnos de Ing. Mecánica a través de una PPS que también los vincula con UDITEC, con la industria

que fabricará el equipo y con la empresa que requiere el proyecto. También participarán del mismo, docentes y alumnos de Ing. Eléctrica que trabajarán en la automatización.

- Análisis de viabilidad técnica y económica para desarrollar garrafas plásticas. Este proyecto está siendo analizado por becarios de LOI y de Ing. Mecánica.
- Diseño y mecanizado de modelos de fundición para la fabricación de una trituradora de tomates.
- Diseño y fabricación de un casco para un adolescente con epilepsia.

Tal lo señalado, estas actividades se continúan en 2016 en el marco de PLATEC en la sede que UTN FRBB cuenta en el Parque Industrial y se continúa ampliando la convocatoria a nuevas asignaturas para que incorporen otras experiencias formativas vinculándolas, especialmente, con los proyectos UDITEC mencionados.

5. Conclusiones

El proyecto desarrollado ha aportado diversas mejoras formativas en las asignaturas que participaron del mismo, con una continuidad de dichos procesos actualmente y se considera pertinente avanzar en expandir el modelo a otras asignaturas de otras carreras de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional.

Las distintas experiencias formativas diseñadas e implementadas han evidenciado un enriquecimiento de los procesos de aprendizaje de los alumnos y de la enseñanza de los docentes principalmente en términos de articular contenidos de la propia asignatura y de otras materias en relación con el perfil profesional del futuro ingeniero y posibilitar que los estudiantes estén en una interacción mayor con el ejercicio del oficio de ingeniero.

En los primeros años dichas estrategias generan incipientes integraciones y actitudes motivacionales profesionales en los alumnos con un inicio en el desarrollo de competencias básicas. En los años más avanzados han permitido que docentes y estudiantes apliquen, contrasten y profundicen temáticas de orden teórico y práctico en un nivel de vinculación estrecha con cuestiones propias de la profesión y de los contextos productivos.

La metodología del CAI que busca articular los roles de docencia e investigación permite que los profesores generen innovaciones didácticas en sus propias asignaturas y avancen en su carrera como investigadores enriqueciendo su propia práctica formativa y brindando nuevos modelos educativos de la profesión.

Durante el año 2016 todas las asignaturas han continuado implementando dichas experiencias, por ello, resulta pertinente ampliar la propuesta al resto de las carreras iniciando con una identificación de las experiencias incipientes de formación profesional para sistematizarlas e incorporarles mejoras didácticas y de investigación para analizar el impacto formativo de las mismas.

Se espera apreciar las tendencias formativas en términos de fortalezas y limitaciones que evidencien las experiencias en marcha y las nuevas a ser incorporadas.

Al mismo tiempo, este proceso ha generado la vinculación con nuevos equipos académicos tanto en UTN como en otras unidades académicas del país y de la región, con quienes se busca transferir la metodología y lograr nuevos enriquecimientos con actividades semejantes en un clima de trabajo colaborativo.

6. Referencias

- [1] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA (2004). *Segunda Conferencia Internacional en Educación en Ingeniería para el Desarrollo Sostenible*. Barcelona: UPC.

- [2] MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE LA NACIÓN (2012). *Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012-2016*. Ubicado el 23/5/2016 en <http://pefi.siu.edu.ar/>
- [3] AGRAWAL D.P. (2011). 21st Century: Priorities in Technical Education. En *Indian Society for Technical Education*, Vol XXXI, N° 10.
- [4] LAMANCUSA, J.S., ZAYAS J. L., SOYSTER A. L., MORELL L., JORGENSEN J. (2008). The learning factory: Industry-partnered active learning. A new approach to integrating design and manufacturing into engineering curricula. En *Journal of Engineering Education*, 97 (1): p. 5-11.
- [5] GANDEL, C. (2013). *Revamped engineering programs emphasize real-world problem solving*. En *US News Education Grad School*, 14/3/2013. Ubicado el 31/5/2016 en <http://www.usnews.com/education/best-graduate-schools/articles/2013/03/14/revamped-engineering-programsemphasize-real-world-problem-solving>
- [6] AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION (ASEE) (2009). *Creating a culture for scholarly and systematic innovation in Engineering education*. Washington: ASEE.
- [7] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA (2013). *Plan de Desarrollo Institucional 2013-2020* (Res. Consejo Directivo N° 158). Bahía Blanca, UTN FRBB. Ubicado el 31/5/2015 en: <http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/institucional/pdi-parte1.pdf>
- [8] IMBERNÓN, F. (coord.) (2009). *La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado*. Barcelona: Ed. Graó.
- [9] LATORRE, A. (2003). *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Ed. Grao.
- [10] ARNAL, J.; DEL RINCÓN, D; LATORRE, A. (1992). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Ed. Labor.
- [11] BISQUERRA ALZINA, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- [12] WAINERMAN, C. Y SAUTÚ, R. (2001). *La trastienda de la investigación*. Bs. Aires, Lugar Editorial.
- [13] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; LUCIO, P.B. (2010). *Metodología de la investigación*. Méjico: Mc Graw Hill, 5ª. Ed.
- [14] ELLIOT, J. (1997). *La investigación acción en educación*. Madrid: Morata.
- [16] VERA, A. Y VILLALON, M. (2005). La triangulación entre métodos cuantitativos y cualitativos en el proceso de investigación. En *Ciencia & Trabajo*, Año 7, N° 16, p. 85, ubicado el 25/11/2015 en www.cienciaytrabajo.cl



III CADI
IX CAEDI
2016



Impresión 3D y visualización en el Laboratorio de Cálculo Vectorial para Bioingenieros

Carrere Lucía Carolina, Departamento Matemática, Grupo de Investigación en Educación en Ingeniería (GIDEI), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos,
carrerecarolina@bioingenieria.edu.ar

Reta Juan Manuel, Laboratorio de Prototipado y 3D, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, jmreta@bioingenieria.edu.ar

Alberto Miyara, Departamento Matemática Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, jmiyara@bioingenieria.edu.ar

Emiliano Ravera, Departamento Matemática Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, emilianoravera@bioingenieria.edu.ar

Leandro Escher, Departamento Matemática Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, lgescher@bioingenieria.edu.ar

Iván Lapyckyj, Departamento Matemática Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos. lapy_ar@yahoo.com.ar

Juan Ilardo, Departamento Matemática Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, juancarlos_ilardo1@hotmail.com

Albano Peñalva, Laboratorio de Prototipado y 3D, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos.

Añino, María Magdalena, Departamento Matemática, Grupo de Investigación en Educación en Ingeniería (GIDEI), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos, mmanino@bioingenieria.edu.ar

Resumen— La comprensión de los conceptos geométricos del Cálculo Vectorial y la visualización de la naturaleza tridimensional de los distintos elementos representa para los estudiantes un gran desafío. El avance de la tecnología ofrece recursos didácticos que facilitan la interpretación de formas geométricas complejas favoreciendo la generación de procesos mentales de abstracción. Entre estos recursos se encuentran el uso de Software Matemático y la Impresión 3D. En el siguiente trabajo se describe la implementación de una intervención didáctica que surgió del intercambio entre docentes de la asignatura “Cálculo Vectorial” y los integrantes del “Laboratorio de Prototipado y 3D” de la FIUNER. La misma incluyó la realización de dos actividades acompañadas por una evaluación con sentido formativo: la primera de motivación y visualización multisensorial; y la segunda basada en resolución de problemas aplicando la metodología de Ingeniería Inversa. Durante el desarrollo de la experiencia se obtuvo evidencia de las dificultades que los estudiantes encuentran durante el proceso de modelización y simulación, y de cómo logran superarlas a través de las nuevas tecnologías. Asimismo se observó en los estudiantes un aumento de la motivación al pasar por

una experiencia positiva de resolución de problemas. Por otro lado los docentes lograron mejorar su práctica, trabajando con herramientas tecnológicas de vanguardia aplicables al ámbito de la bioingeniería.

Palabras clave— *Impresión 3D, Software Matemático, Realimentación Formativa.*

1. Introducción

Debido a la naturaleza de la geometría del Cálculo Vectorial (CV), generalmente es difícil para los estudiantes comprender de manera exacta e intuitiva las relaciones geométricas que el mismo establece a través de diagramas estáticos. Por otro lado la visualización de la naturaleza tridimensional de los distintos elementos y conceptos geométricos representa para ellos un gran desafío.

Para abordar estas dificultades y favorecer la comprensión de los conceptos del CV es necesario buscar alternativas pedagógicas que utilicen herramientas tecnológicas u otros objetos físicos o virtuales, y promuevan así la generación de procesos mentales que permitan interpretar las formas geométricas, imaginar su representación real y solucionar a futuro problemas de ingeniería. Teniendo en cuenta además, que dichas estrategias pedagógicas promuevan la motivación de los estudiantes como así también el estudio independiente.

En este contexto el uso de Software Matemático surge como una posibilidad para el manejo de objetos en tres dimensiones, y existe evidencia respecto de que su uso mejora el nivel de abstracción [1]. Aunque, la visualización utilizando el software no permite la asociación directa de las representaciones del plano con las del espacio. Lo anterior se refiere a que con determinadas herramientas los estudiantes pueden lograr un nivel de abstracción debido a que pueden observar de forma directa las tres dimensiones. Sin embargo cuando regresan al texto o requieren realizar representaciones en el papel encuentran dificultades al realizar esta transición.

Como otro recurso de visualización, el avance de la tecnología ofrece la Impresión 3D. La misma permite producir, a partir de modelos, objetos físicos en poco tiempo y a costo razonable, brindando una visualización multisensorial (visual y táctil). El uso de la Impresión 3D constituye una fuente de información y de comprensión de la realidad que proporciona gran ayuda en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos del CV; en particular en la representación gráfica de los mismos. Mediante la interacción con el objeto físico el estudiante puede obtener mayor información del modelo matemático. Esta experiencia, diferente a la interacción con una representación virtual, aporta una posibilidad más al conjunto de recursos didácticos disponibles, atendiendo así la diversidad de necesidades de los estudiantes [2][3]. Por lo tanto, la Impresión 3D se convierte en un recurso didáctico e innovador; facilitador del proceso de enseñanza y aprendizaje del CV, y del desarrollo de competencias del futuro profesional.

Por otro lado, la incorporación de nuevos recursos en las actividades de la asignatura brinda nuevas posibilidades de aplicación de los conceptos a la bioingeniería. El cual es uno de los aspectos que exigen los estudiantes, y un factor de motivación para la participación activa de los mismos en el proceso de aprendizaje. En este contexto, numerosas investigaciones indican que los sistemas de evaluación implementados por los docentes también influyen en el proceso de aprendizaje de los estudiantes [4-6]. Por lo tanto, se pensó la evaluación de las actividades que utilicen los nuevos recursos desde el marco conceptual de la evaluación formativa.

De este modo y con el propósito de potenciar la enseñanza de la representación gráfica de los conceptos del CV, facilitar la construcción del conocimiento y conducir a los estudiantes al desarrollo de competencias profesionales, se diseñó una intervención didáctica que a través del uso de Software Matemático y la Impresión 3D permitan dar vida a los conceptos del CV. En las siguientes secciones se expresan los fundamentos a partir de los cuales se diseñó e implementó una intervención didáctica que surgió del intercambio entre docentes de la asignatura “Cálculo Vectorial” de la carrera Bioingeniería y los integrantes del “Laboratorio de Prototipado y 3D” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos.

2. Marco Teórico de Referencia

2.1 Sobre la visualización como herramienta didáctica en matemática

Emplear la visualización como herramienta didáctica para la enseñanza del CV, ofrece enormes posibilidades. En particular al combinar el uso de material concreto con herramientas TIC como software matemático, se brinda a los estudiantes la posibilidad de visualizar y adquirir destrezas para la interpretación y análisis de los conceptos del CV con un enfoque más dinámico y funcional.

Por otro lado, al hacer uso de estas herramientas, es posible fortalecer los procesos de enseñanza y de aprendizaje, dado que como lo indica Guzmán [7], la matemática se apoya indiscutiblemente en lo intuitivo y visual, requiriendo de dos tipos de habilidades:

1. *la visualización y representación de figuras*, las cuales implican leer, interpretar y comprender, las diversas construcciones (físicas y artísticas) que se encuentran en el medio y a partir de estas, realizar una descripción haciendo uso de un vocabulario geométrico adecuado.
2. *procesamiento mental de las imágenes*, lo cual implica la posibilidad de manipular y transformar los conceptos relacionados con dichas imágenes en un conocimiento más elaborado, a través de representaciones visuales externas.

Los aspectos mencionados en esta definición fueron un punto de partida para el diseño de la intervención didáctica.

2.2 Sobre la evaluación formativa

Los principios teóricos de la Evaluación Formativa se encuentran en los trabajos de Sadler, Black y Wiliam [8][9] quienes señalan tres aspectos que la caracterizan:

- a) La comunicación precisa de la meta a alcanzar, es decir indicaciones claras al estudiante sobre el punto de llegada o el aprendizaje esperado y de los criterios que permitirán valorar su trabajo.
- b) La información de la situación actual del trabajo del estudiante en relación a la meta propuesta, ya sea a través de la retroalimentación del profesor, de la autoevaluación o de la evaluación entre pares.
- c) Las estrategias de mejora y la orientación necesaria para que el alumno pueda avanzar, superar las dificultades y acercarse a la meta propuesta.

Desde esta perspectiva la *Realimentación* es el núcleo del proceso. De este modo, la realimentación con un enfoque formativo provee al alumno con información significativa relacionada con su estado actual en el proceso de aprendizaje con el objetivo de disminuir la brecha entre éste y la meta planteada [10].

En este contexto, Shute [11] menciona que dicha información debe ser entregada a través de preguntas, comentarios y sugerencias que orienten al estudiante para encontrar la respuesta correcta. Por otro lado la realimentación puede clasificarse en dos tipos: formal, que ocurre de manera estructurada y de forma escrita; o informal, en la cual los docentes establecen un diálogo y a través del mismo tratan de comprender las dificultades. Otro aspecto importante es el tiempo en que se entrega la realimentación ya que ésta debe ser oportuna, de tal manera que pueda ser utilizada por el estudiante en la mejora de la realización de las actividades posteriores del curso o módulo y no enviarla cuando ya haya terminado el mismo [12].

A partir de estas bases conceptuales se planteó el diseño de la intervención didáctica que se describe a continuación.

3. Diseño de la experiencia

La propuesta didáctica se diseñó con dos objetivos: primero, favorecer el aprendizaje significativo de conocimientos a través del uso de TIC y la visualización multisensorial (visual-táctil); segundo, fortalecer una evaluación que dé cuenta de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Para implementar la experiencia se diseñaron dos actividades. Las mismas se planificaron para proporcionar al estudiante una experiencia a través de la cual:

1. Grafique e Interprete geométricamente conceptos del CV.
2. Articule la modelización matemática y la simulación computacional con la impresión 3D.
3. Desarrolle una cultura del trabajo en grupo, cooperativo y colaborativo.
4. Utilice la plataforma Moodle (TIC) para el desarrollo de las actividades, que incluya actividades de evaluación formativa.
5. Reconozca la potencialidad de la Impresión 3D como herramienta para su futuro profesional.

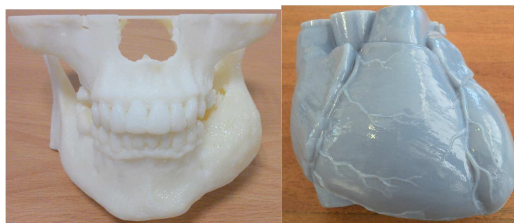
4. Implementación de la experiencia

La intervención didáctica diseñada contempló dos actividades:

- La primera (A1) permitió los alumnos interactuar con los modelos físicos obtenidos a través de la Impresión 3D. Con el objetivo de crear un clima de trabajo adecuado con alumnos motivados, un responsable del Laboratorio de Prototipado y 3D realizó una explicación respecto del proceso de impresión 3D, introduciendo además las aplicaciones de esta nueva tecnología al ámbito de la bioingeniería. Esta actividad se realizó en la clase de Taller de CV.
- La segunda actividad (A2) se implementó en el Trabajo de Laboratorio N°2 (TPLN°2) de CV. En el mismo se planteó un problema de ingeniería inversa, éste consistió en determinar un modelo matemático a partir de un objeto físico ya existente y determinar el volumen del objeto en estudio. Se presentaron 6 sólidos obtenidos utilizando la impresión 3D y clasificados en tres clases: la primera, correspondió a un cilindro truncado; la segunda, a una cuña cilíndrica y la última a un paraboloide invertido. Los sólidos estudiados se pueden observar en la figura del enunciado del problema propuesto se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Enunciado del problema propuesto en el TPL N°2

La impresión 3D es uno de los campos tecnológicos que más se ha desarrollado recientemente y que más impacto mediático ha tenido. Existen diferentes modelos de impresoras 3D y diferentes tecnologías que permiten la construcción de objetos a partir de modelos digitales tridimensionales. La generación de estos modelos es una paso clave en la impresión 3D, el origen de éstos puede ser una idea o un objeto real. Cuando se trata de un objeto real, es necesario entonces que el investigador releve adecuadamente los datos que le permitan reconstruir el objeto.



Modelos Tridimensionales realizados con la impresora

En la figura a continuación se muestran distintos sólidos realizados con impresión 3D en el *Laboratorio de Prototipado y 3D* de la Facultad de Ingeniería. Seleccione uno de ellos para estudiar con el objetivo de calcular su volumen.



Sólidos realizados con impresión 3D

1. Seleccione un sistema de coordenadas y defina el objeto elegido como un sólido en \mathbb{R}^3 , para ello considere que el centro de la base del sólido se encuentra en el origen del sistema de coordenadas.
2. A partir de la definición realizada en el ítem 1, elabore una lista con todos los datos necesarios para completar la misma y realice mediciones de las dimensiones del mismo. (Sugerencia: tome fotografías del sólido, identifique las superficies frontera del sólido)
3. Represente el objeto seleccionado con el software, a partir de la definición realizada en el ítem 1. Compare su resultado con el objeto real y obtenga conclusiones.
4. Calcule el volumen del mismo aplicando integrales múltiples y el sistema de coordenadas más adecuado.

Participaron de la A2 los 49 alumnos que cursaron el curso de CV en el primer cuatrimestre del año 2016. Los alumnos trabajaron en grupos de hasta 3 integrantes como máximo. El proceso de conformación de los grupos se realiza con libertad siendo la afinidad entre los alumnos un factor determinante.

En una instancia presencial coordinada por los docentes, cada grupo seleccionó uno de los objetos físicos en estudio y realizó las mediciones de las dimensiones del mismo para resolver el problema. Para ello utilizaron calibres, reglas y escuadras. De igual modo se les brindó la oportunidad de realizar nuevamente una toma de datos en caso de ser necesario.

Durante el proceso de resolución del problema propuesto los alumnos tuvieron la posibilidad de presentar versiones borradores de la solución a este problema a través de la plataforma Moodle para recibir orientación por parte del docente de la asignatura y de realizar consultas presenciales. Esta actividad fue evaluada formativamente a través de la realimentación formal en la plataforma Moodle y de una realimentación informal en las consultas presenciales. La versión final del problema se evaluó sumativamente a través de la plataforma Moodle como parte del TPLN°2 planificado en la asignatura. El problema fue evaluado entre 1 y 100 puntos.

5. Resultados y Discusión

La experiencia realizada permitió observar las dificultades que los alumnos encuentran durante el proceso de modelización y simulación, y de cómo logran superarlas a través de las nuevas tecnologías y de la realimentación formativa.

Los alumnos conformaron 19 grupos de trabajo para la realización de la A2. En primer lugar durante la clase de taller se obtuvo evidencia de las prácticas que los estudiantes emplearon para realizar la toma de datos. En la figura 1 se muestran imágenes del resultado de esta actividad.

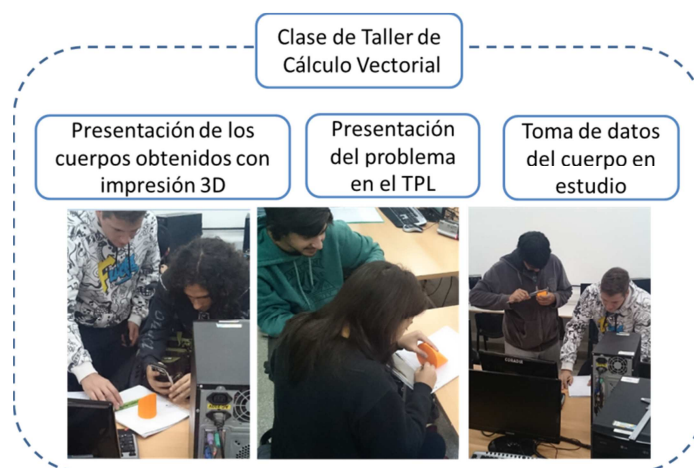
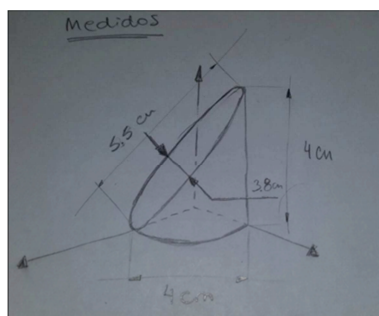
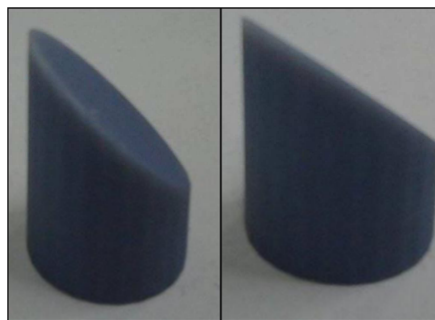


Figura 1. Alumnos del curso de CV trabajando en la clase de Taller

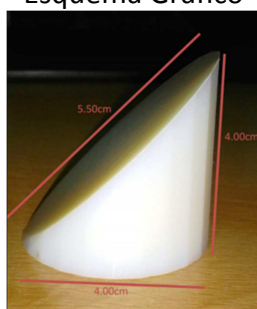
Las prácticas utilizadas para realizar la toma de datos fue un paso relevante en el proceso de resolución del problema planteado. En la figura 2 se muestran ejemplos del trabajo realizado por los alumnos en esta instancia y presentado en los informes finales del TPL2. El análisis del trabajo realizado por los alumnos permite observar que el proceso de toma de datos conlleva una impronta de cada integrante del grupo.



Esquema Gráfico



Foto



Foto+medidas



Foto con elemento de medición

Figura 2. Ejemplos de las prácticas de los alumnos para tomar datos del cuerpo en estudio

La figura 3 muestra la distribución en porcentaje de la forma en que los alumnos realizaron esta etapa de la actividad. Se destaca que el 42 % de los grupos tomó una fotografía del cuerpo en estudio y luego indicaron los datos en la misma.

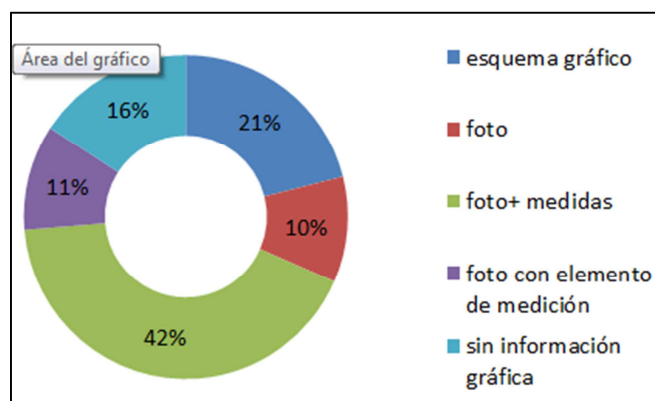


Figura 3. Distribución en porcentaje de la práctica realizada por los alumnos en el proceso de toma de datos.

Por otro lado las instancias de consultas presenciales y la entrega de borradores a través de la plataforma Moodle permitieron observar dificultades en la interpretación de los datos en el contexto del problema, y en el proceso de análisis del modelo obtenido. Sin embargo las dificultades observadas fueron superadas, a través de la realimentación formativa recibida, ya que los resultados de la evaluación sumativa que se muestran en la figura 4 indican que la nota promedio de los alumnos fue 90.32.

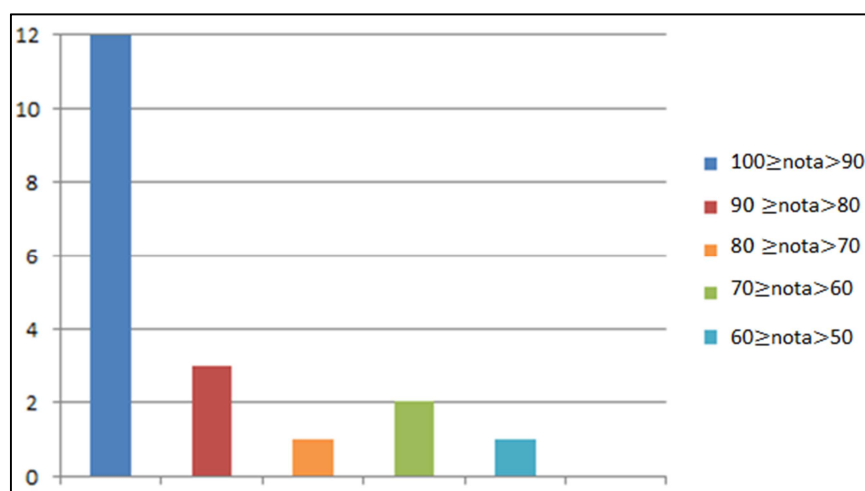


Figura 4. Resultados de la evaluación sumativa del problema propuesto

6. Conclusiones

La experiencia permitió vincular a los estudiantes de los primeros años de la carrera con situaciones vinculadas con su futura práctica profesional relacionadas con resolución de problemas de ingeniería. Para los docentes que han intervenido, la experiencia ha sido enriquecedora ya que a través de una práctica de resolución de problemas han obtenido información sobre las dificultades de los alumnos en la visualización de los conceptos de CV. Esta vivencia ha mejorado la práctica docente en diferentes aspectos relacionados con la planificación de actividades que ayuden a superar los obstáculos observados. Además los docentes lograron mejorar su práctica, trabajando con herramientas tecnológicas de vanguardia aplicables al ámbito de la bioingeniería. Asimismo se observó en los estudiantes un aumento de la motivación al pasar por una experiencia positiva de resolución de problemas. Esto puede incidir positivamente en ellos al incrementar el interés por continuar la carrera y realizar el esfuerzo que el aprendizaje exige.

7. Referencias

- [1] TRISTANCHO ORTIZ, J. A., CONTRERAS BRAVO, L. E., & VARGAS TAMAYO, L. F. (2014). Evaluación de técnicas tradicionales y TIC para el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 4(43), 34-50.
- [2] MORELLI, R., VERGER, G., LENTI, C., & BORTOLATO, M. (2008). El prototipado rápido en plástico ABS como herramienta didáctica. En *Actas del VI Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Áreas Afines*. EGRAFIA.
- [3] SEGERMAN, H. (2012). 3D printing for mathematical visualisation. *The Mathematical Intelligencer*, 1-7.
- [4] BIGGS, J., & TANG, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does*. McGraw-Hill Education (UK).

- [5] HASSAN, O. A. (2011). Learning theories and assessment methodologies: an engineering educational perspective. *European Journal of Engineering Education*, 36(4), 327-339.
- [6] BROWN, G. A., BULL, J., & PENDLEBURY, M. (1997). *Assessing student learning in higher education*. Routledge
- [7] DE GUZMAN OZÁMIZ, M. (1996). *El rincón de la pizarra: ensayos de visualización en análisis matemático: elementos básicos del análisis*. Ediciones Pirámide.
- [8] BLACK, P., & WILIAM, D. 1998. Assessment and classroom learning. *Assessment in education*, 5(1), 7-74.
- [9] WILIAM, D. (2011). What is assessment for learning?, *Studies in Educational Evaluation*, 37(1), 3-14.
- [10] DIESER DUX, H. A., ZAWOJEWSKI, J. S., HJALMARSON, M. A., & CARDELLA, M. E. (2012). A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 375-406.
- [11] SHUTE, V. J. (2008). Focus on formative feedback. Review of educational research, 78(1), 153-189.
- [12] JONSSON, A. (2012). Facilitating productive use of feedback in higher education. *Active learning in higher education*, 1469787412467125.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EQUIPO DE ENSEÑANZA DE DIBUJO TÉCNICO (EEDiT)

Micaela Testa, Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento,
mtesta@ungs.edu.ar

Eduardo E. Rodríguez, Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento,
erodrigu@ungs.edu.ar

Resumen— La asignatura Sistemas de Representación está contenida en los planes de estudio de las carreras de ingeniería del país. Se dicta con el propósito general de brindar acceso a medios de lenguaje gráfico y, en particular, presenta las normativas del dibujo técnico. Es central en la asignatura la adquisición de conocimientos para la interpretación de las proyecciones ortogonales de un cuerpo para pasar a una representación en perspectiva, como así también la diagramación de vistas a partir de perspectivas isométricas. Se observa, en ambos casos, ciertas dificultades en la interpretación de las figuras de los ejercicios de las guías de trabajos prácticos, sobre todo en aquellos estudiantes que no cursaron una materia de dibujo en la escuela secundaria. En este trabajo se presenta un dispositivo didáctico de asistencia a la enseñanza de dibujo técnico para mejorar la visualización de cuerpos a representar, que consiste de un conjunto de piezas fabricadas con una impresora 3D. El diseño responde a necesidades de las clases iniciales de dibujo técnico para asistir a la presentación de las técnicas de representación de proyecciones, cortes y perspectivas. Se discute la utilidad del dispositivo didáctico sobre la base de una encuesta informal realizada a alumnos y a docentes de la asignatura.

Palabras clave— *dibujo técnico, visualización, perspectivas.*

1. Introducción

Los contenidos de dibujo técnico necesarios para la formación de los alumnos de ingeniería están presentes en la asignatura Sistemas de Representación, incluida en los planes de estudio de las carreras de ingeniería del país. En general, se dicta en el primer o segundo semestre del primer año de estudio y para muchos alumnos constituye, en cierto modo, la puerta de ingreso al mundo de las cuestiones técnicas.

La función central de la asignatura es presentar la universalidad de la representación gráfica como medio de comunicación. En su desarrollo se enfatizan los procedimientos de la representación bidimensional a través de las proyecciones ortogonales de un cuerpo y su comprensión tridimensional para pasar a una representación en perspectiva. Recíprocamente, se implementa la diagramación de vistas de los cuerpos a partir de sus representaciones en

perspectiva. Para llevar a cabo estas actividades, conceptos básicos de geometría descriptiva [1] se complementan con las técnicas más usuales del dibujo técnico [2, 3].

Para la práctica de estos procedimientos, se ejercita la realización de croquis a mano alzada, hasta llegar a materializar dibujos de planos técnicos normalizados. La implementación de estos métodos generales tiene como objetivo final el desarrollo de habilidades necesarias para la representación y la interpretación de planos técnicos constructivos, tal como los demanda la práctica profesional [4].

Los objetivos docentes de la asignatura se enfocan primariamente en que el alumno aprenda a leer, comprender y realizar las vistas de una determinada pieza, a la vez que sepa acotar sus dimensiones respetando las normativas técnicas. También se da importancia a la comprensión de las perspectivas más difundidas (isométrica, caballera, dimétrica) para poder visualizar sin impedimentos el volumen de un cuerpo representado en un plano.

Todo esto no está exento de dificultades por parte del alumnado. Se observa un costo de aprendizaje asociado a la visualización de objetos tridimensionales representados en el espacio de dos dimensiones, ya sea en la forma de vistas o de perspectivas. Por otro lado, para muchos estudiantes es la primera incursión en las normas del dibujo técnico. Solo una fracción de los estudiantes proviene de escuelas secundarias técnicas y ya conoce los fundamentos de estas técnicas de representación.

Para el docente, las dificultades tampoco son menores. En vista de armonizar una nivelación de conocimientos, el docente se enfrenta a una serie de dificultades para transferir los métodos básicos de la representación gráfica a estudiantes que evidencian disímiles niveles de comprensión inicial de los temas.

Para sobrellevar estas dificultades tanto del aprendizaje como de la enseñanza, se procedió a fabricar un conjunto representativo de cuerpos cuyas representaciones gráficas están incluidas en los ejercicios de las guías de trabajos prácticos, a fin de contribuir a mejorar la visualización de los cuerpos a representar. El diseño de este dispositivo didáctico responde a necesidades de las clases iniciales de dibujo técnico y da asistencia al docente en la presentación de las técnicas de representación de proyecciones, cortes y perspectivas. A la vez, permite al alumno la auto-corrección de sus representaciones gráficas, lo que estimula instancias de aprendizaje independiente.

2. Materiales y métodos

Las piezas que componen el equipo didáctico fueron elegidas, dimensionadas y fabricadas de acuerdo con los siguientes criterios: a) debían representar cuerpos cuya representación gráfica sea de dificultad manifiesta para su interpretación por parte de los alumnos; para esto se recurrió a un diagnóstico basado en las experiencias de enseñanza de los docentes de la asignatura; b) debían ejemplificar casos de interés concretos, por ejemplo, resaltar simetrías o asimetrías, resaltar ensambles de partes y conexiones, revelar partes usualmente «ocultas» en las vistas estándares, entre otras posibilidades; c) debían presentar un tamaño adecuado para realizar con comodidad las tareas hápticas necesarias para facilitar, en general, la visualización de las formas y, en particular, de vistas mediante rotaciones apropiadas; d) debían tener un tamaño normalizado, aunque el tamaño de algunas piezas podía ser diferencial a fin de favorecer la observación de detalles constructivos; e) la terminación superficial de las piezas debía ser adecuada para la medición de sus dimensiones lineales con calibre.

El diseño 3D de las piezas se realizó con el programa de diseño mecánico SolidWorks [5]. El programa permite guardar el diseño en formato estéreo-litográfico STL, que a su vez fue

ingresado al programa Cure [6] para producir un archivo de código G con los comandos para las operaciones de una impresora 3D. Con el programa Cure se eligieron los parámetros de impresión necesarios para privilegiar la constitución suave de las superficies. Para este propósito, para las paredes y superficies exteriores se programó la adición de capas de 0,2 mm de espesor mediante deposición de material a una baja velocidad de impresión, de 20 mm/s. Para el interior de las piezas se usó una velocidad de impresión de 40 mm/s, con un llenado del 30 %, lo que resultó en ahorro de material y una reducción del tiempo de impresión por piezas, que fue de entre 4 y 5 horas por pieza de volumen promedio de 200 cm³ (piezas inscriptas en un paralelepípedo de 12 cm x 6 cm x 4 cm).

La impresora usada fue una marca Kikai, modelo T11. Se eligió como material de impresión PLA (ácido poliláctico, densidad: 1,25 g/cm³, temperatura de fusión: 120 °C) [7], del que se disponen filamentos de varios colores. En el presente caso, se usó amarillo, verde y azul, con lo que se logró un conjunto de piezas con un alto valor estético.

Para el guardado y traslado de las piezas se construyó una caja de madera con compartimientos, con lugar para las veinte piezas y un calibre.

3. Resultados y discusión

La Figura 1 muestra algunas piezas impresas que corresponden a cuerpos análogos representados gráficamente en las guías de trabajos prácticos. Se puede apreciar la calidad de las superficies, tal como fue requerido.

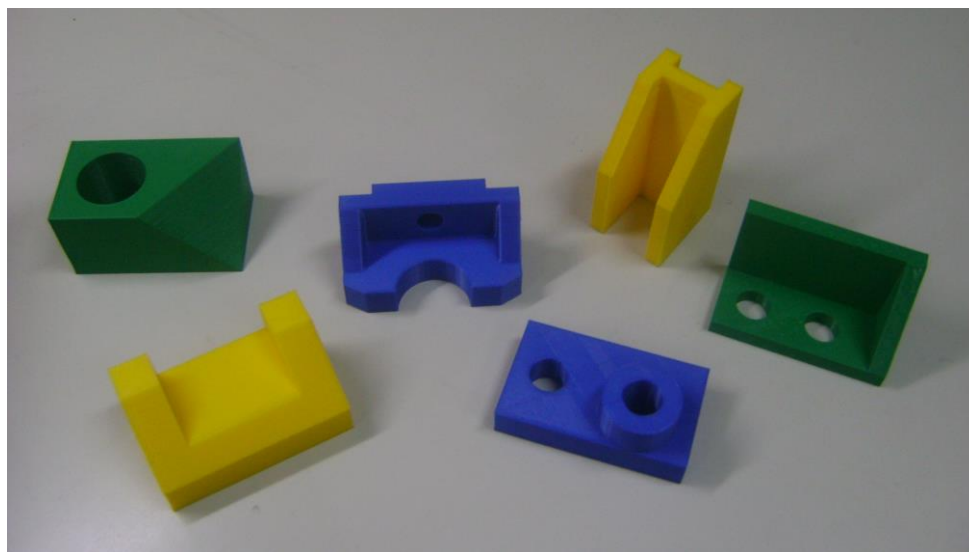


Figura 1. Ejemplos de las piezas construidas.
Fuente: elaboración propia.

La Figura 2 muestra un ejemplo de un cuerpo y su corte; este par de piezas está destinado a facilitar la comprensión del procedimiento de corte transversal de un cuerpo.

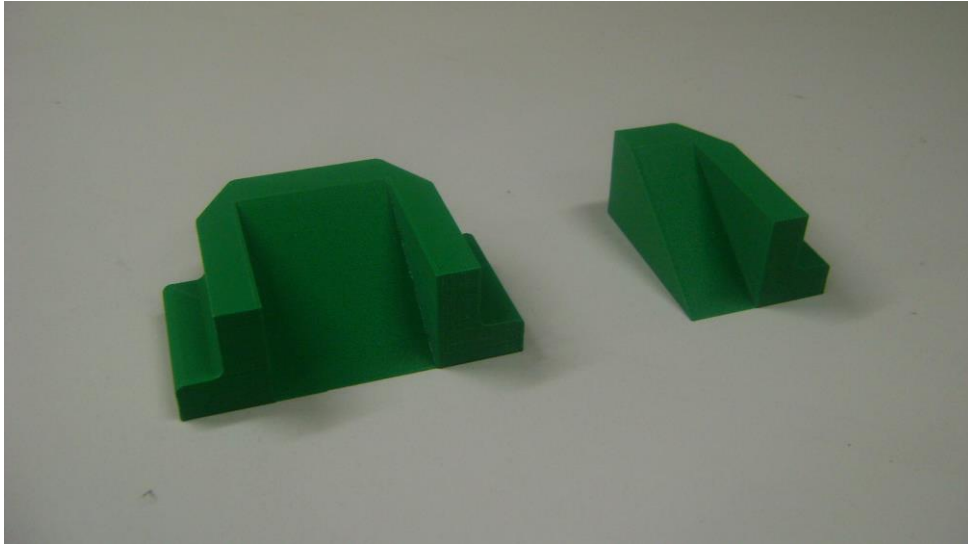


Figura 2. Ejemplo de pieza y corte.
Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 muestra piezas de diferentes tamaños; la mayor de estas piezas está destinada a mostrar detalles constructivos en la zona de empalmes de las formas constituyentes.

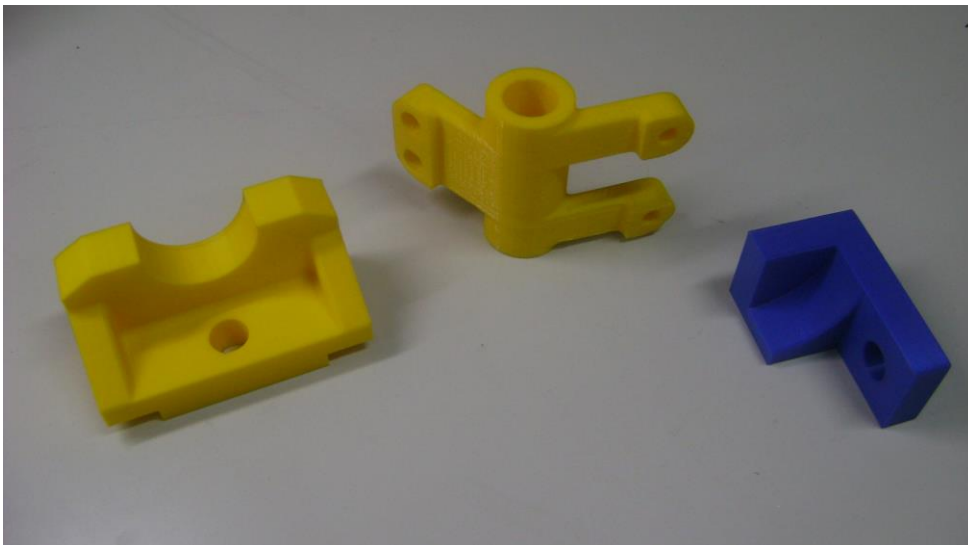


Figura 3. Piezas de tamaños acordes a los detalles a resaltar
Fuente: elaboración propia.

La Figura 4 muestra la caja con todas las piezas.



Figura 4. Conjunto completo de piezas construidas y caja.
Fuente: elaboración propia.

Este equipo de enseñanza de dibujo técnico fue denominado EEDiT y está en pleno uso en las aulas desde 2016. Hasta el momento, ha sido usado unos doscientos alumnos de primer año de las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Electromecánica con Orientación en Automatización e Ingeniería Química de la UNGS.

La utilidad de EEDiT se puede valorar a través de varios indicadores. Uno de ellos es el número de veces que el dispositivo es requerido por los docentes para ser llevado al aula, lo que resultó cercano al 100 % de las clases dictadas en ocho comisiones durante los meses de cursada en que se presentaron los temas de proyecciones, cortes y perspectivas. La presencia de las piezas en el aula también asistió a las prácticas de medición con calibre. Otro indicador surge de las expresiones de los alumnos en cuanto a la utilidad que encontraron al dispositivo. Las valoraciones han sido positivas en la totalidad de los alumnos consultados que afirmaron que lo habían usado por lo menos una vez. Especialmente, se destacó la utilidad de las piezas para visualizar directamente las caras que quedan usualmente ocultas en las representaciones de vistas ortogonales. También han facilitado la visualización de las vistas de piezas con planos inclinados y cortes.

En cuanto a la opinión de los docentes, surge que el uso de las piezas por parte de los alumnos contribuye a reducir los tiempos de interacción en las instancias de corrección de los croquis de vistas y perspectivas, dado que la visualización de las piezas da la posibilidad de practicar una auto-corrección, lo que es fructuoso para el aprendizaje autónomo.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se considera que el uso de EEDiT ha sido provechoso en la asignatura Sistemas de Representación en la que se lo ha implementado. Las valoraciones tanto de alumnos como de docentes han sido positivas en cuanto a que el dispositivo permite resolver algunas dificultades en torno a la visualización de cuerpos para sus representaciones gráficas expresadas tanto mediante vistas como perspectivas.

Un hecho auspicioso es que el uso del dispositivo permite que los alumnos activen procedimientos de auto-corrección, lo que puede repercutir positivamente en la mejora de competencias en torno al desarrollo de liderazgo y confianza personales.

En un orden didáctico, la presencia de este dispositivo en el aula se puede complementar con el análisis de los diseños 3D visualizados con programas de lectura de archivos STL [8].

Finalmente, el uso del dispositivo se puede extender a las instancias de evaluación parciales y finales de la asignatura usando como consignas la representación de proyecciones ortogonales de un cuerpo físico que se le presenta al alumno para su visualización y análisis.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio de Ingeniería del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento por el uso de una impresora 3D para la construcción de las piezas, a Á. Bravo por la fabricación de la caja para las piezas y al grupo de docentes de la asignatura por los comentarios recibidos sobre este proyecto educativo.

6. Referencias

- [1] DI PIETRO, D. (1993). Geometría descriptiva. Buenos Aires. 431 p.
- [2] PEZZANO, P. A.; GUISALDO PUERTAS, F. (1966). Manual de dibujo técnico, vol. 1, 1ª edición. Buenos Aires: Alsina. 547 p.
- [3] PEZZANO, P. A.; GUISALDO PUERTAS, F. (1979). Manual de dibujo técnico, vol. 2, 1ª edición. Buenos Aires: Alsina. 547 p.
- [4] FELEZ, J.; MARTÍNEZ, M. L. (1998). Dibujo industrial. Madrid. 654 p.
- [5] SolidWorks, programa de diseño CAD 3D. En la web: <http://www.solidworks.es/>.
- [6] Cura, programa generador de capas. En la web: <https://ultimaker.com/en/products/cura-software/>.
- [7] Ver, por ejemplo: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/acido-polilactico/>.
- [8] Por ejemplo, STLView, programa gratuito. En la web: <http://www.freestlview.com/>.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Marisol Perassi, FIUNER, mperassi@bioingenieria.edu.ar

Roxana Puig, UNER, puigr@uner.edu.ar

Andrés Alberto Naudi, FIUNER, anaudi@ingenieria.uner.edu.ar

Yanina Verónica Atum, FIUNER, yatum@bioingenieria.edu.ar

Gerardo Gabriel Gentiletti, FIUNER, ggentiletti@ingenieria.uner.edu.ar

Resumen— Con el objetivo de fortalecer las prácticas docentes, en la Universidad Nacional de Entre Ríos, desde el año 2011, se abrieron sucesivas convocatorias para la presentación de Proyectos de Innovación e Incentivo a la Docencia. La Universidad brinda financiamiento que permite la renovación de las estrategias y dispositivos pedagógicos que se desarrollan cotidianamente en las aulas de las distintas unidades académicas propiciando la mejora del proceso de enseñanza. En la Facultad de Ingeniería se han establecido ejes prioritarios para la innovación, se han definido criterios de evaluación y se ha creado una comisión para el análisis de los proyectos presentados en cada convocatoria, acompañándose la implementación de los mismos desde el Área de Asesoría Pedagógica.

En el presente trabajo se presentan y analizan los resultados de éstas convocatorias en la Facultad de Ingeniería en los años 2011 al 2016.

Los resultados reflejan la aceptación e interés de los docentes de las distintas cátedras de la institución por participar, llegando a una cantidad de 85 proyectos a la fecha, mejorando año a año la calidad de los mismos y haciendo de las innovaciones propuestas una práctica consolidada en el dictado de las carreras de la FIUNER.

Palabras clave— *innovación pedagógica, enseñanza de la ingeniería, proyectos.*

1. Introducción

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER) fue creada como tal en el año 1984, y en ella se dictan dos carreras de grado: desde el momento de su creación, la carrera de Bioingeniería; y desde el año 2005, la carrera de Lic. en Bioinformática. La FI ha sido pionera en el dictado de ambas carreras de grado, hasta ese momento inéditas en Sudamérica. Desde el año 2013, además, se dicta en la FIUNER una carrera de pregrado: Tecnicatura Universitaria en Producción de Medicamentos, y la oferta académica se completa con tres carreras de posgrado: Especialización en Ing. Clínica, Maestría en Ing. Biomédica y la mención en Bioingeniería del Doctorado en Ingeniería de la UNER. Al momento de elaboración del presente trabajo, la Facultad cuenta aproximadamente con 900 estudiantes, unos 1000 graduados y recibe unos 160 ingresantes por año de grado y pregrado.

Otra particularidad de esta institución es que sus dos carreras de grado tienen como denominador común la interdisciplinariedad. Tanto Bioingeniería como Bioinformática son carreras interdisciplinarias porque articulan conocimientos de disciplinas muy diferentes entre sí, como la matemática y la química, o la informática y la biología o la electrónica y la fisiopatología.

En el presente artículo se describe un conjunto de experiencias didácticas correspondientes a la implementación de Proyectos de Innovación e Incentivo a la Docencia en la FIUNER. Desde el año 2011, la Universidad Nacional de Entre Ríos abre anualmente una convocatoria para que los docentes de las diferentes unidades académicas presenten Proyectos de Innovación e Incentivo a la Docencia, otorgando financiamiento a catorce propuestas por año y por unidad académica que hayan sido oportunamente aprobadas. El objetivo establecido por la UNER desde la primera de estas convocatorias fue “apoyar la formación docente y la innovación pedagógica con el objetivo de fortalecer las prácticas docentes que tiendan a la renovación de las estrategias y dispositivos pedagógicos que se desarrollan cotidianamente en las aulas (...); incentivar, mediante el financiamiento, proyectos de innovación que propicien la mejora cualitativa del proceso de enseñanza.”

1.1 La innovación en la enseñanza universitaria.

Cuando hablamos de experiencias didácticas innovadoras, es preciso que definamos qué entendemos por innovación en el campo de la docencia en el nivel superior, dada la diversidad de concepciones que existen al respecto.

Entendemos que la innovación pedagógica en el marco de universidad está constituida por aquellas prácticas que se alejan de las prácticas de enseñanza y evaluación tradicionales. Y cuando decimos tradicionales, no nos referimos al tiempo que esas prácticas llevan presentes en la Universidad, es decir, a que son prácticas “viejas”, sino al modo en que están presentes, es decir a aquellas que se sostienen y reproducen sin más... sin más reflexión, sin más cuestionamientos, sin más preguntas [1]. En este sentido, “tradicionales” sería sinónimo de prácticas docentes naturalizadas y reproducidas acríticamente.

Es así que, en general, y más aún en una institución como la Universidad, las prácticas docentes se reproducen por mucho tiempo, sin saber por qué o porque “siempre se hizo así”, y “han ido perdiendo el sentido que las originó, reproduciéndose al modo de un mecanismo, un automatismo que se perpetúa sin interrogación” [2].

Ante esta realidad, son necesarias experiencias didácticas que introduzcan cambios, aunque sean simples y acotados, porque esos cambios abren -en los docentes que los implementan- un proceso de reflexión, de cuestionamiento, de análisis, sin el cual es casi imposible superar el modelo tradicional y mejorar la enseñanza en la Universidad, ya que “si no se produce la interrogación, no habrá proceso de cambio en profundidad” [3].

Coincidimos con Carlino [4] cuando plantea que “la práctica docente –como cualquier otra práctica profesional-, si se convierte en rutinaria, pierde su capacidad productiva. El buen docente es el que continúa aprendiendo, no sólo sobre los temas que enseña, sino sobre la propia forma de enseñar”.

2. Materiales y Métodos

Si bien las pautas generales de estas convocatorias están fijadas por la Universidad, hay un margen considerablemente amplio para su implementación en cada una de las unidades académicas, considerando sus particularidades.

En este sentido, en la Facultad de Ingeniería se han establecido ejes prioritarios para la innovación, se han definido criterios para el análisis y la evaluación de los proyectos presentados, se ha designado una comisión para dicha evaluación, se ha diseñado un formulario para la presentación de las propuestas así como pautas para la elaboración de los informes finales y se ha acompañado la implementación de los proyectos desde el Área de Asesoría Pedagógica dependiente de la Secretaría Académica.

Los ejes considerados prioritarios son:

- Fortalecimiento de prácticas experimentales (prácticas en laboratorios, trabajos de campo, etc.) que fomenten la participación activa de los estudiantes en las clases de las asignaturas.
- Enseñanza de un contenido con metodologías didácticas centrada en los estudiantes: aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, enseñanza por casos, actividades de diseño, etc.
- Articulación de contenidos intercátedras vertical (entre asignaturas de diferentes años del plan de estudios) y/u horizontal (entre asignaturas del mismo año del plan de estudios), que contribuyan a un mayor acercamiento de los estudiantes a temáticas propias de la carrera que corresponda.
- Incorporación de nuevas metodologías de evaluación tendientes al fortalecimiento de una evaluación formativa.

Estos ejes responden a lo que en el contexto de la FIUNER se han considerado prácticas educativas a profundizar, teniendo en cuenta, por ejemplo, las autoevaluaciones realizadas en el marco de los procesos de acreditación de la carrera de Bioingeniería.

Por su parte, los criterios para el análisis y evaluación de los proyectos se difunden públicamente como parte de las convocatorias y son los siguientes:

- Que constituya una innovación pedagógica en relación a las metodologías implementadas actualmente.
- Que se adecue a la problemática identificada.
- Que esté formulado de manera clara y coherente en cuanto a fundamentos e implementación.
- Que presente una adecuada justificación del uso de fondos en función de los recursos necesarios para la implementación del proyecto.
- Que sea viable en función de los recursos y tiempos disponibles para su implementación.
- Que no implique un aumento de las exigencias para la aprobación y/o regularización de las asignaturas.

En el formulario diseñado para la presentación del proyecto se consigna una denominación y los ejes en los que se enmarca, también se formula un resumen, una introducción a la problemática abordada, la metodología de implementación junto a un cronograma de actividades y por último se establecen cuales serán los resultados esperados y el impacto de la ejecución en el aprendizaje de los estudiantes. La descripción de los ítems a comprar con el presupuesto asignado se consigna en un apartado correspondiente incluido en el mismo formulario.

Una vez presentados los proyectos, se reúne la comisión creada para la evaluación, que está integrada por el Secretario Académico o la Vicedecana, la Asesora Pedagógica, la Coordinadora de Carrera, y un consejero estudiantil del Consejo Directivo de la Facultad.

Las propuestas pueden ser programadas para ser implementadas en el primer cuatrimestre, en el segundo cuatrimestre o con duración anual. Y una vez implementadas, los docentes deben presentar un informe final, conteniendo las siguientes secciones: introducción, con resumen de la propuesta realizada en el proyecto aprobado, mencionando objetivos, problemática identificada y actividades planificadas; descripción de las actividades implementadas; presentación y análisis de resultados de las actividades implementadas; discusión y conclusiones incluyendo principales logros obtenidos y dificultades encontradas, así como una evaluación de la experiencia desde el punto de vista didáctico, es decir, desde lo que aportó o no a los procesos de enseñanza y aprendizaje; anexos.

Los docentes de las diferentes Facultades de la Universidad Nacional de Entre Ríos socializan las experiencias desarrolladas en unas jornadas denominadas INEXA (Investigación, Extensión, Académicos) organizadas por la Universidad, donde se presentan los resultados de estos proyectos así como de los proyectos de investigación y extensión.

El Área de Asesoría Pedagógica de la FI coordina la implementación de estas convocatorias en sus diferentes instancias, a saber: gestiona la apertura de la convocatoria cada cuatrimestre, ante el Consejo Directivo, así como su desarrollo; asesora a los docentes en la etapa de elaboración de los proyectos; integra la comisión evaluadora de los mismos; acompaña en su implementación concreta; asesora en la elaboración de los informes finales; realiza devoluciones de los informes presentados.

3. Resultados y Discusión

Se presentan y analizan los resultados de las convocatorias en la Facultad de Ingeniería en el período 2011-2016.

Tabla 1. Cantidad de proyectos presentados y aprobados en cada año.

Año	Cantidad de proyectos presentados	Cantidad de proyectos aprobados
2011	13	12
2012	14	14
2013	12	11
2014	16	14
2015	15	14
2016	15	13
Total	85	78

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la Tabla 1 muestran un alto porcentaje (91 %) de proyectos aprobados en relación a los presentados.

Tabla 2. Cátedras que han participado al menos una vez en las convocatorias, según Dptos. Académicos.

Dptos. Académicos	Cátedras
Biología	Histología y Anatomía; Biología Molecular y Celular; Fisiología y Biofísica; Modelización de Sistemas Biológicos por Computadora; Seminario de Diseño y Descubrimiento de Drogas.
Bioingeniería	Instrumentación Biomédica para Diagnóstico y Monitoreo; Equipamiento para Terapia y Rehabilitación; Instrumental de Laboratorio Clínico; Radiaciones No Ionizantes; Ingeniería Hospitalaria.
Electrónica	Electrónica Lineal; Electrónica No Lineal; Electrónica Digital; Control Avanzado y Automatismo; Instrumental y Dispositivos Electrónicos.
Físico-Química	Electricidad y Magnetismo; Química General e Inorgánica; Física Mecánica; Electromagnetismo y Óptica; Fundamentos de Tecnología Cuántica; Termodinámica; Mecánica del Sólido; Química Orgánica.
Humanidades e Idiomas	Bioética; Seminario de Investigación Científica; Legislación; Inglés II, Inglés I y II (TUPM).
Informática	Robótica; Sistemas de Adquisición y Procesamiento de Señales; Fundamentos de Programación; Informática Básica.
Macrosistemas	Organización de los Sistemas de Salud; Seguridad Biológica y Radiológica; Seminario de Políticas de Salud y su Contexto Macroeconómico; Proyecto Final.
Matemática	Ecuaciones Diferenciales; Probabilidad y Estadística; Matemática Discreta.
Otras áreas	Laboratorio de Prototipado; Grupo de Estudios en Cooperación para el Desarrollo.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 se observa que en el programa de proyectos han participado cátedras de todos los Departamentos Académicos de la FI. Además, de un total de 60 equipos de cátedra que dictan al menos una asignatura en las carreras de Bioingeniería y Lic. en Bioinformática, hay 35 que han participado al menos una vez en las distintas convocatorias, es decir, un 58 %.

Tabla 3. Cantidad de referencias a cada eje de innovación en proyectos aprobados por convocatoria.

Eje de Innovación	Convocatoria						Total
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	
Fortalecimiento de prácticas experimentales (prácticas en laboratorios, trabajos de campo, etc.) que fomenten la participación activa de los estudiantes en las clases de las asignaturas.	10	5	10	9	9	10	53
Enseñanza de un contenido con metodologías didácticas centrada en los estudiantes:	6	2	5	7	9	10	39

aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, enseñanza por casos, actividades de diseño, etc.							
Articulación de contenidos intercátedras vertical (entre asignaturas de diferentes años del plan de estudios) y/u horizontal (entre asignaturas del mismo año del plan de estudios), que contribuyan a un mayor acercamiento de los estudiantes a temáticas propias de la carrera que corresponda	3	1	7	5	3	4	23
Incorporación de nuevas metodologías de evaluación tendientes al fortalecimiento de una evaluación formativa.	4	1	1	5	6	6	23

Fuente: elaboración propia.

De la Tabla 3 se deduce que los ejes de innovación más referenciados son el fortalecimiento de las prácticas experimentales que fomenten la participación activa de los estudiantes en las clases de las asignaturas y la enseñanza de un contenido con metodologías didácticas centradas en los estudiantes.

En menor medida se hizo referencia a la articulación de contenidos intercátedras y la incorporación de nuevas metodologías de evaluación tendientes al fortalecimiento de una evaluación formativa, aunque el número absoluto de referencias a este último eje de innovación muestra una tendencia creciente en los últimos años.

Tabla 4. Temas de las innovaciones según eje, por año.

Eje: Fortalecimiento de prácticas experimentales (prácticas en laboratorios, trabajos de campo, etc.) que fomenten la participación activa de los estudiantes en las clases de las asignaturas.							
Temas de la innovación	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Diseño e implementación de trabajos prácticos integradores	7	6	7	4	5	6	35
Diseño y desarrollo de herramientas didácticas para fortalecer las actividades experimentales	7	10	4	5	8	9	43
Implementación de nuevos trabajos prácticos	9	12	8	7	10	9	55
Empleo de modelos virtuales	1	3		1	2	2	9
Eje: Enseñanza de un contenido con metodologías didácticas centrada en los estudiantes: aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, enseñanza por casos, actividades de diseño, etc.							

Tema de la innovación	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Implementación de la enseñanza de contenidos con metodología innovadora	6	11	5	5	10	11	48
Eje: Articulación de contenidos inter-cátedras vertical (entre asignaturas de diferentes años del plan de estudios) y/u horizontal (entre asignaturas del mismo año del plan de estudios), que contribuyan a un mayor acercamiento de los estudiantes a temáticas propias de la carrera que corresponda.							
Tema de la innovación	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Articulación horizontal para abordar temas relacionados	3	7	3	2	2	2	19
Articulación vertical abordando temáticas que se profundizan posteriormente	4	7	7	3	3	5	29
Eje: Incorporación de nuevas metodologías de evaluación tendientes al fortalecimiento de una evaluación formativa.							
Tema de la innovación	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Implementación de metodología de evaluación formativa	-	2	1	3	7	8	21
Implementación de metodologías de evaluación tendientes al fortalecimiento de la expresión oral	1	-	-	-	-	2	3

Fuente: elaboración propia.

La información de la Tabla 4 permite ver que las temáticas de las innovaciones propuestas fueron muy variadas. El fortalecimiento de las prácticas experimentales, a partir del diseño e implementación de nuevas herramientas didácticas y de nuevos trabajos prácticos caracterizados por la integración de contenidos son los temas más recurrentes.

Es muy frecuente también la implementación de la enseñanza de contenidos con metodologías didácticas innovadoras, destacándose en este sentido las incursiones en el Aprendizaje Basado en Problemas, el Aprendizaje por Proyectos y el cambio en la secuencia didáctica tradicional para la enseñanza de un tema particular.

En cuanto a los ensayos de articulación de contenidos entre distintas cátedras resalta el número de casos en los que se articula verticalmente en relación a las prácticas de articulación horizontal.

Son menos comunes los proyectos centrados en el empleo de modelos virtuales y las implementaciones de metodologías de evaluación tendientes al fortalecimiento de la expresión oral.

En relación a la implementación de metodologías de evaluación formativa la cantidad de proyectos en los que se trabaja la temática muestra una clara tendencia creciente en los últimos años.

El número de proyectos presentados se mantiene aproximadamente a lo largo de las distintas convocatorias con una tendencia levemente creciente en 2014, 2015 y 2016. Además es elevado el porcentaje de equipos de cátedra que han presentado al menos un proyecto. Ambos resultados reflejan la aceptación e interés general de los docentes de la institución por participar en el programa.

Este interés general es consecuencia del impacto de actividades concretas realizadas desde el área de Asesoría Pedagógica de la unidad académica, con apoyo permanente de la Secretaría Académica de la Universidad, tendientes a fortalecer el programa involucrando cada vez a mayor cantidad de equipos de cátedras y docentes en la presentación de proyectos. Entre estas actividades podemos mencionar:

- Las jornadas realizadas en junio de 2015 dirigida a toda la comunidad docente de la FIUNER con los siguientes objetivos:

- 1) Compartir y difundir investigaciones, proyectos y experiencias desarrolladas en cátedras de la FI, relacionadas con el análisis y la innovación de las prácticas de enseñanza, tendientes a su mejoramiento.

- 2) Analizar conjuntamente aspectos propios de la enseñanza en la Facultad y en el contexto particular de las asignaturas.

- La jornada de intercambio de experiencias de innovación en docencia realizadas el día miércoles 27 de noviembre de 2013 consistente en dos instancias:

- 1) Taller a cargo de la Secretaría Académica de Rectorado de la Universidad dirigido a los equipos de los Proyectos de Innovación Pedagógica e Incentivo a la Docencia con el objetivo de hacer una evaluación del programa analizando fortalezas, debilidades y prospectiva del mismo.

- 2) Intercambio de experiencias de proyectos de innovación e incentivo a la docencia.

- La jornada de formación docente “Estrategias de enseñanza y de evaluación. Propuestas centradas en la participación de los estudiantes”, realizadas en Julio de 2013, a cargo de la Mag. Marta Alicia Tenutto, con los propósitos de:

- 1) Facilitar a los docentes herramientas teórico-metodológicas y criterios que les permitan diseñar propuestas de enseñanza y de evaluación específicas.

- 2) Valorar críticamente las estrategias sostenidas en aprendizaje por descubrimiento y las sostenidas en el aprendizaje por recepción.

- 3) Asumir decisiones acerca de la enseñanza, progresivamente reflexivas y fundamentadas.

- 4) Reconocer la enseñanza como actividad práctica y situada, y valorar la complejidad de las situaciones de enseñanza y de evaluación.

- El seminario abierto de posgrado “Didácticas específicas en el nivel superior” organizado por la UNER en el marco de la Maestría en Docencia Universitaria, dictado por la Prof. Alicia Camilioni en Octubre de 2011.

El hecho de que un 91 % de los proyectos presentados resultaran aprobados demuestra el compromiso de los equipos docentes para elaborar propuestas que se ajusten a los criterios y

pautas preestablecidos y la importancia del asesoramiento y acompañamiento del área de Asesoría Pedagógica de la FIUNER durante la etapa preparatoria de los proyectos.

De los resultados se destaca el fortalecimiento de prácticas experimentales (prácticas en laboratorios, trabajos de campo, etc.) que fomenten la participación activa de los estudiantes en las clases de las asignaturas como eje más referenciado y dentro del mismo las temáticas más recurrentes son la implementación de nuevos trabajos prácticos, el diseño e implementación de trabajos prácticos integradores y el diseño y desarrollo de herramientas didácticas para fortalecer las actividades experimentales. Esto marca que una amplia mayoría de los equipos de cátedra reconocen en las prácticas de laboratorio y los trabajos de campo los espacios pedagógicos fundamentales para el fortalecimiento de las competencias científico técnicas y sociales de los futuros profesionales. Entre las primeras competencias podemos mencionar: planificar estrategias para la resolución de situaciones problema a partir de la identificación de los datos, la representación de los mismos y el establecimiento de relaciones integrando los saberes; utilizar modelos de simulación simples de situaciones reales o hipotéticas; manipular instrumental de laboratorio para realizar experiencias; realizar prácticas de laboratorio para inferir y verificar leyes, comprender fenómenos y efectuar mediciones. Entre las competencias sociales se destaca principalmente la referente a trabajar en equipo a partir de la construcción de metas comunes a través de un entendimiento interpersonal y en forma comunicativa.

En ese contexto sobresalen las herramientas didácticas desarrolladas para generar nuevas actividades prácticas tendientes a estimular la motivación de los estudiantes, propiciando una enseñanza con mayor participación de los mismos, así como la implementación de trabajos prácticos integradores como instrumentos para lograr una comprensión de contenidos por parte del alumno.

El segundo eje más referenciado, enseñanza de un contenido con metodologías didácticas centrada en los estudiantes (aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, enseñanza por casos como metodologías más frecuentemente planteada) se dio en un contexto altamente correlacionado con el eje anterior, pues un alto porcentaje de las innovaciones metodológicas se plantearon en el marco de las actividades prácticas.

En ese sentido también se destacan acciones concretas tendientes a incentivar a los docentes a incursionar en este tipo de innovaciones, mencionando como ejemplo el Seminario Taller: “Estrategias didácticas. La Resolución de Problemas y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)” realizado en 2011 con los siguientes contenidos:

- El papel de las estrategias didácticas en la práctica educativa.
- Tipos, características y criterios para la selección de estrategias didácticas. Procesos cognitivos involucrados en cada actividad propuesta.
- Resolución de problemas. Fundamentos, momentos y componentes de los procesos generados. Tipos de problemas. Secuencias didácticas, Experiencias de aplicación y reflexiones sobre la práctica.
- Aprendizaje Basado en Problemas. Antecedentes. Características generales.

La articulación vertical entre asignaturas del plan de estudios se presenta un mayor número de veces como temática en los distintos proyectos que los ensayos de articulación horizontal. Esto es resultado del trabajo institucional, coordinado desde el área de Asesoría Pedagógica, tendiente a aumentar el uso de ejemplos o casos de tecnología biomédica o de bioinformática en la enseñanza de las asignaturas desde los primeros años de las carreras. Este plan estratégico implica necesariamente incrementar las actividades conjuntas y coordinadas entre los equipos de cátedra que tienen a su cargo el dictado de asignaturas del ciclo básico y aquellos que dictan asignaturas del ciclo superior. En el marco general de ese plan se

realizaron acciones específicas como por ejemplo el Encuentro de Asesoramiento e Intercambio Sobre Estrategias Didácticas y Articulación Intercátedras organizadas en Julio de 2013 con los siguientes objetivos:

- 1) Compartir experiencias desarrolladas en cátedras de la FIUNER, relacionadas con estrategias didácticas tales como utilización de ejemplos o casos de tecnología biomédica o bioinformática y enseñanza basada en actividades de proyecto y diseño.
- 2) Abrir una instancia de asesoramiento e intercambio en relación con estrategias que permitan una mayor articulación horizontal y vertical entre materias.
- 3) Analizar conjuntamente aspectos propios de la enseñanza en la FIUNER y en el contexto particular de cada asignatura.

El incremento de casos de implementación de metodologías de evaluación formativa como temática de los proyectos de innovación es un resultado del esfuerzo realizado institucionalmente para mejorar el proceso evaluativo. Es un objetivo que sean cada vez más numerosos los equipos de cátedra que incorporan nuevas metodologías de evaluación, particularmente en el campo de la evaluación formativa, y para ello se están realizando acciones concretas entre las que podemos mencionar:

- La jornada realizada en mayo de 2015 denominadas ``La Evaluación como Aprendizaje``.

Esta jornada estuvo dirigida a docentes de la UNER, contó con la disertación del Doctor en Ciencias de la Educación Miguel Ángel Santos Guerra y sus objetivos fueron:

- 1) Contribuir a la formación de docentes universitarios, particularmente en la temática de la evaluación de los aprendizajes.
- 2) Generar una instancia de reflexión sobre las prácticas de evaluación de los aprendizajes que se llevan a cabo en la Universidad.
- 3) Aportar a la promoción de prácticas docentes que recuperen el sentido educativo y formativo de la evaluación.

- La jornada sobre Evaluación Formativa de los Aprendizajes, realizada en julio de 2014, destinada a docentes de la FIUNER con los objetivos:

- 1) Analizar conjuntamente aspectos propios de la evaluación de los aprendizajes en nuestra Facultad y en el contexto particular de las asignaturas.
- 2) Compartir experiencias desarrolladas en cátedras de la FIUNER, relacionadas con la evaluación formativa de los aprendizajes.
- 3) Abrir una instancia de asesoramiento en relación con estrategias de evaluación formativa de los aprendizajes.

Asimismo, es válido agregar que, en función de lo observado a lo largo de las distintas convocatorias, más allá de que en algunos casos las innovaciones suponen modificaciones muy acotadas (a un tema, o una clase por ejemplo), en general todo el proceso de elaboración e implementación de los proyectos supone un trabajo muy importante de reflexión y de revisión de las prácticas docentes, el cual según Santos Guerra [3] es indispensable para lograr cambios profundos.

Es muy interesante notar cómo la innovación instala en los docentes, tarde o temprano, la pregunta respecto de cómo se enseña, de por qué enseñar así o de si cabría la posibilidad de enseñar distinto y a partir de ese cuestionamiento y de la difusión de experiencias de otras

cátedras los proyectos del programa sirven como eje estructurador de cambios metodológicos que tienen como fin último mejorar la formación integral de los futuros profesionales.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que, en la FIUNER, se cumple satisfactoriamente con el objetivo del programa acerca de apoyar las innovaciones pedagógicas que propicien la mejora cualitativa del proceso de enseñanza.

Finalmente, uno de los puntos que pueden plantearse para aportar a la discusión y continuar indagando en futuros trabajos es la relación entre las experiencias de innovación como las descriptas en este trabajo y la fundamentación teórica que las mismas tienen, en tanto siempre existe el riesgo de que las innovaciones queden reducidas a cambios a nivel de la práctica pero no vayan acompañadas de una revisión genuina a nivel de los supuestos teórico-pedagógicos a los cuales ellas responden. Queda pendiente entonces la tarea de fortalecer en la institución los espacios de análisis y evaluación de las innovaciones realizadas por parte de los mismos docentes que las llevan a cabo, ya que, tal como lo plantea Perrenoud, la profesionalización del docente implica la posesión de conocimientos de acción y de experiencia, pero también el dominio conceptual relativo a los diversos aspectos propios de su labor [5].

5. Referencias

- [1] PERASSI, M. (2013) El cambio en la enseñanza universitaria. *Revista Novedades educativas*, Buenos Aires, N° 269, pp. 11-14.
- [2] TENUTTO, A.; SABELLI, M. J. (2000). *Herramientas de evaluación en el aula*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.
- [3] SANTOS GUERRA, M. A. (2000). *Evaluación educativa I. Un proceso de diálogo, comprensión y mejora*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.
- [4] CARLINO, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la Universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- [5] DÍAZ-BARRIGA Arceo, Frida (2010), “Los profesores ante las innovaciones curriculares”, en *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, México, issue-unam/Universia, vol. 1, núm.1, pp. 37-57. <http://ries.universia.net>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

VENTAJAS E INCONVENIENTES EN LA FORMULACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN EL MARCO DE LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS

Víctor Andrés Kowalski, Universidad Nacional de Misiones, kowal@fio.unam.edu.ar

Isolda Mercedes Erck, Universidad Nacional de Misiones, erck@fio.unam.edu.ar

Héctor Darío Enríquez, Universidad Nacional de Misiones, enriquez@fio.unam.edu.ar

José Antonio Posluszny, Universidad Nacional de Misiones, posluj@fio.unam.edu.ar

Jorge Luis López, Universidad Nacional de Misiones, lopezj@fio.unam.edu.ar

María Cristina Haupt, Universidad Nacional de Misiones, haupt@fio.unam.edu.ar

Resumen— La Formación por Competencias (FPC) se instaló en Latinoamérica hace varios años y con diferentes niveles de avance en las instituciones de formación de ingenieros. Si bien en la Argentina hubo algunos avances desde la publicación del documento de CONFEDI en 2007 sobre las Competencias Genéricas, hasta ahora las aplicaciones siguen siendo casos prácticamente aislados. En la Facultad de Ingeniería de la UNaM se obtuvo, a través de un proyecto de investigación, un modelo de FPC práctico y aplicable para una asignatura. Actualmente, a través de otro proyecto, se está trabajando con ocho asignaturas para obtener un modelo general para toda la carrera Ingeniería Industrial. Una de las dificultades que se presentan está relacionada con aquellos docentes que, a pesar de tener un interés manifiesto en abordar el camino de la FPC, están poco habituados a los temas pedagógicos y además no disponen del tiempo suficiente porque comparten la docencia con otras actividades, particularmente las del campo profesional. Comenzar este camino a partir de la formulación de Resultados de Aprendizaje (RA) para cada asignatura ha probado ser una actividad motivadora y que permite al docente ser incluido en la construcción del proceso que pueda llevar luego a un modelo de FPC. Este trabajo presenta las ventajas, inconvenientes, limitaciones y consideraciones prácticas a tener en cuenta cuando se formulan RA.

Palabras clave— *formación por competencias, modelo, resultados de aprendizaje.*

1. Introducción

La Formación por Competencias (FPC) se instaló en Latinoamérica hace varios años y con diferentes niveles de avance en las instituciones de formación de ingenieros. Si bien en la Argentina hubo algunos avances desde la publicación del documento de CONFEDI en 2007 sobre las Competencias Genéricas, hasta ahora las aplicaciones siguen siendo casos prácticamente aislados. En la Facultad de Ingeniería de la UNaM (FIUNaM) se obtuvo, a través de un proyecto de investigación, un modelo de FPC práctico y aplicable para una asignatura de la carrera Ingeniería Industrial. Actualmente, a través de otro proyecto, se está trabajando con ocho asignaturas para obtener un modelo general para toda la carrera

Ingeniería Industrial. Conceptualmente el modelo se sustenta sobre tres pilares: La Formulación de Competencias, la Mediación Pedagógica y el Sistema de Evaluación de Competencias [1].

Este modelo es válido, conceptualmente, tanto para un Plan de Estudio completo como para un espacio curricular, como ser una asignatura, un seminario, un taller u otra actividad curricular que forme parte del Plan de Estudio. En estos últimos casos cobra especial significado el Diseño Instruccional (DI) que actúa como articulador y conector de los tres pilares. Aquí se adopta el concepto de DI desde una perspectiva constructivista, ya que como afirma Tobón [2]: “no puede equipararse el diseño instruccional con la metodología conductista de la enseñanza programada, pues el diseño instruccional puede abordarse desde diferentes modelos pedagógicos, los cuales le dan su enfoque y características”. Desde esta posición, puede conceptualizarse al DI como “carta de navegación” que “requiere considerar todos los factores que intervienen en el aprendizaje junto con la situación, el tipo de estudiantes y los propósitos al momento de organizar los cursos” [2]. Y es aquí donde el papel del docente debe ser el motor que logre que el modelo sea dinámico y cobre vida, e inclusive evolucione. En primer lugar porque es el experto en la disciplina relacionada con la asignatura, condición que es necesaria pero no suficiente. El docente debe ser más que un transmisor de contenidos estáticos si se pretende formar ingenieros competentes. Debe ser un verdadero animador de las situaciones que se presentan tanto en el día a día como en el año a año. Los alumnos cambian año a año, pero también día a día por un variado conglomerado de situaciones. Entonces el docente debe ser capaz de interpretar esta dinámica de las situaciones que se presentan, adaptando y re-adaptando permanentemente las actividades. Esto no invalida que el DI sea considerado como un “Proceso sistemático y reflexivo de traducir los principios del aprendizaje y de la enseñanza en planes para materiales de enseñanza, actividades, recursos de información y evaluación” [3], ya que disponer de esta “carta de navegación” es lo que le permite reprogramar lo necesario cuando la circunstancia así lo proponga. No se puede reprogramar lo que no sea ha programado.

Claro que, en un sistema formativo donde el gran porcentaje del cuerpo docente tiene formación EN ingeniería y están poco habituados a los temas pedagógicos, surge inevitablemente el interrogante sobre si ello es posible, y en caso que así lo fuera, por dónde y cómo se debería comenzar. Iniciar este camino a partir de la formulación de Resultados de Aprendizaje (RA) para cada asignatura ha probado ser una actividad motivadora y que permite al docente ser incluido en la construcción del proceso que pueda llevar luego a un modelo de FPC. Este trabajo presenta las ventajas, inconvenientes, limitaciones y consideraciones prácticas a tener en cuenta cuando se formulan RA.

2. Materiales y Métodos

Si bien la investigación general del proyecto se realiza bajo el paradigma pragmático [4], la estrategia que se está utilizando aquí es el estudio de casos múltiples, junto al análisis de la práctica interpretativa y la investigación participativa cooperativa. Según Mertens [4] esto implica que los co-investigadores: identifican un problema para investigar juntos; implementan sus procedimientos de investigación en la vida cotidiana y el trabajo; revisan e interpretan los datos y sacan conclusiones para el cambio en la práctica o la necesidad de investigaciones adicionales. En este esquema se “puede construir explicaciones que vinculan fenómenos y procesos en términos causales, referidos a un determinado contexto y expresados en términos narrativos” [5]. Las técnicas e instrumentos utilizados son, entre otros, revisión documental y bibliográfica, técnicas de observación y encuestas semi-estructuradas, grupos de discusión, y la posterior triangulación. En forma muy resumida se puede decir que la

metodología se basa en un enfoque mixto, que combina los enfoques cualitativos y cuantitativos.

Desde otro enfoque también puede considerarse como un problema de ingeniería a resolver. Según la definición de competencia propuesta por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [6] el fin u objetivo de ésta es resolver situaciones profesionales. Anderson et al. [7] sostienen que el acto de buscar una solución a un problema puede ser definido como “El proceso de identificar una diferencia entre el estado actual de las cosas y el estado deseado y luego emprender acciones para reducir y eliminar la diferencia”. Entonces se trata de un problema ingenieril a resolver, en uno de sus campos de actuación: la formación de ingenieros. Claro está que debe ser abordado en forma interdisciplinaria, ya que implica un trabajo en la frontera pedagogía-ingeniería (P-I), a la que denominamos “frontera π ”, problema que no puede ser resuelto solamente desde la disciplina de la ingeniería, o del campo de la pedagogía.

3. Aspectos Generales del Proyecto

Como se mencionó en la Introducción, el presente trabajo presenta un segmento de un proyecto de investigación sobre la FPC que es continuidad de un proyecto previo, el cual se desarrolló en la asignatura Investigación Operativa de la carrera Ingeniería Industrial de la FIUNaM. El modelo operativo resultante del primer proyecto es el siguiente:

1. Definición de las competencias a formar.
 - 1.1. Formulación de competencias específicas (carrera y asignaturas).
 - 1.2 Selección de competencias genéricas.
2. Formulación del Diseño Instruccional
 - 2.1. Revisión del Diseño Instruccional vigente.
 - 2.2. Diseño de las situaciones de integración.
 - 2.3. Selección de las modalidades y métodos de enseñanza.
 - 2.4. Diseño de los instrumentos de los métodos de enseñanza.
3. Establecimiento del sistema de evaluación por competencias.
 - 3.1. Selección de los instrumentos y técnicas de evaluación.
 - 3.2. Diseño de los instrumentos y técnicas de evaluación.
 - 3.3. Establecimiento de los criterios de evaluación.
 - 3.4. Diseño del Sistema de Calificación.
4. Estructuración del Curso.
 - 4.1. Diseño del Cronograma de Clases y Actividades (incluye el eventual diseño del Aula Virtual Moodle).
 - 4.2. Diseño del sistema de monitoreo de la propuesta.
 - 4.3. Definición de roles y tareas del equipo docente.
5. Aplicación de un Primer DI y Evaluación de su Impacto.
7. Revisión del DI y Aplicación de uno nuevo.
9. Proseguir con la Mejora Continua.

Si bien este modelo “funciona” eficientemente en una asignatura y además está en permanente revisión y mejora, extrapolarlo en forma directa a otras asignaturas con características diferentes, sin hacer un análisis previo, puede conducir a formulaciones inconsistentes con la realidad de cada asignatura. Es preciso entonces ver qué impacto tienen ciertas características objetivas de cada asignatura en el primer modelo y realizar los ajustes pertinentes. Mediante ello, se puede lograr un modelo general que sí puede ser replicado en cualquier asignatura, inclusive de otras carreras. Por esta razón a partir de 2015 se inicia un nuevo proyecto que

incluye ocho asignaturas las cuales han sido seleccionadas de manera que se contemplen la mayor variedad de características objetivas diferentes.

Las asignaturas seleccionadas para el proyecto han sido: A1. Física 1; A2. Ingeniería e Industrias; A3. Mecánica Racional; A4. Ingeniería Económica; A5. Investigación Operativa; A6. Mecanismos y Elementos de Máquinas; A7. Sistemas Informáticos Industriales; A8. Ingeniería y Comercialización de Productos y Servicios. Las características objetivas tomadas para el análisis se mencionan a continuación. 1. Pertenencia a Bloques Curriculares (Ciencias Básicas, Tecnologías Básicas, Tecnologías Aplicadas o Complementarias); 2. Criterio de Intensidad de Formación Práctica (Problemas Rutinarios, Resolución de Problemas de Ingeniería, Formación Experimental, Actividades de Proyecto y Diseño); 3. Pertenencia a una o más carreras; 4. Nivel en la carrera; Relación alumno/docente, y Dependencia de una asignatura con otras. Tanto el primer como el segundo criterio se relacionan con la clasificación establecida por la normativa para la acreditación de ingeniería industrial, la Res ME 1054/02 [8]. Por otra parte se buscó que todos los Profesores Responsables de ellas integren el equipo de investigación del proyecto, que involucren a sus respectivos cuerpos docentes en el trabajo y además demuestren un fuerte compromiso con el proyecto.

El proyecto se compone de tres fases, habiendo finalizado la primera, en tanto transcurre actualmente la segunda de ellas. Algunas de las actividades de la primera fase han sido las siguientes:

- I. Diagnóstico de la situación de todos los docentes de las asignaturas sobre los saberes en aspectos pedagógicos en general, y en el enfoque de FPC en particular.
- II. Formulación de un plan de nivelación de saberes sobre aspectos pedagógicos en general, y en el enfoque de FPC en particular, que incluye la creación de un espacio virtual de discusión permanente.
- III. Relevamiento de los diferentes métodos y modalidades de enseñanza utilizados en las asignaturas, así como instrumentos para los métodos de enseñanza, instrumentos y técnicas de evaluación.
- IV. Formulación del primer Diseño Instruccional de cada asignatura.

4. El Estado Deseado del Problema

Una metodología adecuada para diseñar los programas de formación de ingenieros enfocados a la FPC y que es utilizada por varios países latinoamericanos se menciona a continuación, y además se puede visualizar en la Figura 1.

A partir del Modelo Educativo propuesto por una Universidad para todas sus facultades, cada carrera formula el Perfil del Egresado. Luego, las Competencias Específicas se formulan de acuerdo a cómo se han desagregado los Dominios Disciplinarios. Seguidamente los Dominios Disciplinarios se desagregan en Dominios de Competencias y luego se formulan las Competencias Específicas y las Genéricas. Una vez formuladas las competencias se procede a redactar los Resultados de Aprendizaje (RA) que aseguren la formación de las competencias específicas. Las asignaturas o espacios curriculares son consecuencia de la forma de agrupar los RA teniendo en cuenta criterios disciplinares, niveles de alcance pretendidos, créditos horarios posibles y diferentes tipos de recursos, entre otros factores. Recién a partir de allí se elabora el Plan de Estudios, las planificaciones o programas de las asignaturas, la malla curricular, el régimen de equivalencias, y toda otra documentación pertinente.

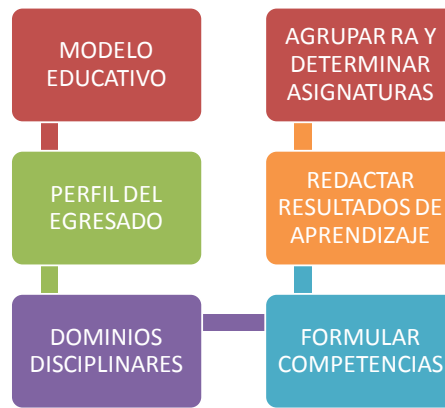


Figura 1. Metodología para el desarrollo de un Plan de Estudio basado en la Formación por Competencias. Fuente: elaboración propia.

Los Dominios Disciplinarios son el conjunto de áreas de conocimiento, de las actividades o problemas profesionales que generalmente resuelve, en este caso un cierto tipo de ingeniero, pero también está relacionado con el contexto institucional, el Modelo Educativo, los recursos y las prácticas institucionales y las necesidades de un país, entre otros factores [9, 10]. En tanto, si bien el concepto de Competencia resulta en la actualidad extremadamente polisémico, es necesario adoptar una definición. La definición de CONFEDI [6] expresa que, “Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales” resulta muy sólida y completa frente a otras. Además de estar apoyada sobre las teorías de Perrenoud y Le Boterf, es consistente con los principios de Roegiers [11] y Tobón [2], autores sobre los cuales se sustentan las directrices de este trabajo. El documento de CONFEDI en 2006 (publicado en 2007), además de presentar la definición de competencia, ha establecido las Competencias Genéricas para un grupo de titulaciones ingeniería, y posteriormente fueron adoptadas como propias, a partir de 2013, por la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) [13]. Más allá de las definiciones sobre el concepto de competencia, lo importante es rescatar algunas de sus características principales. Comparando las definiciones de CONFEDI [6], Roegiers [11], Tobón [2] y Le Boterf [13] (estas últimas no se presentan aquí por razones de espacio) se puede destacar el siguiente conjunto de ejes:

- El foco, o fin último, está en la resolución de Problemas Profesionales.
- Los Problemas Profesionales implican situaciones complejas contextualizadas.
- La competencia se demuestra a través de la actuación y tiene carácter finalizado.
- Se actúa enfrentándose a la situación.
- En la actuación se movilizan y articulan diversos saberes (o recursos).
- Dominar recursos es condición necesaria, pero no suficiente.
- Se es competente cognitiva, social, política y actitudinalmente, o no se es.
- La competencia debe ser evaluable, directa o indirectamente, y gradualmente.
- En la formación de ingenieros debe haber situaciones de integración programadas.

Con respecto a los RA, que son el punto central del presente trabajo, aquí se presenta en primera instancia una definición dada por el Marco Europeo de Cualificaciones para el Aprendizaje Permanente (EQF) [14]: “expresión de lo que una persona sabe, comprende y es capaz de hacer al culminar un proceso de aprendizaje; se define en términos de conocimientos, destrezas y competencias”. Si bien este concepto será profundizado en apartados posteriores, importa aquí aclarar que la formulación o redacción de éstos tiene la misma estructura que la de una competencia. Por otra parte, de acuerdo a cómo se

conceptualice, redacte y se ponga en desarrollo, son las instancias intermedias a través de las cuales se va formando una competencia, a nivel de las asignaturas de un Plan de Estudio. También representan una condición necesaria, pero no suficiente para ser competente. Pensar que el simple alcance de los RA en todas las asignaturas en forma independiente (cual simple yuxtaposición) asegura una competencia, es un error, si no se prevén instancias de integración cada vez más complejas (no más complicadas) en la construcción de las competencias de egreso al final de una carrera. Vale aquí también poner énfasis en señalar las diferencias entre las Competencias de Egreso, y las Actividades Reservadas al Título. El documento de ASIBEI [13] es contundente en la siguiente afirmación: “Baste recordar que ni siquiera un ingeniero con un par de años de experiencia profesional está en condiciones de realizar de manera competente cualquier trabajo ingenieril posible”.

5. El Estado Actual del Problema

5.1 Algunos Aspectos Externos del Problema

Lejos de pretender caracterizar lo complejo y lo dinámico del mundo actual, lo cierto es que la sociedad se presenta con escenarios que profundizan cada vez más la brecha entre ellas y las instituciones de educación superior en general, y con el sistema de formación de ingenieros en particular. Además de la vertiginosa expansión y socialización del conocimiento, así como del cambio de cultura de quienes están ingresando hoy a las universidades, entre otros factores, actualmente hasta se cuestiona la validez del conocimiento que circula por el sistema educativo [15]. En este sentido Aguerrondo [15] se refiere a la crisis del modelo científico actual, fundamentalmente aquél basado en las tradicionales concepciones de la racionalidad. Esta autora propone un cambio del pensamiento lógico tradicional a un pensamiento complejo, lo que implica a su vez pasar de la “construcción de teoría” a la “resolución de problemas” y “de las operaciones pensamiento” a “la capacidad de actuar sobre la realidad”. Posteriormente Aguerrondo orienta el planteo dentro del sistema educativo hacia la formación por competencias, sobre los aportes de Sergio Tobón sentenciando finalmente que “el pensamiento complejo es la base de las competencias complejas” [15].

Finalmente, y no menos importante, se encuentra dentro del marco externo el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012-2016 [16], compuesto por tres ejes centrales: Proyecto de Mejoramiento de Indicadores Académicos; El aporte de la universidad al desarrollo territorial sostenible; Internacionalización de la Ingeniería Argentina. En el primer eje, que tiene cinco acciones por desarrollar, en la cuarta el ítem 3, Incrementar la retención en el ciclo de especialización, se propone “Favorecer y apoyar al interior de las universidades políticas de formación, basadas en competencias, que permitan mejorar la continuidad de la carrera de los alumnos que trabajan”, en tanto el ítem 4, Incrementar la graduación de alumnos avanzados, propone “Propiciar innovaciones en las metodologías de evaluación y formación práctica, que permitan evaluar competencias que acrediten conocimientos de alumnos avanzados que están realizando tareas relacionadas con la profesión, de modo que los mismos puedan ser considerados créditos académicos”. Por otra parte, el tercer eje que se refiere a la Internacionalización de la Ingeniería Argentina, si bien no menciona en forma explícita la FPC, se propone algunas acciones como “Acuerdos de reconocimiento de títulos de ingeniería con países latinoamericanos en el marco de los acuerdos de estado suscriptos”, “Sostenimiento de los proyectos de movilidad e intercambio académico con países de la Unión Europea” y “Asegurar la presencia internacional de la ingeniería argentina en foros educativos internacionales de la disciplina”. Surgen estas acciones de otras ya desarrolladas, como acuerdos a nivel de MERCOSUR y ASIBEI, y además se resalta la creación de la

Asociación Latinoamericana de Acreditación de Ingeniería (ALAI) compuesta por Asociaciones Nacionales de Facultades de Ingeniería. La cuestión final entonces es que resulta imposible avanzar en dichas acciones si no se avanza en modelos de FPC, ya que la mayoría de los países involucrados están trabajando en dicha dirección.

5.2 Algunos Aspectos Internos del Problema

Los Aspectos Internos del Problema hacen referencia a algunas características del propio sistema de formación de ingenieros que deben ser consideradas, junto a las externas, para establecer el estado de partida para resolver el problema planteado. Obviamente que se trata solamente de algunas características significativas y no de un análisis completo que excede el presente trabajo. Por otra parte, las consideraciones principales surgen de resultados del propio proyecto, y si bien están centradas en el caso de la carrera de Ingeniería Industrial de la FIUNaM, pueden ser tomadas como rasgos generales para otros casos.

En primer lugar se presentarán algunos datos que surgen de la información presentada por la carrera para la acreditación a nivel nacional y a nivel MERCOSUR a través del Sistema ARCU-SUR. En ambos casos la carrera obtuvo la acreditación por el periodo máximo, que es de seis años, y además, en el caso particular del MERCOSUR, es una de las cuatro carreras de Ingeniería Industrial de la Argentina, y una de las once carreras de Latinoamérica, que tienen dicha certificación. Con respecto a las asignaturas, los datos que precisa el formulario electrónico son: pronunciamiento sobre Objetivos (expresados en términos de competencias a lograr por los alumnos y/o de actividades para las que capacita la formación impartida), Contenidos, Bibliografía, Descripción de la Actividad, Formas de Evaluación, Composición del Equipo Docente, Recursos Físicos, Estadísticas varias, entre otros datos. Una rápida mirada a los Objetivos expuestos en las fichas electrónicas da cuenta de: los objetivos planteados por algunas asignaturas no se extendían más allá de tres o cuatro renglones; algunos estaban formulados con verbos como “dotar”, “otorgar”, “desarrollar” al o en el “alumno”, lo cual no habla precisamente de una capacidad o competencia que el alumno tenga que lograr; en otros casos se utilizaban verbos o frases tan generales como “conocer”, “adquirir conocimientos”, “tener nociones básicas”, “estar familiarizado” [17].

Seguidamente, en la Figura 2, se presentan dos características de la planta docente de la carrera Ingeniería Industrial. Si bien corresponden al momento del mencionado proceso de acreditación, en términos generales no ha habido cambios significativos. A la izquierda se presenta la formación de grado del cuerpo docente, en tanto a la derecha se presenta la capacitación que tiene el cuerpo docente en materia de enseñanza universitaria.

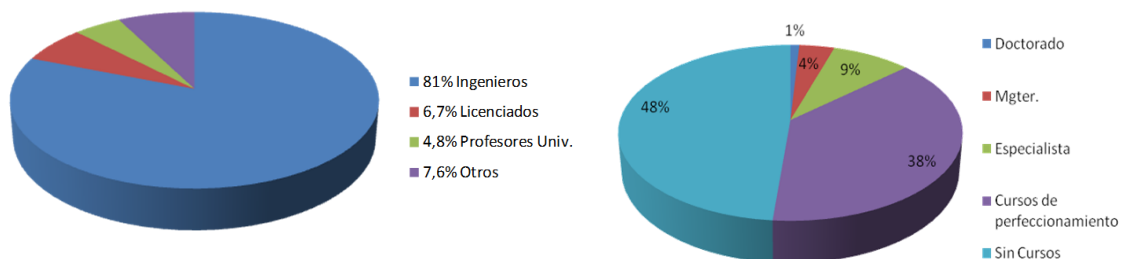


Figura 2. Características de la planta docente de la carrera Ingeniería Industrial de la FIUNaM del último proceso de acreditación. Fuente: Informe de Autoevaluación – 2012-2014 [18].

Se observa una planta docente compuesta en más de un 80% con formación de grado en ingeniería, y por otra parte casi el 50% no acredita ningún tipo de formación o capacitación en la enseñanza universitaria, y los que la tienen solamente un 14% han hecho alguna carrera de posgrado.

Con respecto a algunos datos relevados sobre el grupo de docentes que participan del proyecto de investigación, se comentarán sucintamente dos aspectos que interesan aquí para el presente trabajo. El primero surge de una de las primeras actividades del proyecto, que consistió en la obtención de un “Diagnóstico de la situación de todos los docentes de las asignaturas sobre los saberes en aspectos pedagógicos en general, y en el enfoque de FPC en particular”, mencionado como Actividad I, en el apartado 3. A través de un cuestionario estructurado se abordaron temas como: Formación por Competencias; Competencias y Capacidades; Saberes-hacer cognitivos, gestuales y socioafectivos; Modalidades y Métodos de Enseñanza; Situaciones Didácticas y A-Didácticas, entre otros. La mayoría de las encuestas dieron cuenta de la necesidad de profundizar el estudio no solamente de cuestiones específicas de la Formación de Competencias, sino que también aquellas relacionadas a Modalidades y Métodos de enseñanza [19]. Al comienzo de la capacitación desarrollada, cuyo objetivo fue lograr una nivelación de saberes sobre aspectos pedagógicos en general, y en el enfoque de FPC en particular, se aplicó un cuestionario abierto con cuatro preguntas. La tercera estaba planteada de la siguiente manera: “¿Cómo se podría describir el Modelo Formativo que implementamos actualmente? Imaginar que debemos explicarle a un docente de una carrera de ingeniería de otro país”. Un 73% de los docentes sostuvo que se trata de un modelo centrado en desarrollar contenidos teóricos, de los cuales el 91% afirma además, que todo se encuentra dividido entre “lo teórico” y “lo práctico”, siendo esto último lo que debe seguir o acompañar a lo primero. En tanto el resto ven el modelo formativo como el cumplimiento de lo normativo, es decir, seguir estrictamente lo que está normado en el Plan de Estudio, es decir, contenidos, créditos horarios, etc. Por otra parte, solamente el 47% expuso algún tipo de crítica al modelo que sostiene que existe, de los cuales el 57% afirma que no se prepara al graduado para la resolución de problemas profesionales de acuerdo a las actuales demandas de la sociedad. En tanto el 43% restante pone el énfasis de la crítica al modelo actual sosteniendo que lo que se hace es simplemente replicar la forma en que fueron formados los actuales docentes.

En principio, este esquema no parece muy positivo sino más bien deficitario, habida cuenta de que la situación está convalidada por los procesos de acreditación, no solamente a nivel nacional, sino también a nivel de MERCOSUR, como se reseñó al principio del sub-apartado. No obstante es la realidad tal cual es, y no solamente en la FIUNaM, sino en general en el sistema de formación de ingenieros del país. Claro que esto puede tener varias explicaciones, pero para no extender la cuestión, ya que amerita un estudio más detallado, se pondrá el foco en dos puntos.

En primer lugar debe considerarse cómo llegan los docentes a ocupar las diferentes cátedras. En general se ingresa a la docencia generalmente con un cargo de auxiliar y el docente se va formando a partir de la representación del docente que tenía cuando era estudiante y bajo la tutela del cuerpo docente existente. En algunos casos se constituyen en meros espejos de quienes lo formaron, y en otros casos reflexionan sobre sus prácticas y se va superando día a día, y hasta algunas veces realizan diferentes niveles de capacitación en los aspectos relacionados a la educación en ingeniería. Todo esto transcurre de generación en generación, sin que se configure un modelo particular [20], ya que no existe una escuela de formación de profesores de ingeniería.

En segundo lugar tanto el ingreso como la permanencia en la docencia universitaria, sea por las reglamentaciones de cada institución, sea por el Programa de Incentivos a Docentes Investigadores, o sea por la forma en que se desarrollan los procesos de acreditación, no presenta grandes incentivos para revertir significativamente esta situación. En general se valora mucho la formación de posgrado en la disciplina donde el docente desarrolla sus actividades de enseñanza, la categorización como investigador y las actividades de

investigación, la producción científica relacionada a las disciplinas, entre otras actividades, y poco se valora la formación como docente. Por otra parte, en las asignaturas de los años superiores de la carrera, uno de los estándares de acreditación exige la existencia de docentes con “experiencia profesional lograda en el ámbito de la producción de bienes y servicios”, cuestión que está claro que debe ser así.

5.3 Breve Síntesis del Problema

De acuerdo a lo expuesto precedentemente el estado actual del problema se presenta como una tensión entre las demandas externas y las debilidades que tiene el sistema de formación de ingenieros para reaccionar, en función de la búsqueda del estado deseado que es orientarse a un modelo de FPC. Quedan entonces dos caminos: buscar la solución por dentro o por fuera de las instituciones. La alternativa que se propondrá más adelante es la búsqueda de la solución por dentro del sistema, haciendo uso de sus propios recursos humanos, lo cual, claro está, tiene implicancias que deben ser tenidas en cuenta.

6. De lo particular a lo general por medio de Resultados de Aprendizaje

El esquema planteado en la Figura 1 para el desarrollo de un Plan de Estudio basado en la Formación por Competencias parece muy razonable y sólido. Sin embargo, el último paso, que implica que a la hora de que una carrera de ingeniería de una institución dada, que tiene un sistema y un cuerpo docente que se ha consolidado en el tiempo, formándose en las disciplinas específicas, en algunos casos inclusive en carreras de posgrado, y que además puede estar desarrollando actividades de investigación, extensión o servicios a terceros, entre otras, puede resultar poco viable. Claro que si se parte desde el inicio con una carrera nueva, o inclusive en instituciones nuevas, como por ejemplo las de reciente creación en la Argentina, este esquema planteado podría ser viable. Ahora bien, en instituciones con varios años de existencia, con estructuras consolidadas, con espacios y reductos de poder anclados en las asignaturas, ocurre muchas veces que se presenta la inevitable “resistencia al cambio” devenida de un accionar “tribal” en el sentido propuesto por Becher [21]. Araujo y Trotta [22], que reconocen “la existencia de una cultura de la profesión, esto es, una serie de rasgos que permiten a sus miembros reconocerse como integrantes de un mismo quehacer y colectivo profesional”, hacen referencia a los inicios de los procesos de acreditación. En esta dirección, estos autores, refiriéndose a la Facultad de Ingeniería de la UNLP, comentan que hubo sectores que deslegitimaron inclusive al CONFEDI en cuanto a la visión de la universidad, ya que ésta tiene a “todos los actores universitarios: autoridades, docentes, graduados, estudiantes y no docentes”.

Asumiendo esta situación y reconociendo el estado de las cosas, es que luego de finalizado el proyecto de investigación en la asignatura Investigación Operativa se optó por trabajar de lo particular a lo general, pero integrando al cuerpo docente de las asignaturas en la construcción del proceso. Esto implica partir de sus fortalezas e ir resolviendo las debilidades a lo largo de la construcción del modelo, y no pretender que se asuman “recetas” importadas de otros ámbitos. En esta dirección es que se tomó la decisión de trabajar a partir de la elaboración de Resultados de Aprendizaje (RA) en cada una de las asignaturas del proyecto.

Ya se ha presentado en el apartado 4 la definición de RA propuesta por el Marco Europeo de Cualificaciones para el Aprendizaje Permanente (EQF) [14]. Sin embargo es conveniente agregar algunas miradas adicionales, como por ejemplo la que señala el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey [23]: “Es una declaración muy específica que describe exactamente y de forma medible qué es lo que un estudiante será capaz de hacer. Están directamente relacionados con el estudiante y con sus logros. Son

evaluables y con frecuencia observables”. También resulta pertinente explicitar aquí las ventajas y limitaciones de los RA, como los propone la Agencia Nacional de Evaluación y de la Calidad y Acreditación (ANECA) de España [24]. Entre las ventajas señala:

- Promueven el enfoque centrado en el estudiante en la planificación del currículo académico.
- Aportan claridad y transparencia en el sistema de educación superior, fomentando la coherencia entre formación, evaluación y resultados.
- Ofrecen mejor información tanto a profesores y estudiantes como a empleadores.
- Contribuyen tanto a fomentar la movilidad de estudiantes como a mejorar la comparación de las cualificaciones en términos internacionales.

En tanto la ANECA [24] también identifica algunas limitaciones:

- Puede limitar procesos de enseñanza-aprendizaje de carácter más exploratorio o experimental que se van adaptando en función de la diversidad de los estudiantes y que se consideran de interés.
- Lo que los estudiantes conocen, comprenden y son capaces de hacer al término de la enseñanza es, muchas veces, más amplio que lo que los resultados del aprendizaje alcanzan a describir.
- Definir el plan de estudios en términos de resultados del aprendizaje requiere dedicación, esfuerzo, recursos y obstáculos a sortear.

Para finalizar esta caracterización se presentan a continuación algunas cuestiones que son necesarias a tener en cuenta, respecto de los RA, de las cuales las tres primeras corresponden a Miguel Fortea Bagán [25] y la última a Declan Kennedy [26]:

- ¿Pueden proponerse RA en una materia que luego no van a evaluarse? Obviamente no.
- ¿Pueden evaluarse RA en una materia que no han sido enseñados en la misma? Obviamente no.
- ¿Puede proponerse alguna actividad que no tenga asignados RA a enseñar/aprender? Obviamente no.
- Los resultados de aprendizaje se centran más en lo que el estudiante ha aprendido y no solamente en el contenido de lo que se le ha enseñado.

Sobre los aportes de Kennedy [26] se han elaborado numerosas guías para redactar los RA, como por ejemplo la que elaboró la Universidad de Bío Bío, Chile [27], que es una de las más recomendables. Así, una RA se compone de los siguientes elementos: (Verbo de Desempeño) + (Objeto de Conocimiento) + (Finalidades) + (Condiciones de Referencia o de Calidad). Esta estructura es similar a la que propone Tobón para formular una competencia [2], por lo cual un RA también puede ser conceptualizado como una Unidad de Competencia [27].

Para la selección del verbo existen numerosas taxonomías, pero una de las más utilizadas y recomendadas es la Taxonomía de Bloom para los objetivos educativos está basada en tres dominios: Cognitivo, Afectivo, también denominado Subjetivo o Emocional y Psicomotor [26]. Esta taxonomía en el plano cognitivo “describe como construimos sobre lo anteriormente aprendido para desarrollar niveles más complejos de comprensión” y establece seis niveles, los cuales son, desde el más bajo hasta el superior: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Los tres primeros niveles son denominados categorías de orden inferior, en tanto los otros tres son de categoría superior, porque implican operaciones de pensamientos más complejas [26]. El concepto es que cada nivel indefectiblemente involucra al anterior. No se puede comprender si no se conoce, no puede haber análisis, si previamente no se alcanzó la aplicación, y así sucesivamente. Sin embargo,

esta taxonomía data del año 1956 alcanzando solamente a los planos cognitivo y afectivo. Posteriormente otros continuaron la tarea de Bloom, e inclusive otros autores desarrollaron diversas taxonomías para el plano psicomotor, que resulta de particular importancia para una serie de profesiones entre las cuales se destaca la ingeniería. Un cambio sustantivo se da en la taxonomía propuesta por Krathwohl [28], que es una revisión de la Bloom, y establece seis niveles del dominio cognitivo. Estos son, desde el más bajo hasta el superior: recordar, entender, aplicar, analizar, evaluar y crear. A diferencia de la Taxonomía Original de Bloom, en la Krathwohl se utilizan verbos y no sustantivos, y además el verbo crear está en el nivel cognitivos superior. Otra taxonomía significativa es la Kendall y Marzano [29] de relevante importancia para abordar el plano psicomotor, y especialmente con las cuestión del uso de algoritmos en las ingenierías. Finalmente, cuando estas taxonomías no tienen un respuesta clara a lo que se precisa, ya que la cuestión no se limita a una mera elección del verbo, sino que se busca que dicho verbo represente adecuadamente lo que se espera que el alumno sea capaz de hacer, existen algunas taxonomías particulares como por ejemplo la Taxonomía de Niveles de Profundidad del Conocimiento (Depth of Knowledge - DOK) de Norman L. Webb [30]. Esta taxonomía, que integra a la de Bloom, establece cuatro niveles de profundidad de conocimiento: NI: Pensamiento Memorístico (*Recall & Reproduction*), NII: Pensamiento de Procesamiento (*Skills & Concepts*), NIII: Pensamiento Estratégico (*Strategic Thinking/Reasoning*) y NIV: Pensamiento Extendido. Webb [30] estableció estos niveles para cuatro áreas disciplinares: lengua, matemática, ciencias y sociales. Utilizando estas dos taxonomías, Hess [31] elabora una matriz denominada Matriz de Rigor Cognitivo, fundamentalmente con el objeto de mejorar tanto la enseñanza como la evaluación. Esta matriz tiene entre sus filas las seis categorías de Bloom y en las columnas los cuatro niveles de Webb. En la matriz que corresponde a ejemplos sobre matemática y ciencia, los modelos aparecen únicamente en el quinto nivel de Bloom (Síntesis) y en los tres niveles superiores de Webb.

7. Resultados y Discusión

Con estos criterios, durante el año 2015 se comenzaron a redactar los RA para cada una de las asignaturas del proyecto, e inclusive para otras áreas conceptuales. Exponer aquí todo lo actuado escapa tanto al objetivo del trabajo como al espacio disponible, por lo que a continuación se presentarán algunos aspectos significativos, para poner en relieve algunas ventajas así como algunos inconvenientes surgidos del proceso.

El trabajo se inició con un Taller sobre FPC en general, y sobre los conceptos de RA y su forma de redactarlos. A partir de allí, cada grupo de cátedra estableció sus propias modalidades de trabajo, en función de las características de su grupo así como las disponibilidades horarias ya que no todos tienen una dedicación exclusiva a la docencia universitaria. Así, en algunos casos, los Responsables de Asignaturas formalizaron una primera propuesta de RA la cual fue posteriormente socializada en todo el grupo docente de la asignatura. En otro extremo se trabajó en forma completamente horizontal desde el inicio, bajo la coordinación del Responsable de Asignatura. En todos los casos desde la Dirección del Proyecto se fue acompañando el trabajo, de lo cual surgieron numerosas reflexiones. También y en paralelo, a través de un Aula Virtual, se puso a disposición el material que requería cada caso, así como facilitar las consultas no presenciales. En todo momento se trabajó desde la propia experiencia del cuerpo docente en su asignatura, y tratando de no atarse rígidamente a las “recetas” planteadas por las guías que se fueron utilizando.

Tres casos presentaron diferencias significativas. El primero es la asignatura Mecanismos y Elementos de Máquinas, que es compartida por las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Electromecánica. Aquí si bien el Objeto de Conocimiento en general es el mismo

para ambas carreras, debió trabajarse intensamente tanto en la diferenciación de los verbos como en las finalidades y las condiciones de referencia. En este caso se manifiesta claramente una de las ventajas que ofrece el uso de RA, relacionado con la claridad y la transparencia que aportan estas características al sistema de educación superior “fomentando la coherencia entre formación, evaluación y resultados, promoviendo la integración y la consistencia de las diferentes asignaturas con los resultados globales que se pretende que alcancen los estudiantes” [24]. Esto es particularmente significativo en el caso de asignaturas de carreras de ingeniería, cuando son ofrecidas desde un Departamento Académico Disciplinario diferente al de una especialidad de ingeniería. En el presente caso, Mecanismos y Elementos de Máquinas es impartida por el cuerpo docente del Departamento de Ingeniería Electromecánica de la FIUNaM para la carrera Ingeniería Industrial. Las formaciones de grado de estos docentes están relacionadas o bien con la Ingeniería Mecánica o bien con la Ingeniería Electromecánica, y por tanto, tener una meta clara de formación para otra carrera facilita tanto a la Mediación Pedagógica que tiene que seleccionar, como los instrumentos y criterios de evaluación que debe utilizar.

El segundo caso es la asignatura Ingeniería y Comercialización de Productos y Servicios, que se orienta básicamente al Diseño de Productos. Aquí hubo que recurrir indefectiblemente a la Taxonomía de Krathwohl [28] a los efectos de que los verbos se relacionen pertinentemente con la propia esencia de la disciplina. Al elaborar los RA en esta asignatura, surgió un interesante debate en relación a la participación del ingeniero industrial en el diseño de productos, habida cuenta que se trata de un proceso multidisciplinario en el que contribuyen el marketing, el diseño industrial y numerosas ramas de la ingeniería. Por otra parte, las Actividades Reservadas al Título del ingeniero industrial de la Res. 1054/2002 [8] le otorgan incumbencias respecto el desarrollo y comercialización de productos y servicios, como también en actividades que hacen posible su fabricación. El equipo docente clarificó con los RA lo que alumno debe saber, comprender y ser capaz de hacer a finalizar el aprendizaje, de forma tal que su participación no esté limitada en los aspectos relacionados con los materiales y los procesos, sino con mayor protagonismo aportar al trabajo interdisciplinario, principalmente con los métodos cuantitativos y cualitativos que puede manejar sólidamente para ciertas técnicas sistemáticas de diseño. Para ejemplificar parte de lo realizado en el taller de FPC, se presentan los RA propuestos por los docentes de la asignatura (redactados según la estructura anteriormente descrita), para una unidad temática: “Técnicas sistemáticas de diseño”:

1. [Identificar] [necesidades y demandas de consumidores o usuarios] [para traducirlas en oportunidades de desarrollo de un nuevo producto y/o el rediseño (actualización, modificación o mejora) de uno existente] [a partir de información obtenida de una investigación de mercados].
2. [Interpretar] [un proceso de desarrollo de productos] [para satisfacer oportunidades existentes, latentes o potenciales de un mercado] [considerando una estrategia comercial y un proceso de mejora continua, identificando herramientas de ingeniería que podría utilizar].
3. [Analizar] [un producto] [para identificar aspectos en él que puedan ser rediseñados] [de acuerdo a necesidades, demandas u oportunidades detectadas, aplicando métodos sistemáticos].
4. [Proponer] [el rediseño de un producto] [para satisfacer necesidades, demandas u oportunidades detectadas] [aplicando análisis y métodos sistemáticos de diseño, representando gráficamente mediante un software CAD y trabajando en equipo].

Finalmente el tercer caso es la asignatura Investigación Operativa, donde la discusión estuvo centrada en la conceptualización del Modelado Matemático, como saber previo, así como el papel que debe asignarse a la enseñanza de los algoritmos. Para el Modelado Matemático la respuesta se encontró en la utilización de la Taxonomía de Webb y la Matriz de Rigor Cognitivo, en tanto para la enseñanza de algoritmos fue la Taxonomía de Kendall y Marzano la que aportó los conceptos claros, no solamente para la elección del verbo, sino también para la finalidad, así como algunas de las condiciones de contexto.

Paralelamente al trabajo individual de cada una de las cátedras se realizaron entrevistas abiertas a los integrantes del proyecto orientadas a obtener una mirada sobre las percepciones en cuanto a las ventajas y dificultades en la utilización de los RA para reorientar las asignaturas hacia un modelo de FPC. En general no se manifestaron dificultades en la elección del verbo para la redacción de los RA, aunque sí se percibieron las mayores dificultades en establecer el nivel cognitivo propuesto, lo cual más que una dificultad es un aspecto positivo ya que obliga al docente a reflexionar sobre qué es lo que realmente pretende del alumno. En las asignaturas de los niveles superiores de la carrera las dificultades estuvieron centradas en la relación de los RA con las competencias de egreso, cuestión que es normal ya que éstas aún no están definidas. Finalmente, un aspecto transversal estuvo relacionado con los saberes previos que cada docente supone que dispone el alumno al inicio de la asignatura.

8. Conclusiones y recomendaciones

La principal conclusión obtenida hasta el momento señala que trabajar a través de los RA es un camino que permite que el docente de carreras de ingeniería se pueda apropiar rápidamente del proceso sin sentirse amenazado por las eventuales debilidades que pueda tener en su formación pedagógica. Pone en valor la formación no formal que ha adquirido a lo largo de su experiencia en la docencia, e inclusive se motiva más para aceptar un desafío que es inédito en la formación de ingenieros, representado por la FPC.

Por otra parte, la adecuada redacción de resultados de aprendizaje pone en contraste los contenidos, porque importa más qué es lo que debe ser capaz de hacer el alumno con dichos contenidos, en función de lo que se espera de él, y no simplemente cargar la “mochila” del saber. No es competente el que “sabe mucho”, sino aquel que es capaz de resolver los problemas de la ingeniería, al servicio de la sociedad, a partir de los recursos que dispone, y buscando aquellos que le faltan. Por ello no solamente importa lo específico de cada disciplina, sino la formación de competencias genéricas, como el aprendizaje autónomo, entre otras.

Finalmente, en las etapas que siguen del proyecto se está avanzando con la Mediación Pedagógica, que implica definir modalidades y métodos de enseñanza, que no deben ser de un único tipo, sino todo lo contrario, tiene que haber una multiplicidad de ellos, cuya elección estará sustentada por los RA esperados en cada caso. Posteriormente se avanzará sobre el sistema de evaluación, que también implica una multiplicidad de técnicas e instrumentos, los cuales deberán estar alineados con cada RA y cada mediación pedagógica. Esto también pone en tensión al docente, porque implica mirar desde otro ángulo lo que viene haciendo, que para nada implica descalificar lo actuado hasta ahora. Simplemente es tiempo de revisión, reflexión y optimización de lo que se hace, lo cual obviamente no está librado de costos.

9. Referencias

- [1] KOWALSKI, V., ERCK, M., ENRIQUEZ, H. (2015). Formación por competencias en Ingeniería Industrial: Moda o Mejora Académica? *Anais do III Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica – CIECITEC*. Santo Ângelo: NTI-URI. p.1-10.
- [2] TOBÓN, S. (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. 4a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. 370p.
- [3] SMITH, P., RAGAN, T. (1999). *Instructional Design*. 2nd. ed. New York: Wiley & Sons. 399p.
- [4] MERTENS, D. M. (2010). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. 3rd ed. California, London, New Delhi: SAGE Publications. 527p.
- [5] NEIMAN, G; QUARANTA, G. Los estudios de caso en la investigación sociológica. pp. 213-237. (en VASILACHIS, I, 2006. Estrategias de Investigación Cualitativa. Barcelona. Gedisa. España. 277p.).
- [6] CONFEDI (2007). *Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina*. San Juan: Universidad Nacional de San Juan. 37p.
- [7] ANDERSON, D.; SWEENEY, D.; WILLIAMS, T.; CAMM, J.; MARTÍN, K. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios. Decimoprimer edición*. México: Cengage Learning. 880p.
- [8] ARGENTINA. *Resolución Ministerio de Educación 1054/02. Estándares para la acreditación de Ingeniería Industrial*. Boletín Oficial N°30.014. Buenos Aires: 2002.
- [9] IRIGOYEN, J., ACUÑA, K., JIMÉNEZ, M. (2011). *Evaluación de Desempeños Académicos*. Universidad de Sonora, Sonora.
- [10] UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. VICERRECTORÍA ACADÉMICA. *Metodología para el Diseño Curricular de las Carreras de la UNI*. UNI, Managua, 2009.
- [11] ROEGIERS, X. (2007). *Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. 1a ed. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional): San José, Costa Rica. 328p.
- [12] ANÓNIMO (2014). *Competencias en Ingeniería*. Mar del Plata: Universidad FASTA. Argentina. 56p.
- [13] LE BOTERF, G. (2010). *Professionnaliser. Construire des parcours personnalisés de professionnalisation*. 6 ed. Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles: Paris. 139p.
- [14] COMISIÓN EUROPEA (2009). *El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC)*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 15p.
- [15] AGUERRONDO, I. (2009). Conocimiento complejo y Competencias Educativas. *IBE Working Papers on Curriculum Issues*, n.º 8, UNESCO, Ginebra, Suiza. Disponible en: http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/Working_Papers/knowledge_compet_ibewpci_8.pdf [consultado el 29/10/2015].
- [16] ARGENTINA – PRESIDENCIA DE LA NACIÓN (2012). *Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016*. Buenos Aires: Ministerio de Educación. 42p.

- [17] KOWALSKI, V., ERCK, M., ENRIQUEZ, H.; SANTANDER, A.; MORALES, I. (2014). ¿Cómo avanzar en un modelo de Formación por Competencias sin las definiciones de competencias específicas de la propuesta de CONFEDI? *VII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*. Buenos Aires: edUTecNe. p.1-10.
- [18] UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES – FACULTAD DE INGENIERÍA. *Informe de Autoevaluación ARCUSUR-FINUaM. Dimensión 3 Comunidad Universitaria*. Inédito. 139p.
- [19] KOWALSKI, V., POSLUSZNY, J., LÓPEZ, J., ERCK, M., ENRIQUEZ, H. (2015). Hacia un Modelo Integrador para Formar Ingenieros e Ingenieras Competentes. *VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*. Buenos Aires: edUTecNe. p.1-10.
- [20] KOWALSKI, V., POSLUSZNY, J.; LOPEZ, J; ERCK, M., ENRIQUEZ, H. (2016). Formación por Competencias en Ingeniería: ¿Camino o Destino? *Revista Argentina de Ingeniería*. Buenos Aires: CONFEDI. a.4, v.7, p.127-138.
- [21] BECHER, T.; TROWLER, P. (2001). *Academic Tribes and Territories: intellectual enquiry and the cultures of disciplines*. 2nd edition. Buckingham: Open University Press/SRHE. 241p.
- [22] ARAUJO, S.; TROTTA L. (2011). La acreditación de las Ingenierías: configuración compleja en la institucionalización de la política. *Revista Ciencias de la Educación*, La Plata, 4^a Época, 5(5), p.1-15.
- [23] OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA DEL TECNOLÓGICO DE MONTERREY (2015). Educación Basada en Competencias (EBC). Monterrey: Tecnológico de Monterrey. 35p.
- [24] ANECA. Agencia Nacional de Evaluación y de la Calidad y Acreditación (2013). *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los Resultados de Aprendizaje*. Madrid: ANECA. 63p.
- [25] FORTEA BAGÁN, M. (2008). *Competencias y resultados de aprendizaje en los planes de estudio de grado de la Universitat Jaume I*. Castellón: Universitat Jaume I. 10p.
- [26] KENNEDY, D. (2007). *Redactar y utilizar resultados de aprendizaje*. Cork: University College Cork. 103p.
- [27] UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO. VICERRECTORÍA ACADÉMICA (2013). *Manual de Elaboración de Programas de Asignaturas: Material de apoyo para la implementación del Modelo Educativo en el marco del proceso de Renovación Curricular en la Universidad del Bío-Bío*. Concepción, Universidad del Bío-Bío. 39p.
- [28] KRATHWOHL, D. (2002). A revision of bloom's taxonomy: an overview. *Theory Into Practice*, Ohio, v.41, n.4. p.212-218.
- [29] MARZANO, R.; KENDALL, J. (2007). *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks CA: Corwin Press. 208p.
- [30] WEBB, N. (2002). *Depth-of-Knowledge Levels for Four Content Areas*. unpublished paper.
- [31] HESS, K. (2006). *Exploring Cognitive Demand in Instruction and Assessment*. Recuperado de: http://www.nciea.org/publications/DOK_ApplyingWebb_KH08.pdf.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

VIGENCIA Y RELEVANCIA DEL DISEÑO CURRICULAR DEL CICLO BÁSICO COMÚN DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

Liliana Milevicich, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional General Pacheco,
liliana_milevicich@yahoo.com.ar

Alejandro Lois, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional General Pacheco,
alelois@hotmail.com

Resumen— Los planes de estudio de las carreras de Ingeniería requieren una pronta actualización. Especialmente tratándose de carreras de tecnología surge la necesidad de incorporar nuevos contenidos que reemplacen a los que van quedando obsoletos y estén acordes con la velocidad de la evolución tecnológica.

El perfil del ingeniero actual debiera construirse sobre las siguientes aptitudes: habilidad para comunicarse con sus colegas, facilidad para aplicar los principios de la matemática a los problemas que deba resolver, dominio científico de las leyes fundamentales de la naturaleza, capacidad para reconocer, definir problemas y luego aplicar el conocimiento y las destrezas adquiridas a la solución económica de ellos.

Las competencias asociadas a estas capacidades cobran sentido en un entorno de aprendizaje activo y flexible, que pueda proseguir durante toda la vida de un modo autodidacta.

Sin embargo, los enfoques pedagógicos establecidos el siglo pasado siguen vigentes en los procesos educativos y en el diseño de los currículos. La evolución de tales enfoques no ha sido acorde a las reales necesidades actuales ni a la evolución tecnológica. Los cambios estructurales necesarios para lograr la formación de ingenieros competentes en estos tiempos, están vinculadas a nuevos enfoques interdisciplinarios del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Desde esta perspectiva, en el presente trabajo se analizan las propuestas y fracasos en pos de la actualización, del actual diseño curricular.

Palabras clave— *actualización, interdisciplinar, planes de estudio.*

1. Introducción

El aprendizaje se ha convertido en un arma estratégica a nivel mundial, para la adaptación a una sociedad compleja y cambiante. Las competencias requeridas para hacer frente a la complejidad de la vida moderna y al acceso al mercado laboral, son en gran medida, responsabilidad de las instituciones educativas de Educación Superior.

En particular, la formación del Ingeniero se ha convertido en un desafío que debe atender cuestiones tales como asegurar la calidad en la formación y actualizar las competencias, los contenidos y la intensidad de formación práctica necesaria. Esto permitirá a los futuros ingenieros seguir contando con una sólida formación técnica actualizada en función de los avances científicos y tecnológicos, pero también asegurará que sean profesionales con sólida cultura general, con una visión integral y preparados para un aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida.

Desde esta perspectiva, se plantea el problema acerca del enfoque del tratamiento didáctico de las ciencias básicas en las carreras de Ingeniería y los objetivos de este nivel. [1]

Es incuestionable que para cursar los currículos de ingeniería se requieren bases sólidas en el conocimiento de las ciencias básicas, pero también se debe reconocer que en las escuelas de ingeniería, esta enseñanza tiene poca interacción con el mundo práctico, solo existe una poca aplicación práctica al realizar un experimento de física y pocas veces al resolver una ecuación matemática. En los dos primeros años de las carreras, los estudiantes sienten que atraviesen un árido desierto al estudiar las matemáticas y ciencias naturales, conocimientos que van a poder aplicar recién en el ciclo superior.

Como parte de una investigación realizada por Méndez Mena en el año 2003 [2] con el propósito de explorar las causas que originan esta situación, se llevaron a cabo varias entrevistas con profesores y alumnos para indagar sobre cómo se podría motivar a los estudiantes para que se interesaran en las ciencias básicas, tomando en cuenta que sentían a gusto con la carrera elegida. A partir de los resultados de tal investigación, se rescatan los principales comentarios:

"Se nos enseña realizar operaciones, no a interpretarlas",... "los maestros son ingenieros pero no son maestros",... "hace falta perfilar la enseñanza hacia los ejemplos prácticos",... "se necesitan aplicaciones reales, de la vida cotidiana, así como la aplicación de nuevos problemas",... "queremos trabajar con problemas reales, en lugar de pizarrones llenos de números",... "aprendemos a resolver ecuaciones, pero no sabemos para qué sirven". [2]

Parte de las conclusiones indican la necesidad de orientar la enseñanza a trabajar sobre la vinculación entre el estudio de las ciencias básicas y de las asignaturas del ciclo superior de ingeniería, aplicando ejemplos prácticos derivados del mundo real.

Cabe observar que otras investigaciones realizadas en otros ámbitos de educación superior han llegado a conclusiones similares. ([1], [3] y [4])

En cuanto a la importancia de las ciencias básicas para la formación de ingenieros, se reconoce, en primer lugar, el carácter formativo para el alumno que inicia sus estudios en ingeniería, de tal modo que contribuya a ejercitar el razonamiento, a impulsarlo a ser creativo e innovador, situación indispensable para atender a los problemas del mundo real a los que se enfrentará profesionalmente, una vez que terminen sus estudios de ingeniería y que le permitirán resolverlos eficientemente. De aquí la importancia de establecer los mecanismos de cómo acreditar la formación básica inicial de los estudiantes, de tal forma que satisfaga los requisitos de solidez académica y que garantice el dominio de las bases esenciales para continuar con éxito su proceso de formación, máxime que se reconoce que la evaluación del aprendizaje en los programas universitarios actuales, tiene un marcado énfasis hacia la calificación, reconociendo que esta evaluación se hace por docentes que no siempre están capacitados para discernir con suficiencia, el nivel del aprendizaje de los estudiantes y en otros casos sobre cómo contribuir desde su materia a la formación de un alumno creativo, innovador y autosuficiente.

2. Desarrollo

2.1. Competencias genéricas y específicas en el ciclo general de conocimientos básicos de ingeniería

Un momento clave y más cercano en el tiempo ha sido sin duda la XXXVII Reunión Plenaria del CONFEDI desarrollada en la ciudad de Santa Fé en el año 2005, la cual contó con la presencia del presidente de la Asociación Brasileña de Enseñanza de la Ingeniería (ABENGE), Prof. Ing. Joao Sergio Cordeiro, atento a la necesidad de lograr confluencias entre Argentina y Brasil en el marco de los acuerdos del Bloque MERCOSUR. También, a través del apoyo de la Embajada Francesa se contó con una importante delegación de representantes de distintas Escuelas de Ingeniería de Francia, país con un sistema de Educación Superior de características similares al argentino, quienes presentaron la situación actual de la Ingeniería en Europa y especialmente en Francia, en el marco de los acuerdos de Bologna.

Los talleres de trabajo desarrollados durante las diferentes sesiones, dieron lugar a numerosas conclusiones. De ellas rescatamos las referidas al modelo de enseñanza de la ingeniería en Argentina, y las formas de evaluación y acreditación para el aseguramiento de la calidad. [5]

Los grupos de trabajo creyeron necesario definir un nuevo modelo de enseñanza de la ingeniería basado en competencias, contenidos y créditos. Coincidieron en que es un tema que era necesario tratarlo en detalle, propiciando ámbitos de análisis, reflexión y capacitación en el plenario de Santa Fe y en los próximos talleres, para definir su conveniencia.

En principio, se enfatizó que este modelo facilitará la inserción de la enseñanza de la ingeniería argentina a nivel mundial y regional, favoreciendo la movilidad estudiantil, entre otros aspectos.

En cuanto a las metodologías de evaluación y acreditación para el aseguramiento de la calidad, los grupos coincidieron en que es necesario seguir adelante con el proceso de acreditación, por ser considerado el medio más conveniente para asegurar la calidad de la enseñanza de la ingeniería. Los estándares deben ser comparables internacionalmente, especialmente a nivel MERCOSUR.

Con respecto al actual proceso de acreditación, se consideró conveniente realizar una evaluación global del mismo. Con vistas a su mejora se debe propiciar y mantener un diálogo permanente con CONEAU para superar las debilidades actuales, con especial énfasis en el perfil y selección de los pares evaluadores. [5]

El Proyecto estratégico de reforma curricular de las ingenierías elaborado en base los documentos producidos en la Reunión plenaria de Santa Fé, establece que las Ciencias Básicas deben cubrir el conjunto de disciplinas que aseguren la formación fundamental para la obtención ulterior de saberes específicos. [5, p.13]

Ahora bien, debido a la diversidad, que se fundamenta en la complejidad de orientaciones en la que se concibe la formación ingenieril, se organizan sub-áreas de conocimientos si bien hay una común a todas ingenierías formada por: Matemática, Estadística y Física. Es evidente que la reestructuración que se realice en estas tres materias es decisiva para encauzar el logro de competencias específicas acordes a los tiempos actuales.

Particularmente, el área de Matemáticas se enumeran las siguientes competencias específicas, asociadas a los contenidos curriculares de los dos primeros años. (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Competencias específicas y contenidos curriculares en el Área Matemática [5, p.17]

Área	Competencias específicas	Contenidos curriculares
Matemática	<p>Planificar y ejecutar estrategias para la resolución de problemas relacionados con Matemática.</p> <p>Utilizar modelos simples de matemática, como aproximación de la realidad física, para el abordaje de situaciones problemáticas.</p> <p>Aplicar álgebra lineal a las diferentes situaciones problemáticas.</p> <p>Aplicar geometría analítica (en el plano y en el espacio) a diferentes situaciones problemáticas.</p> <p>Aplicar ecuaciones diferenciales a diferentes situaciones problemáticas.</p> <p>Aplicar métodos numéricos a diferentes situaciones problemáticas.</p> <p>Utilizar, interpretar y elaborar diferentes representaciones utilizando distintos registros y lenguajes: tablas numéricas a partir de conjuntos de datos, gráficas o expresiones funcionales, teniendo en cuenta el fenómeno al que se refieren.</p> <p>Utilizar, tecnología informática para el análisis y la resolución de problemas vinculados con Matemática.</p>	<p>Funciones de una, dos y más variables.</p> <p>Límites y derivadas.</p> <p>Integrales.</p> <p>Ecuaciones diferenciales.</p> <p>Sucesiones.</p> <p>Series.</p> <p>Matrices.</p> <p>Función determinante.</p> <p>Sistemas de ecuaciones lineales.</p> <p>Espacios vectoriales.</p> <p>Transformaciones lineales.</p> <p>Valores y vectores propios.</p> <p>Algebra combinatoria.</p> <p>Cálculo proposicional.</p> <p>Sistemas de números complejos.</p> <p>Sistemas de coordenadas.</p> <p>Geometría del plano.</p> <p>Geometría del espacio.</p>

2.2 El rol de la Matemática en el ciclo de Materias Básicas

Si bien la relación entre Matemática y Física se remonta a la Grecia Clásica, donde el principal exponente fue Arquímedes¹, los estrechos vínculos entre la Matemática y la Física

¹Arquímedes de Siracusa fue un físico, ingeniero, inventor, astrónomo y matemático griego. Aunque se conocen pocos detalles de su vida, es considerado uno de los científicos más importantes de la Antigüedad clásica. Entre sus avances en física se encuentran sus

se hicieron más fuertes en los siglos XVII y XVIII con la Revolución Industrial y el surgimiento de la Mecánica Clásica.

El sueño de la matematización de toda la actividad humana, planteado por Descartes y Leibniz, es hoy casi una realidad si observamos el uso de la matemática en Física, Química, Biología, Medicina, Psicología, Sociología, Meteorología, Economía, etc. Esto revela el papel cada vez más preponderante que juega la Matemática en el mundo actual. Muchas veces su uso pasa por la informatización, lo cual tiene un sustrato matemático. [6]

Wehzelburger, sostiene que la matemática surgió desde siempre, del estudio de las reglas para escudriñar la naturaleza y llegar a conocer todo lo que existe.

La Matemática tiene una presencia cada vez mayor en la sociedad moderna, y no sólo desde el punto de vista utilitario. También la incorporación de formas de pensar y del propio lenguaje matemático en los profesionales más diversos y hasta en el hombre común, son indicadores de un proceso de inculturación creciente. Miguel de Guzmán explica que una tarea importante a realizar consiste en tratar de clarificar el sentido profundo de la actividad matemática y tratar de que, entre otros, los profesores que enseñan Matemática, entiendan el sentido global de esta disciplina y lo transmitan. [7]

Ahora bien, todavía hoy las matemáticas se enseñen de manera masiva, descontextualizada y algoritmizada en los cursos de materias básicas en las carreras de Ingeniería, lo que convierte su aprendizaje en un proceso formal, ligado a una serie de reglas, axiomas, postulados y teoremas, constituyendo estos aspectos un fin en sí mismo lejos de la realidad cotidiana, incluso en muchos casos tal aprendizaje se reduce a un nivel de ejercicios aritméticos, donde lo único importante es la obtención, ojalá correcta, de las respuestas a los ejercicios presentes en algún texto o propuestos por el docente. ([8] y [9])

En el caso de los conceptos de Cálculo para las carreras de Ingeniería, su estudio se da un marco contradictorio. Tal como vimos, se aduce que éste constituye la base del desarrollo profesional del futuro Ingeniero; sin embargo, su enseñanza se ha formalizado a través de uso y abuso del álgebra. En este sentido, de acuerdo con Michelle Artigue [10] el aprendizaje del cálculo tiende a presentar un alto nivel de descontextualización y desarticulación con respecto a los restantes cursos de las carreras (particularmente de Ingeniería), lo que obliga al alumno a realizar el arduo labor de ser él quien procure integrar los distintos saberes aprendidos como un todo, aspecto que evidentemente no es fácil de lograr. [11]

Frente a esto, ha surgido la opción de un aprendizaje y enseñanza del cálculo basado en retomar el origen histórico de la disciplina, de manera tal que el proceso de enseñanza y aprendizaje se base en la resolución de problemas significativos.

Un ejemplo interesante es el abordaje que los alumnos en primer año de la universidad realizan del Cálculo integral a partir de la suma de Riemann, en la que el área ya no es definida como un objeto geométrico, sino como el resultado de un cálculo según un

fundamentos en hidrostática, estática y la explicación del principio de la palanca. Diseñó innovadoras máquinas, entre ellos: el tornillo de Arquímedes y una capaz de sacar barcos enemigos del agua o prenderles fuego utilizando una serie de espejos. Usó el método exhaustivo para calcular el área bajo el arco de una parábola con el sumatorio de una serie infinita, y dio una aproximación extremadamente precisa del número Pi. Definió la espiral que lleva su nombre, fórmulas para los volúmenes de las superficies de revolución y un ingenioso sistema para expresar números muy largos. [14]

procedimiento dado dónde interviene el límite y la sumatoria. No se tiene en cuenta la dificultad que puede suponer para el estudiante, el relacionar el área con el proceso de suma que permite sumar infinitas cantidades infinitamente pequeñas. Frecuentemente, desde el punto de vista lógico, adolece del defecto de no poder atribuir un significado exacto al concepto de cantidad infinitamente pequeña. [12]

Más aún, la integral en una variable, definida geométricamente como el área debajo de una curva, desde una perspectiva histórica, permite enlazar este concepto con numerosísimas aplicaciones a la Ingeniería y a problemas de la vida real: cálculo del trabajo realizado, momentos y centro de masa de una placa delgada, fuerza hidrostática ejercida sobre una placa vertical, pared o cortina de presa por un fluido. En Probabilidad: función de densidad de probabilidad y distribución normal. En Economía: excedente de los productores y consumidores, valor presente y futuro de un fondo de inversión. En Medicina: rendimiento cardíaco.

Miguel de Guzmán [13] afirma que la inmersión creativa en las dificultades del pasado alimenta la posibilidad de extrapolación hacia el futuro. En ese sentido, Kline [14] coincide, por una parte, en que la perspectiva histórica permite dar una visión más panorámica de los problemas matemáticos para calibrar con mayor precisión la importancia de los diversos temas, que quedan así mejor articulados dentro de un contexto general, y por la otra, en que la historia puede dar la perspectiva global del tema y relacionar las materias no sólo unas con otras sino también con las líneas centrales del pensamiento matemático.

2.3 El constructivismo de Merrill

Desde una perspectiva constructivista, el alumno construye estructuras a través de los procesos del aprendizaje, es decir formas de organizar la información, las cuales facilitaran el aprendizaje futuro. Estas son amplias, complejas, interconectadas y funcionan como esquemas para activamente filtrar, codificar, categorizar y evaluar la información recibida en relación con alguna experiencia relevante.

Ahora bien, el conocimiento es un producto de la interacción social y de la cultura donde todos los procesos psicológicos superiores se adquieren primero en un contexto social y luego se internalizan. De acuerdo con Merrill [15] para que se produzca aprendizaje significativo deben darse dos condiciones fundamentales:

- Actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, o sea, predisposición para aprender de manera significativa.
- Presentación de un material potencialmente significativo. Esto requiere: por una parte, que el material tenga significado lógico para el que aprende. Esto es, que sea potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende; y, por otra, que existan ideas previas en el sujeto que permitan la interacción con el material nuevo que se le presenta.

En ese sentido, los educadores en la Educación Superior debemos apuntar a este segundo aspecto tan relegado, actualizando contenidos, desechando algunos obsoletos y reemplazándolos por nuevos, actualizando las prácticas de clase, las metodologías y los sistemas de evaluación. En definitiva, a reformular el proyecto educativo en función de los objetivos de la carrera.

Un ejemplo muy aclaratorio es el que corresponde a la geometría fractal.

La geometría como la conocemos fue planteada por primera vez en los años 300 A.C. por Euclides y ha tenido relativamente pocos cambios desde entonces. Sin embargo, en 1975

Mandelbrot establece las bases de una nueva geometría conocida como geometría de fractales, la cual está teniendo cada vez más aplicaciones en todos los campos del conocimiento. [16] Fractal es el conjunto de formas generadas normalmente por procesos matemáticos repetitivos y que se caracterizan por: tener el mismo aspecto a cualquier escala de observación, tener longitud infinita, no ser diferenciables y tener dimensión fraccionaria (fractal). La identificación visual es muy sencilla si se acepta como definición que los fractales son formas geométricas que pueden ser separadas en partes, cada una de las cuales es una versión reducida del todo.

La figura 1 exhibe la curva de von Koch, un ejemplo muy sencillo de geometría fractal. Se parte de una recta, la cual se divide en 3 segmentos iguales. El segmento del medio se substituye por un triángulo equilátero y resulta así una figura con 4 segmentos de rectas, si cada uno de estos se les hace la misma operación que a la primera recta, obtenemos una figura con 16 segmentos. Este procedimiento se repite hasta el infinito obteniendo así un perfil que a mayor amplificación presenta un aspecto invariante.

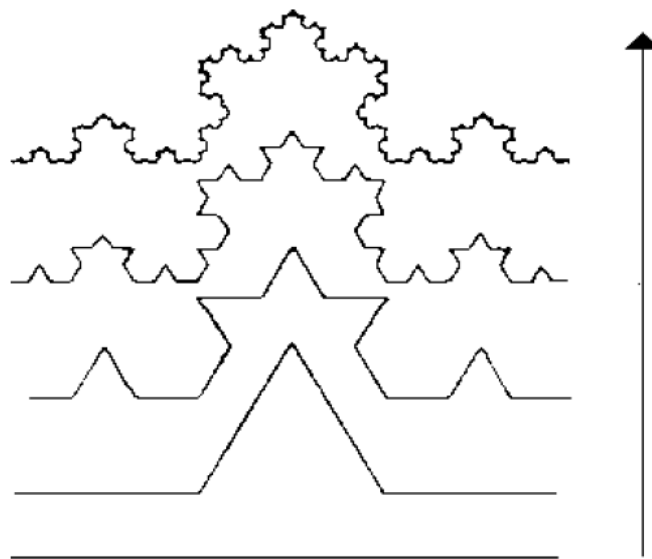


Figura 1. La curva de von Koch [16]

Desde la publicación de los trabajos de Mandelbrot, la geometría fractal ha recibido una atención y un auge crecientes.

Claramente la naturaleza no es fractal, pero un objeto real como una costa o la red capilar del sistema venoso o la red de transmisión de datos, se pueden modelizar muy bien mediante un modelo fractal que aproxima con bastante precisión dicho objeto y permitan estudiar sus propiedades con mayor profundidad. [17]

La geometría fractal viene avalada por la teoría geométrica de la medida y por innumerables aplicaciones en ciencias tan dispares como la Física, la Química, la Economía o, incluso, la Informática. Dentro de esta corriente, la teoría matemática denominada sistemas de funciones iteradas, desarrollada en 1981 por Hutchinson, se convirtió a finales de la década de los 80 en una de las técnicas más innovadoras y prometedoras en el campo de la compresión de imágenes. ([16] y [17])

Ahora bien, ¿qué beneficios puede brindar a un alumno de una carrera de Ingeniería el estudio de la teoría de fractales?. Algunas respuestas: el estudio de la distribución de las galaxias, el análisis de los procesos físicos de ramificación, agregación y turbulencia, la

codificación de señales de audio, de video o digitales, la caracterización geométrica y escalamiento en minerales, la caracterización de agregados, el análisis estructural y morfológico en polímeros, el análisis espectroscópico, el análisis de señales, la predicción de condiciones ambientales, terremotos y volcanes.

¿Cuál es la principal razón por la que no se estudia Teoría de fractales en los ciclos superiores de las carreras de Ingeniería?. La respuesta más frecuente de los docentes es que si bien forma parte de los contenidos de determinadas materias, no se llega a abordar por falta de tiempo.

En realidad, con un trabajo interdisciplinar entre las materias del ciclo básico y las del ciclo superior, se debiera abordar en el primero, el estudio de los conjuntos fractales, introducir el comportamiento de los sistemas caóticos, el concepto de auto semejanza y la teoría de conjuntos auto semejantes de Hutchinson. Y finalmente los sistemas de funciones iteradas que constituyen la base de las técnicas actuales de compresión fractal.

En materias tales como Álgebra y Geometría Analítica y Análisis Matemático se debieran estudiar los sustentos matemáticos para que en el ciclo superior se pueda trabajar sobre transformaciones fractales y sus diferentes aplicaciones.

¿Por qué razón se sigue insistiendo entonces sobre la enseñanza de la geometría Euclídea: punto, recta y plano, en el ciclo básico de las Ingenierías?. Más aún si se tiene en cuenta que es muy difícil elaborar modelos de la realidad con estos conceptos. Esta es una de las tantas preguntas aún sin respuesta, la cual debiera estar asociada a una renovación de los contenidos que se enseñan.

2.4 Posibilidades de actualización. La formación en las tecnologías propias de cada carrera.

De acuerdo con Mejía Laverde [18], los intentos de renovación curricular en las carreras de Ingeniería deben centrar su atención en los cursos básicos de matemáticas y física.

Las distintas comisiones, que se integran para formular propuestas de reforma, logran señalar las deficiencias más ostensibles de los cursos básicos, pero rara vez aciertan en la determinación y cuantificación de las nuevas necesidades.

Algunas posibles razones están vinculadas a lo siguiente:

Uno. El profesor de matemáticas carece de una idea global sobre los problemas reales de la ingeniería, en particular de aquellos que requieren la creación de modelos matemáticos. Este desconocimiento lo lleva a presentar una matemática descontextualizada, incapaz de cautivar la atención de los estudiantes. Por su parte, el profesor de materias del ciclo de especialidad, frecuentemente se queja sobre la incapacidad de sus alumnos para extraer de un problema real los aspectos relevantes e identificar el modelo abstracto, asociado al problema.

Dos. Por su parte, el profesor del ciclo de especialidad de Ingeniería desconoce cuál es la preparación matemática de sus alumnos, desaprovechando herramientas que pueden ser de gran utilidad en su curso específico. Además, la falta de una visión de conjunto, sobre lo que debe ser la formación matemática del ingeniero, lo lleva a confundir su práctica individual con la práctica ideal de un profesional de la Ingeniería. No es raro observar programas de matemáticas para ingeniería que, en lugar de tener una coherencia interna, se reducen a una suma de ideas particulares e independientes. [18]

Tres. Es común a los integrantes de estas comisiones la desactualización, la desinformación sobre nuevas áreas, lo cual impide abrir las puertas a temas matemáticos no tradicionales, que juegan un papel de primera línea en la práctica de la ingeniería moderna.

Cuatro. La presión tácita del medio ha llevado a actuar bajo unos parámetros más de demanda que de calidad, a preparar más un ingeniero para la administración y el mantenimiento, que un ingeniero para el diseño y la innovación.

Cinco. La ausencia de vínculos estrechos de la universidad, con el sector productivo y con centros académicos de más alto desarrollo, impide un enriquecimiento mutuo que perfeccione el modelo de ingeniero que el país necesita y que este modelo sí responda a unos parámetros mínimos de eficiencia y calidad en el ámbito internacional.

Seis. La ausencia de un trabajo interdisciplinar entre los profesores de materias básicas y profesores del ciclo superior ha dificultado la comunicación y el entendimiento entre ambos.

Ahora bien, el tiempo académico es escaso pero esto no debiera servir de excusa para no enseñar lo importante. Un estudio específico sobre las necesidades de cada carrera permitiría incorporar temáticas de tecnología aplicada que han cobrado importancia recientemente y desplazan contenidos que han quedado obsoletos.

Un caso llamativo es el siguiente: en los cursos clásicos de Análisis Matemático, se estudia el concepto de integral de Riemann para funciones que son continuas o bien tienen un número finito y pequeño de discontinuidades. Se introduce primero para funciones de una variable y después se extiende, con las modificaciones correspondientes, al caso de varias variables.

En la teoría de la medida e integración se define el concepto de integral de Lebesgue de funciones medibles positivas y complejas, con respecto a una medida positiva. Se tiene que toda función integrable según Riemann lo es según Lebesgue y los valores de las integrales coinciden. Sin embargo, hay funciones integrables según Lebesgue que no lo son según Riemann, tal es el caso de la función de Dirichlet, aplicable al estudio de diferentes fenómenos. [19]

En las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, fundamentalmente, la integral de Lebesgue es de fundamental importancia en el Análisis de Fourier, pero también para estudiar en su totalidad la teoría de probabilidades.

Pues bien, el concepto de integrabilidad según Lebesgue, es general y en cambio, el de Riemann es particular. Riemann presenta a mediados del siglo XIX su método de definir la integral, y si bien resolvía muchos problemas, en poco tiempo resultó insuficiente para variados problemas de matemática, física y otras disciplinas. La integral de Lebesgue apareció a fines de siglo y dio respuesta a tales problemas.

Sin embargo, los contenidos de gran parte de las materias siguen sin actualizarse desde el siglo XIX. Se sigue enseñando Integral de Riemann, descartando de ese modo la posibilidad de integral funciones discontinuas.

3. Resultados y Discusión

El desarrollo de este trabajo se ha organizado en cuatro temas centrales.

En primer lugar, las competencias genéricas y específicas en el Ciclo General de Conocimientos Básicos de Ingeniería, donde se rescataron varias de las conclusiones de la XXXVII Reunión Plenaria del CONFEDI del año 2005.

Allí se hace hincapié en 3 disciplinas troncales a todas las carreras de Ingeniería: Matemática, Estadística y Física; y a la necesidad que aseguren la formación fundamental para la obtención ulterior de saberes específicos. Las competencias específicas enumeradas para el área de Matemática dan cuenta de este propósito.

Sin embargo, diez años después los cambios no han operado como se esperaba.

El aprendizaje de muchos conceptos en el ámbito de las materias básicas es problemático, en particular los principios del Cálculo. Numerosas investigaciones realizadas llegan a conclusiones similares: se puede enseñar a los estudiantes a realizar de forma más o menos mecánica algunos cálculos de derivadas y primitivas y a resolver algunos problemas estándar, pero se encuentran grandes dificultades para hacerlos alcanzar una comprensión satisfactoria de los conceptos y métodos de pensamiento que son el centro de este campo de las matemáticas. Estos estudios también muestran de manera clara que, frente a las dificultades encontradas, la enseñanza tradicional y en particular la enseñanza universitaria, tiene a centrarse en una práctica algorítmica y algebraica del cálculo y a evaluar en esencia las competencias adquiridas en este dominio.

Este fenómeno se convierte en un círculo vicioso: para obtener niveles aceptables de éxito, se evalúa aquello que los alumnos pueden hacer mejor, y esto es, a su vez, considerado por los alumnos como lo esencial ya que es lo que se evalúa.

En segundo lugar, se analiza el rol de la Matemática en el ciclo de las Materias Básicas. Su importancia en sentido global en la formación del ingeniero pero también como proveedora de modelos que simulen procesos naturales. Una de las propuestas, cada vez más arraigada desde el punto de vista metodológico, consiste en retomar el origen histórico del pensamiento matemático. El método genético, de Otto Toeplitz, se basa justamente en recrear aquellos problemas que abordó el hombre a través del tiempo, así como los caminos de solución utilizados. Este enfoque general, aplicable a Matemática, Física o Química, se centra en una mirada basada en la resolución de problemas de ingeniería, donde se integra una visión articulada con las ciencias básicas y principalmente centrada en el estudio de casos. Este abordaje cumpliría también una función de motivación inicial de los estudiantes que podría contribuir a mejorar los índices de deserción temprana.

En tercer lugar, se analizaron las condiciones para generar un entorno de aprendizaje significativo y se analiza un ejemplo que da cuenta de la falta de actualización en los contenidos que hoy se enseñan. A lo largo de todos los niveles de enseñanza, se estudian contenidos, a veces reiterados, referidos a geometría Euclídea, cuando su aplicabilidad a la modelización de problemas reales, ha sido reemplazado por la geometría fractal. Ésta debiera introducirse desde la escuela primaria, ausente de rigurosidad, para ir incorporándola a medida que se avanza en niveles de estudio más complejos.

Finalmente, se analizaron las razones por las cuales los intentos de renovación curricular de las carreras de ingeniería han fracasado una y otra vez.

Las razones allí expuestas tienen un denominador común: la ausencia de un trabajo interdisciplinar y de cooperación entre profesores de materias del ciclo básico y materias del ciclo superior.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los planes de estudio de las carreras de Ingeniería requieren una pronta actualización. Especialmente tratándose de carreras de tecnología surge la necesidad de incorporar nuevos contenidos que reemplazan a la enseñanza de tecnologías que van quedando obsoletas y estén acordes con la velocidad de la evolución tecnológica.

Para ello se hace preciso planificar cuidadosamente el proceso enseñanza-aprendizaje de cada disciplina para responder con la mayor precisión posible a las preguntas de qué enseñar, cuándo enseñar, cómo enseñar; y qué, cómo y cuándo evaluar.

Tal como hemos sostenido en este trabajo, las actualizaciones deben ser coordinadas y en relación con las necesidades de cada carrera y el perfil del ingeniero que se pretende lograr.

5. Referencias

- [1] GARZA RIVERA R.G. (1999). La enseñanza de las ciencias básicas en la formación de ingenieros. *Revista Ingenierías, Universidad Autónoma de Nuevo León*. México, v.2, n.5.
- [2] MÉNDEZ MENA, R. (2003). Las ciencias básicas y el aprendizaje en Ingeniería. En: CORRAL, C. & E. ZURBANO, E. (eds.) *Propuestas metodológicas y de evaluación en la formación Inicial de los profesores desde el área de Didáctica de la Matemática*. Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. p. 4-8.
- [3] CAMARENA G.P. (1995). *La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería*. México: Actas del XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana.
- [4] CAMARENA G.P. (2010). La modelación matemática en la formación del ingeniero. Recuperado el 07/10/12 de: www.m2real.org/IMG/pdf_Patricia_Camarena_Gallardo-II.pdf
- [5] MORANO, D.; MICHELOUD, O. Y LOZECO, C. (2005). *Proyecto estratégico de reforma curricular de las ingenierías 2005 – 2007*. CONFEDI.
- [6] WEHZELBURGER, E. (1993). Nuevas tendencias en la Matemática y su enseñanza. *SUMA*, España, 13.
- [7] GUZMAN, M. (1995). El papel del matemático frente a los problemas de educación matemática. *Unión Matemática Argentina*. Buenos aires, Argentina, *Memorandum 21*.
- [8] GARCIA QUIROGA, B.; CORONADO, A. Y MONTEALEGRE QUINTANA, L. (2001) Formación y desarrollo de competencias matemáticas: una perspectiva teórica en la didáctica de las matemáticas. *Revista Educación y Pedagogía*, v. 23, n. 59.
- [9] GARCÍA , J. (2009). La calculadora científica y la obtención de la respuesta correcta. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, v.9, n.2, p.1-19.
- [10] ARTIGUE, M. (1998). La enseñanza de los principios del Cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos En: ARTIGUE, M.; DOUADY, R.; MORENO, L. Y GÓMEZ, P. (Eds.). *Ingeniería didáctica en la educación Matemática. Una empresa docente*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

- [11] CAMARENA, P. (2010). Aportaciones de investigación al aprendizaje y enseñanza de la matemática en ingeniería. Recuperado el 07/04/12 de: www.ai.org.mx/eventos/coloquios/ingreso/10/camarena.html
- [12] MILEVICICH, L (2012). *Enseñanza y aprendizaje del Cálculo Integral. Una propuesta para cursos iniciales en la universidad*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española. 208 páginas.
- [13] GUZMÁN, M. (1992). Tendències innovadores en educació matemàtica. *Butlletí de la Societat Catalana de Matemàtiques*, Barcelona, v.1, n.7, p. 7–33.
- [14] KLINE, M. (1992). *El pensamiento matemático de la Antigüedad nuestros días*. Madrid, España: Alianza Universidad.
- [15] MERRILL, M.D. (1991). Constructivism and instructional design. *Educational Technology*, *Educational Technology*, v.31, n. 5, p. 45-53.
- [16] VIRGILIO, A.; GONZALEZ, G. y GUERRERO, C. (2001). Fractales: fundamentos y aplicaciones. Parte I: concepción geométrica en la ciencia e ingeniería. *Ingenierías*. v.4,n.10.
- [17] PÉREZ ORTIZ, J.A. (1998) *Codificación fractal de imágenes*. Stanford, California. USA: Creative Commons.
- [18] MEJÍA LAVERDE, J. E. (1990). Sobre la formación matemática en las carreras de ingeniería. *Cuarto Seminario de Educación tecnológica y Técnica*. Mayo de 1990. Bogotá, Colombia.
- [19] KOLMOGOROV, A.; FOMIN, S.V. (1999). *Elements of the theory of functions and Functional Analysis*. Dover books on Mathematics.



III CAD I
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EL INGENIERO COMO PROFESOR. NOTAS PARA PENSAR LA FORMACIÓN DOCENTE EN EL CONTEXTO INGENIERIL

Lucia Mabel Ghilardi, Facultad de Ingeniería UNSJ, luciaghilardi@gmail.com

Ana María Graffigna, Facultad de Ingeniería UNSJ, amgrafigna@unsj.edu.ar

Resumen— Las renovadas demandas del mercado laboral junto con las exigencias surgidas de los procedimientos de acreditación de las carreras de grado ubican a los profesionales que se desempeñan como profesores universitarios en la difícil encrucijada de actualizarse en su perfil docente sin descuidar su saber disciplinar. Por otro lado, la selección de profesionales para integrar el equipo docente universitario no suele considerar las competencias docentes como criterio a tener en cuenta, si bien se evidencian diferentes programas y propuestas dirigidos a atender a esta demanda.

Es sabido que el manejo de, exclusivamente, conocimientos disciplinares por parte del docente, no redundan en garantía de aprendizaje en los estudiantes. Muchas veces las tareas de enseñanza se realizan de manera intuitiva por medio de la repetición de algún modelo de docente recuperado de la evocación de la experiencia personal como estudiante o procurando evitar en la actividad de enseñanza aquellas experiencias que se significaron como negativas en la historia de los propios aprendizajes.

La formación de ingenieros no está exenta de esta problemática, por lo que la presente propuesta pretende analizar las características de la formación docente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.

Palabras clave— *formación docente, ingeniería, enseñanza.*

1. El docente universitario como facilitador del encuentro entre el estudiante y el conocimiento

Al decir de Salinas [1] “la cultura universitaria promueve la producción, la investigación, en detrimento muchas veces de la docencia y de los procesos de innovación en ese ámbito”

Cuando el profesor es un profesional en una disciplina específica y carece de formación docente suele enseñar reactivamente a sus propias experiencias formativas, es decir busca parecerse o diferenciarse de sus profesores, busca reproducir o cambiar la formación en función de la propia experiencia. Esto es un hecho largamente criticado desde la pedagogía, pero que es necesario resignificar, porque constituye el punto de partida de la mayoría de las prácticas de enseñanza en la universidad. Los profesores universitarios no estudian para ser docentes, ingresan en la docencia como una actividad secundaria de su formación profesional, o bien se integran a la docencia sin haberla elegido como primera opción.

Es probable que esa enseñanza reactiva sea un interesante punto de partida, pero para imaginar nuevas posibilidades es necesario integrar otros aportes teóricos, por ejemplo la

cuestión epistemológica está escasamente analizada al interior de los planes de estudio y de las cátedras. Interrogantes como ¿dónde está el conocimiento?, ¿cómo es posible acceder al él?, ¿es posible transmitir el conocimiento? y ¿qué tipo de conocimiento es susceptible de ser transmitido? son algunos de los cuestionamientos que abren el debate sobre la cuestión epistemológica en la enseñanza de la Ingeniería.

El docente universitario se identifica con su profesión, su título y su prestigio como tal no proviene del saber pedagógico, sino del campo disciplinar determinado por el área en la que se gradúa [2]. No obstante, enseñar en la universidad supone, además de conocer el campo disciplinar, la habilidad de analizar los propios procesos de enseñanza, cuestionarse la elección de estrategias didácticas o recursos de evaluación, retroalimentando la docencia universitaria por medio de la reflexión sobre la propia práctica.

El rol que el docente ocupa dentro de la universidad es fundamental, por cuanto es pieza clave para que la institución cumpla con sus compromisos académicos y de investigación. Se hace necesario, entonces que el docente, no solo sea un transmisor de conocimientos, sino también enseñe en contacto con la demanda de la sociedad a la disciplina, “de ahí la necesidad de que en la universidad se enseñe a los profesores a educar para que los alumnos aprendan a aprender” [3].

Por lo general, la concepción de enseñanza y de conocimiento es mucho más limitada en quienes sólo son expertos en el saber disciplinar, centran su acción pedagógica en transmitir un conocimiento que es estático e indiscutible, pero ¿cómo es posible promover la investigación y el ingenio desde estas perspectivas? Al respecto Phillippe Perrenoud [4] afirma:

“La formación de profesores debería, a su manera, orientarse hacia un aprendizaje a través de problemas, enfrentar a los estudiantes a la experiencia de la clase y trabajar a partir de sus observaciones, de su asombro, de sus éxitos y de sus fracasos, de sus temores y de sus alegrías, de sus dificultades para manejar tanto los procesos de aprendizaje como las dinámicas de grupos o los comportamientos de determinados alumnos”.

2. El ingeniero como profesor

En los últimos veinte años, las universidades han tenido que producir cambios en sus estructuras y procedimientos, motivadas por las transformaciones en términos de política educativa, que las ha desafiado a autoevaluarse permanentemente y a acreditar sus carreras arrastradas, lo que ha supuesto revisarse al interior de sus planes de estudio y de sus claustros docentes. La globalización también ha impactado en la educación superior, motivando en las universidades la necesidad de asociarse en consorcios con instituciones pares de otros países y conformar redes de cooperación académica con empresas y organismos gubernamentales. Tal situación lleva a revisar, consecuentemente la figura del docente en las aulas universitarias y a trazar líneas de acción para promover su actualización disciplinar y su desarrollo y perfeccionamiento docente.

La formación docente en las carreras de las ciencias duras muchas veces es descalificada, por cuanto los profesionales enseñan en la universidad lo que aprendieron en el transcurso de sus carreras, con docentes que no tenían formación pedagógica [5]. No obstante, los profesionales ingenieros que se desempeñan como profesores, descubren, al comenzar el desarrollo de sus clases, que en la docencia intervienen múltiples factores por ellos desconocidos. Este descubrimiento es el indicador de mayor relevancia proponer instancias de preparación como educadores.

Las disciplinas que integran el conocimiento de las diferentes especialidades en la ingeniería revisten características específicas que hacen que, en algunos casos, se hable de didácticas especiales. generalmente estas disciplinas son abordadas por docentes especialmente formados en esas disciplinas, tal es el caso de muchas actividades curriculares que integran el ciclo básico (Física, Química, Álgebra, entre otras) “en educación no se mide lo suficiente la distancia astronómica entre lo que se prescribe y aquello que es posible hacer en las condiciones efectivas del trabajo docente” [6].

3. Los desafíos del profesor de ingeniería

El ingreso a la vida universitaria exige diversos cambios y adecuaciones, las que están relacionadas con el nuevo ambiente estudiantil, nuevos requerimientos intelectuales, otras oportunidades de socialización y nuevos retos personales y académicos.

Al momento de ingresar en la universidad confluyen en el estudiante aspectos tanto sociales como personales, en el plano de lo vocacional, lo motivacional y lo intelectual. Tanto las propuestas de desarrollo de las asignaturas como las estrategias evaluación planteadas difieren considerablemente de las que se abordan en el nivel secundario, redundando esto en situaciones altamente estresantes y que promueven altos índices de deserción en los primeros meses de carrera universitaria. No obstante, esta situación suele extenderse a lo largo de todo el ciclo básico, donde son muchos los desencuentros entre las competencias de estudio que traen como propias los estudiantes y los criterios de promoción y permanencia propuestos por los planes de estudio en general y las asignaturas en particular.

Esto supone la necesidad de contar, en los años iniciales de la carrera, con un equipo de docentes capaces de reconocer las diferencias individuales de los estudiantes no sólo en su formación previa al ingreso, sino también en la manera de acceder al conocimiento en términos de intereses y estilos y pueda, por ello, crear ámbitos que faciliten la apropiación del conocimiento, incentivando vínculos cooperativos y la aceptación de la diversidad, el pluralismo y las diferencias. [7]

En los años superiores, los docentes establecen un vínculo cercano con los estudiantes por medio de la transferencia de sus experiencias profesionales o participando activamente en la elaboración de actividades. Los estudiantes van incorporando las características del “ser ingeniero” por medio de actividades compartidas con los docentes, en donde se transfieren más que conocimientos sino también valores profesionales, puntos de vista en relación a las políticas universitarias y a la práctica profesional. [8]

Los estudiantes comienzan a insertarse en el mundo laboral, generalmente en trabajos con alta carga horaria, situación que atenta contra su condición de estudiante, agregando otro factor determinante a la posibilidad de deserción. Esta situación genera dificultades para cumplimentar con los requisitos académicos de cursado y evaluación propuestos por las carreras. La poca flexibilidad en los horarios de trabajo, y la falta de interés de formar profesionales dentro del campo laboral son otros dos factores que amenazan al estudiante de los ciclos superiores.

En los estudiantes, sobre todo los avanzados será necesario proponer el desarrollo de competencias que propicien la intervención profesional mediante la propuesta de soluciones alternativas a los problemas surgidos desde cada una de las disciplinas, campos y especialidades, combinando para su solución las reglas de la racionalidad técnica y formas de operar que suponen la resolución de conflictos [9].

4. Hacia un programa de desarrollo profesional docente

La profesionalización de la docencia tiene como objetivo hacer de la docencia una actividad profesional, una profesión, una carrera; de tal forma que el ingeniero, el médico, el contador, el agrónomo, el arquitecto, independientemente de su formación inicial, puedan hacer de la docencia una actividad profesional [10]. Cabe acá preguntarse si los ingenieros que se desempeñan como profesores consideran a la docencia universitaria como una profesión o, por lo menos, si estiman como necesaria la formación pedagógica[11].

La formación docente universitaria deberá proponer la consideración del conocimiento científico, no como un “saber cerrado o un conjunto de reglas técnicas, sino como un modo inacabado y construido de abordar la comprensión de la realidad”[12]. Entonces, el desafío inicial a la hora de comenzar un programa de desarrollo profesional docente, especialmente en aquellos profesionales vinculados con la Ingeniería, es crear conciencia en relación a que la formación docente va mucho más allá que el dominio de algunas estrategias de enseñanza. La demanda de quienes manifiestan interés en acceder a un plan de formación docente, pasa por el reclamo de “técnicas”, la mayoría de ellas vinculadas a cómo transmitir conocimiento y, en menor porcentaje, a recursos para evaluar a los alumnos. Esto lleva a plantear en primer lugar una reconsideración de la docencia como una profesión que “se caracteriza por la adquisición y aplicación de un conocimiento específico que se va convirtiendo en un compromiso permanente en su actualización y preparación para la vida de los estudiantes, generada por la reflexión en la acción, transformándose en un líder formal de grupo y utilizando la investigación como herramienta importante para el diagnóstico en el crecimiento de los grupos escolares, posee un gran sentido de pertenencia a su institución, a su enseñanza y a sus estudiantes” [13]

En el plano institucional y en el caso de algunos docentes, también se plantea la necesidad de contar con formación para el cuerpo de profesores, como parte de la política prevista para evitar la deserción de alumnos y asegurar la duración real de las carreras en relación directa con la duración formulada en los planes de estudios. Estos últimos requerimientos han tomado particular dimensión desde el momento en que son indicadores que forman parte de los criterios tanto de acreditación de las carreras como de evaluación institucional.

Las notas distintivas para la formación docente parten de la consideración de la enseñanza, a partir de lo propuesto por Vain [14], como parte del proceso de socialización de los nuevos alumnos, tanto para la apropiación del sentido de las prácticas institucionales como para asumir sus propios marcos referenciales y vincularlos con su rol de estudiante y su futura profesión. Supone, asimismo, más que la mera transmisión unidireccional de información, en tanto proceso comunicativo interactivo que pretende acercar el nivel experiencial y lingüístico del alumno con el nivel conceptual y lingüístico de la ciencia y que genera zonas de conocimiento que aproximen los saberes de los expertos a los novatos, incluyendo diferentes grados de experticia (profesores, auxiliares, adscriptos, alumnos avanzados, etc.) y el desarrollo de situaciones en las que se aprenda haciendo, tomando como base el conocimiento y la reflexión en la acción, donde expertos acompañen las prácticas como tutores (aprendizaje tutelado).

La puesta en marcha de una propuesta de profesionalización docente no puede organizarse sin hacer un relevamiento para recuperar y tener en cuenta aquellas iniciativas de enseñanza por parte de docentes en particular o de equipos de cátedra. Es a partir de la dedicación con las que se las ha elaborado y de las diferentes modificaciones que han ido haciéndose a las mismas a lo largo de la historia de la asignatura, que estas actividades han tomado especial significación en los docentes, por lo que deben ser el punto de partida para proponer mejoras en la formación de los actores intervinientes, capitalizando las iniciativas positivas y

reencaminando aquellas que merecen ser reformuladas a partir de los criterios didáctico-pedagógicos acordados.

5. Conclusiones y perspectivas

En concordancia con Perrenoud [15] es necesario “crear en cada sistema educativo un observatorio permanente de las prácticas y de los oficios del docente, cuya misión no sería pensar la formación de profesores sino dar una imagen realista y actual de los problemas que ellos resuelven en lo cotidiano, de los dilemas que enfrentan, de las decisiones que toman, de los gestos profesionales que ellos ejecutan” como punto de partida inicial para abordar la reflexión sobre la enseñanza de la Ingeniería.

También es necesario coordinar el desarrollo de planes de estudio con el mundo laboral, no sólo por medio de la transferencia y la extensión, sino también mediante la promoción de actividades que permitan integrar el mundo laboral como un posible ámbito de aprendizaje, potenciando el desarrollo académico de aquellos que, como estudiantes, se inserten en el mismo.

Para los docentes de los ciclos superiores sería importante desarrollar estrategias de evaluación que prescindan de la presencialidad como condición, promoviendo el desarrollo de competencias autónomas en la formación.

La formación docente puede plantearse, al interior de las universidades, a partir de la reflexión sobre la propia práctica. Esto es tomando en consideración que “la práctica docente del profesor universitario representa un contexto de aprendizaje, porque es un escenario del cual pueden surgir recursos de mediación que benefician la formación docente del profesor”[16]. Para los docentes en ejercicio, esta formación puede instalarse como un programa permanente que aborde la reflexión como un recurso de retroalimentación que no sólo enriquezca la propia práctica sino que permita al docente revisar y reformular su participación, tanto dentro de la asignatura en la que se desempeña, como también en la articulación de la misma con el resto del plan de estudios.

Al respecto debe considerarse que un proceso reflexivo que se instale con intenciones formativas ha de ser guiado de manera sistemática, específicamente en lo que hace a acordar posibles categorías de reflexión. Las instancias de este proceso deberían abordar estrategias metodológicas de enseñanza, recursos de evaluación, seguimiento de alumnos, articulación con el curriculum, aspectos disciplinares y aspectos epistemológicos.

6. Referencias

- [1] SALINAS, J. (2004). Cambios metodológicos con las TIC. Estrategias didácticas y entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. *Bordón*, 56(3-4), 469-481.
- [2] Cfr. LUCARELLI, E. (2004). Las innovaciones en la enseñanza, ¿Caminos posibles hacia la transformación de la enseñanza en la Universidad. Trabajo presentado en las Terceras Jornadas de Innovación Pedagógica en el Aula Universitaria., p.508.
- [3] CÁCERES, M., LARA, L., IGLESIAS, M., GARCÍA, R., & BRAVO, G. (2003). La formación pedagógica de los profesores universitarios. Una propuesta en el proceso de profesionalización del docente. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33(1).
- [4] PERRENOUD, P. (2001). La formación de los docentes en el siglo XXI. *Revista de Tecnología educativa*, 14(3), 503-523.

- [5] MOLER, E. (2006). Procesos de acreditación de las carreras de ingeniería:¿ Mejoramiento de la calidad o adaptación a las normativas. CONEAU Serie Estudios N°5.
- [6] PERRENOUD, P. (2001) Op.Cit.
- [7] VAIN, P. La evaluación de la docencia universitaria: un problema complejo. Reflexiones desde la perspectiva de la evaluación como práctica política. Revista investigaciones en educación, ISSN 07176147, Vol. 9, N°. 2, 2009, págs. 13-27
- [8] MOLER, E. (2006) Op.Cit.
- [9] VAIN, P. (2009) Op. Cit.
- [10] CÁCERES, M., et al. (2003) Op. Cit.
- [11] SOUTO, M. (1996). Formación de profesores universitarios: condiciones para la formulación de una carrera docente. Revista Iglú, 11.
- [12] VAIN, P. (2009) Op. Cit.
- [13] CÁCERES, M. et al. (2003) Op. Cit.
- [14] VAIN, P. (2009) Op. Cit.
- [15] PERRENOUD, P. (2001) Op.Cit.
- [16] HURTADO ESPINOZA, A. et al. “Práctica docente del profesor universitario: su contexto de aprendizaje” Revista Profesorado, ISSN 1989-639X (edición electrónica). Disponible en <http://www.ugr.es/~recfpro/rev192ART13.pdf>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN LA CARRERA DE BIOINGENIERÍA DE LA UNSJ

Raúl Romo, Fac. de Ingeniería, UNSJ, rromo@gateme.unsj.edu.ar

Ana María Echenique, Fac. de Ingeniería, UNSJ, amechenique@gateme.unsj.edu.ar

Adrián Gusberti, Fac. de Ingeniería, UNSJ, agusberti@gateme.unsj.edu.ar

Resumen— El presente trabajo describe los aspectos y resultados de una experiencia didáctica de laboratorio, en la asignatura “Instalaciones Hospitalarias” de la carrera de Bioingeniería, en la Universidad Nacional de San Juan. La misma, consiste en la verificación de desempeño y de seguridad eléctrica de electrobisturis, desfibriladores y respiradores basados en protocolos diseñados bajo normas IRAM4220 y 62353, con equipos de testeo pertenecientes al Gabinete de Tecnología Médica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan. La estrategia que se plantea en esta experiencia de laboratorio logra alcanzar satisfactoriamente uno de los objetivos de la asignatura, a la vez que permite a los estudiantes aplicar los conceptos adquiridos mejorando su comprensión y aprendizaje.

Palabras clave— *Laboratorio de Ensayos, Equipamiento Médico, Experiencia de Aprendizaje*

1. Introducción

Es una preocupación constante la búsqueda de la calidad y el mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje, para ello se diseñaron nuevas experiencias de laboratorio en algunas asignaturas de la carrera de Bioingeniería de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ). Una de ellas es Instalaciones Hospitalarias, la misma se cursa en el décimo semestre y está comprendida en el Bloque de las Tecnologías Aplicadas del actual Plan de Estudios. Está dirigida a los estudiantes de Bioingeniería, que van a estar involucrados en su futuro desempeño profesional con tareas de diseño, desarrollo y mantenimiento de equipamiento biomédico, y en consecuencia deben contar con una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos, tal como se describen en los siguientes objetivos:

- Conocer las características generales, estructuras y partes de un sistema hospitalario.
- Comprender la inserción y utilidad de cada especialista en una unidad hospitalaria.
- Manejar la organización de la gestión hospitalaria.
- Conocer las instalaciones de suministro eléctrico, neumático, hidráulico y de climatización de un hospital.
- Conocer los centros de esterilización y de tratamiento de residuos patológicos de la unidad.
- Manejar reglamentaciones, normas de seguridad eléctrica y desempeño de equipamiento médico.

- Optimizar los recursos para la organización de un departamento de ingeniería clínica insertado en la unidad hospitalaria.
- Acceder a la bibliografía especializada para actualizar o profundizar sobre algún tema del contenido o conocer y comprender temas vinculados.

Con el propósito de que los alumnos se familiaricen con el equipamiento médico hospitalario y puedan realizar la verificación de los mismos en cuanto a su desempeño y al cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica, es necesario contar con el instrumental de testeo para tal fin. En este sentido, el Gabinete de Tecnología Médica (GATEME) de la UNSJ, como parte del plan de equipamiento del Laboratorio de Ensayo de Equipamiento Médico, cuenta con distintos equipos de evaluación de seguridad y desempeño de equipos médicos. Entre ellos, un Analizador de Seguridad Eléctrica FLUKE ESA-620, un Analizador de Respiradores FLUKE VT Plus HF, un Analizador de Desfibrilador Fluke Impulse 6000D, y un Analizador de Electrobisturí FLUKE RF 303. En base a este equipamiento, un grupo de docentes-investigadores del GATEME desarrollaron protocolos de ensayos basados en las normas IRAM [1], [2], [3], [4], [5] y equipamiento de testeo [6], [7], [8] y [9].

El Protocolo desarrollado [10], ha sido ensayado con una amplia variedad de equipos, y cuenta además con una interfaz informática que facilita el procesamiento de la información recabada a la hora de la elaboración del informe final de los equipos a evaluar. Cabe mencionar que en base a estos protocolos elaborados, el GATEME presta servicios en los principales centros de salud públicos y privados de la provincia.

2. Materiales y Métodos

Para realizar la experiencia de laboratorio, se cuenta con los materiales que se mencionan a continuación, junto a su documentación técnica:

- Analizador de Seguridad Eléctrica.
- Analizador de Respiradores.
- Analizador de Electrobisturís.
- Analizador de Desfibriladores.
- Normas IRAM
- Protocolos de Seguridad Eléctrica y Desempeño de Electrobisturís, Respiradores y Desfibriladores.
- Electrobisturí CEC URO 400.
- Respirador NeumoventGraph.
- Desfibrilador E&M.

Cabe mencionar que el equipamiento médico a ensayar, provienen de los centros de salud donde el Laboratorio presta sus servicios, para ensayos periódicos (recurrentes). Sin embargo estos equipos después de la práctica con los estudiantes, vuelven a los centros de salud de origen, una vez que el personal del Laboratorio ha realizado todas las verificaciones e informes correspondientes.

La experiencia de laboratorio se realiza en forma grupal, con dos alumnos por grupo, y con el docente a cargo de la práctica; y contiene las siguientes partes:

- Pre- Laboratorio
- Laboratorio
- Pos- Laboratorio

En el Pre- Laboratorio, el alumno debe realizar una revisión de los conceptos preliminares, dados en clase, referidos a la normativa vigente de seguridad eléctrica y desempeño de equipamiento médico y los conceptos básicos de funcionamiento de electrobisturis, respiradores y desfibriladores, estudiados estos últimos en la asignatura correlativa “Bioinstrumentación II”. También debe acceder a los Manuales de Usuario de los equipos a evaluar [11], [12], [13] y de los Equipos de Testeo.

Deberá también conocer el Sistema de Protocolos de ensayos, a través de Guía de Usuario.

También se les hace conocer a los alumnos el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) implementado en el Laboratorio para que ellos cumplan todos los pasos estipulados en el mismo para desarrollar la práctica.

En el Laboratorio, los alumnos realizan diversos ensayos, dependiendo del equipo a evaluar. Ejecutan los Protocolos, y realizan la toma de datos de acuerdo a las Planillas correspondientes. A modo de ejemplo, se muestran en las Fig. 1, 2, 3 y 4 algunas de las planillas a completar, dependiendo del ensayo a realizar. Cabe mencionar que estos ensayos realizados por los estudiantes, son sólo una parte de los protocolos completos.

Cada uno de estos ensayos, consiste en:

- Inspección Visual del equipo a ensayar.
- Análisis de Seguridad Eléctrica
 - ✓ Ensayo de Tensión de Red
 - ✓ Ensayo de Resistencia de tierra de protección.
 - ✓ Ensayos de las distintas corrientes de fugas en función de la clasificación del equipo.
 - ✓ Ensayo de Tensión Resistida.
 - ✓ Ensayo de Consumo de Corriente.
- Análisis de Funcionalidad (Electrobisturí)
 - ✓ Ensayos de Corriente de Fuga de Alta Frecuencia en función de la clasificación del equipo.
 - ✓ Ensayos de Salida del Generador de acuerdo a las curvas de salida disponibles en la documentación acompañante.
 - ✓ Ensayos de Rutina Adicionales, tales como la evaluación de indicadores luminosos, alarmas sonoras, etc.
- Análisis de Funcionalidad (Respiradores)
 - ✓ Flujo Inspiratorio Pico (PIF).
 - ✓ Frecuencia Respiratoria (FR).
 - ✓ Presión Inspiratoria Pico (PIP).
 - ✓ Presión Positiva de Fin de Espiración (PEEP)
 - ✓ Volumen Tidal (VT).
 - ✓ Fracción Inspirada de Oxígeno (FiO₂).
 - ✓ Tiempo Inspiratorio (TI).
 - ✓ Relación Inspiración/Espiración (I/E).
- Análisis de Funcionalidad (Desfibriladores)
 - ✓ Energía de Salida.
 - ✓ Sincronismo.
 - ✓ Tiempo de Carga.
 - ✓ Repetitividad.
 - ✓ Estado de Batería.
 - ✓ Parámetros del monitor numeradas.

Parámetros	Resultado	Observaciones
Chasis	B	
Montajes y Apoyos	N/A	
Carro de Transporte	N/A	
Ficha de Red y Base de Conector	B	
Cable de Red	B	
Amarres contra tirones	N/A	
Interruptores y fusibles	N/A	
Cables	B	
Terminales o Conectores	B	
Filtros de Aire	N/A	
Electrodo Placa Paciente	B	
Continuidad Placa Paciente	B	
Controles y Teclas	B	
Indicadores y Displays	B	
Señales Audibles	B	
Funcionamiento	B	
Modo Batería	N/A	
Etiquetado	B	
Cable pedal	B	
Pedal	B	
Referencias: B: Bueno / R: Regular / I: Insuficiente / N/A: No Aplica. El rango de aceptación se encuentra en el Instructivo IN10 inciso 5.1.2)		

Figura 1. Plantilla de inspección visual

5.6.1) PRUEBA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA (R de carga de 50 Ω)				
Energía Demandada en Desfibrilador (Joules)	Energía Entregada o Medida (J)	Rango o Tolerancia (4 J ó 15% - el mayor)	Intensidad (A)	Tensión (V)
2	2,5	0 - 6	4,7	233
3	3,6	0 - 7	5,6	280
5	6,1	1 - 9	7,2	362
7	7,8	3 - 11	8,2	411
10	11,1	6 - 14	9,8	488
20	22,2	16 - 24	13,7	686
50	50,4	42 - 58	19,9	994
100	102,2	85 - 115	29,1	1451
200	201,0	170 - 230	41,1	2053
300	303,4	255 - 345	50,5	2524
360 (máx.)	362,3	306 - 414	55,2	2758
Observación:				

Figura 2. Plantilla de Informe de energía entregada por un desfibrilador

MONOPOLAR															
VALORES MEDIDOS (W)		CARGAS (Ω)													
		700 Ω	650 Ω	600 Ω	550 Ω	500 Ω	450 Ω	400 Ω	350 Ω	300 Ω	250 Ω	200 Ω	150 Ω	100 Ω	50 Ω
Corte Puro	400	342	332	419,8	434,7	545,8	447,2	529,2	562,2	515,9	428,3	430,3	363,6	308,2	300,7
	200	194,7	196,7	219,4	228,6	245,2	261,2	288,8	303,4	326,2	365,1	402,7	358,3	308,9	206,9
Coagulación	160	73,4	75,3	77,7	79,6	82	196,6	210,8	218	175,5	156,2	117,2	93,2	61,8	26,6
	100	72,1	73,5	76,3	79,6	80,9	79,9	145,9	134,3	118,7	105	83,2	60	39,1	17,4

MONOPOLAR															
VALORES DE FABRICA (W)		CARGAS (Ω)													
		700 Ω	650 Ω	600 Ω	550 Ω	500 Ω	450 Ω	400 Ω	350 Ω	300 Ω	250 Ω	200 Ω	150 Ω	100 Ω	50 Ω
Corte Puro	400	370	385	400	410	430	340	310	300	260	225	180	157	134	110
	200	200	205	210	240	250	280	290	270	260	225	180	157	134	110
Coagulación	160	76	78	80	85	75	190	175	168	137	115	80	70	60	50
	100	76	78	80	85	75	125	120	100	87	75	50	45	35	25

MONOPOLAR															
RESULTADOS EN % DE ERROR		CARGAS (Ω)													
		700 Ω	650 Ω	600 Ω	550 Ω	500 Ω	450 Ω	400 Ω	350 Ω	300 Ω	250 Ω	200 Ω	150 Ω	100 Ω	50 Ω
Corte Puro	400	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	26,9%	31,5%	70,7%	87,4%	98,4%	90,4%	139,1%	131,6%	130,0%	173,36%
	200	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	25,5%	62,3%	123,7%	128,2%	130,5%	88,1%
Coagulación	160	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	20,5%	29,8%	28,1%	35,8%	46,5%	33,1%	Conf.	-46,8%
	100	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	Conf.	-36,1%	21,6%	34,3%	36,4%	40,0%	66,4%	33,3%	Conf.	-30,4%

Figura 3. Plantilla de Informe de potencia entregada por un electrobisturí

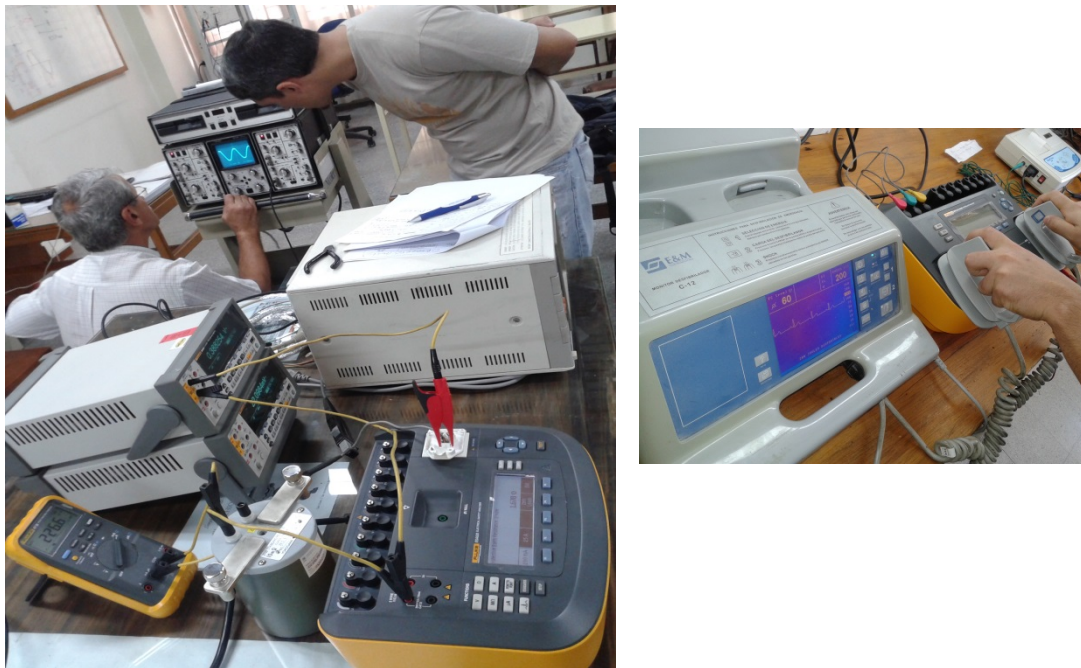


Figura 4. Ensayos

Finalmente los alumnos en el **Pos- laboratorio**, elaboran un informe de la experiencia con sus conclusiones. Estos informes solo son documentación para uso interno en la cátedra.

3. Resultados

Los resultados de esta experiencia didáctica, se pueden valorar cualitativamente de manera satisfactoria considerando que se logró cumplir con algunos de los objetivos de la asignatura, “Instalaciones Hospitalarias”, en lo que respecta a:

- Familiarizarse con equipos médicos, en el ambiente educativo con el asesoramiento del personal docente.
- Mejorar la articulación de contenidos, tanto de manera horizontal como vertical en la currícula de la carrera.
- Facilitar la comprensión de la aplicación práctica de la normativa vigente de seguridad eléctrica y desempeño de equipamiento médico, en el Laboratorio de Ensayos.
- Incentivar la búsqueda de soluciones a partir de los recursos disponibles, como aprendizaje para su futuro desempeño profesional.
- Concientizar sobre la importancia del cumplimiento de la normativa, a fin de reducir los factores de riesgos.
- Conocer los procedimientos que se llevan a cabo en un laboratorio que posee un Sistema de Gestión de Calidad.

Estos indicadores son altamente valorados por los estudiantes al comprender que están realizando ensayos con equipamientos que difícilmente puedan tener acceso a ellos, en la condición de estudiantes; salvo el caso en que pudieran a través de la Práctica Profesional Supervisada realizar este tipo de experiencias en algún Centro de Salud. Esta valoración que realizan los estudiantes es recabada a través de encuestas anónimas vía web, que se realizan en forma sistemática, al finalizar el semestre.

Esta experiencia didáctica es posible dado que el GATEME cuenta con un Laboratorio de Ensayos, con equipos de verificación de equipamiento médico accesible a los estudiantes.

4. Conclusiones y recomendaciones

Esta experiencia de aprendizaje permite a los alumnos realizar la verificación de equipamiento médico tal como electrobisturís, respiradores y desfibriladores, en cuanto a su desempeño y al cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica, siguiendo la estructura del SGC del Laboratorio. A la vez que posibilita al estudiante, familiarizarse con el equipamiento biomédico y comprender la aplicación de la normativa, mejorando su aprendizaje.

Además le permite al estudiante enfrentarse a situaciones reales de la problemática que presenta la gestión de la tecnología médica en los centros de salud de la provincia.

Es una experiencia fundamental, que en un futuro muy cercano podrán aplicar en sus actividades profesionales dentro de alguna institución hospitalaria. Porque de ellos va a depender el uso seguro y eficiente de la tecnología médica a su cargo.

Por otra parte, se comienza a formar a los estudiantes en la producción de informes técnicos basados en la recopilación de datos obtenidos en el laboratorio y en el análisis de la normativa vigente referida a la temática. Por sugerencias recibidas, siempre y cuando el tiempo asignado a la asignatura lo permita, se pretende que en las próximas actividades prácticas a desarrollar, los grupos de alumnos puedan compartir las conclusiones obtenidas después de haber ensayado algún equipamiento médico en particular. Esto va a enriquecer la actividad grupal, la forma de presentar sus trabajos y la capacidad de asimilar e interpretar las críticas realizadas por sus pares.

5. Referencias

- [1] IRAM 62353. (2013). *Equipos electromédicos. Ensayos recurrentes y ensayos después de reparación del equipo electromédico*

- [2] IRAM 4220 – 1 (2002). *Aparatos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales de seguridad.*
- [3] IRAM 4220 – 2 – 2. (1994). *Aparatos para electromedicina. Aparatos de Alta Frecuencia de Uso Quirúrgico. Requisitos particulares de seguridad*
- [4] NORMA IRAM 4220-Parte II-4 *Desfibriladores Cardíacos y Monitores Desfibriladores Cardíacos.*
- [5] NORMA IRAM 4220-2-12 *Requisitos Particulares para la Seguridad de Ventiladores Pulmonares para Uso Médico.*
- [6] RF303 Electrosurgical Analyzer.Operators (2007) *Manual. FlukeBiomedical.*
- [7] ESA620 Electrical Safety Analyze. (2008). *Manual de Funcionamiento Básico – Fluke*
- [8] FLUKE DESFIB. Impulse 6000D. *Manual de Funcionamiento Básico.*
- [9] FLUKE RESP VT Plus HF. *Manual de Funcionamiento Básico.*
- [10] ROMO, R; GUSBERTI, A; COSTA, G; TRIPOLE, A; IBIZA, M. (2014). *Desarrollo de Protocolos Informatizados para Verificación de Seguridad y Desempeño de Respiradores y Electrobisturis.* VI Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica CLAIB 2014. ISBN 978-950-698-343-7.
- [11] ELECTROBISTURÍ CEC URO 400. CEC. *Manual de Usuario.*
- [12] RESPIRADOR NEUMOVENTGRAPH. *Manual de Usuario.*
- [13] DESFIBRILADOR E&M. *Manual de Usuario.*



LOS BUENOS PROFESORES DE INGENIERÍA DE ACUERDO A LAS REPRESENTACIONES DE LOS ESTUDIANTES

Rocio Mariel, Obez, Facultad de Humanidades-UNNE, rocio.obez@gmail.com

Milena, Balbi, Facultad de Ingeniería-UNNE, milenabalbi@gmail.com

Resumen— La configuración de las representaciones sociales de los sujetos, se definen a partir de sus experiencias, sus creencias y de sus conocimientos. Considerar cuáles son las cualidades, competencias y condiciones que definen las buenas prácticas de enseñanza en la Facultad de Ingeniería, resulta interesante, en la medida en que son los educandos los principales afectados por las prácticas que ejercen los docentes. Estas prácticas se definen como buenas o malas, en función de la experiencia de los estudiantes durante el trayecto de formación académica.

En la Facultad de Ingeniería se han realizado encuestas a estudiantes que cursan el primer año de su carrera, en el marco del proyecto de investigación “Conocimiento profesional docente y buenas prácticas en la universidad”. El mismo destaca como uno de sus objetivos: Identificar, describir, analizar y caracterizar “buenas prácticas de enseñanza” de “buenos profesores” en diversas carreras de la UNNE. A raíz de esta primera etapa de investigación se han detectado cualidades de las “buenas enseñanzas” y de “los buenos profesores”. Así mismo se ha realizado un segundo relevamiento con estudiantes avanzados, lo que nos ha permitido corroborar dichas interpretaciones iniciales.

También se identifican aspectos importantes de las prácticas de enseñanza y aprendizaje a través de las prácticas evaluativas, que será un punto que se abordará para dar cuenta de aspectos didácticos y pedagógicos concretos.

clave— *buen profesor, características, buena enseñanza, representaciones sociales.*

1. Introducción

Este trabajo resulta de la primera etapa de indagación (exploración) realizada en el marco de dos Proyectos de Investigación, en actual desarrollo; el primero denominado: “Conocimiento profesional docente y buenas prácticas en la universidad” y el segundo: “La evaluación didáctica en profesores universitarios expertos de la UNNE”. Ambos se definen bajo una lógica común: generar conocimiento científico sobre las buenas prácticas de enseñanza de los profesores expertos universitarios.

De esa meta común y de los primeros datos recogidos a través de encuestas a estudiantes de la Facultad de Ingeniería resulta investigar sobre aquellas características que identifican los “educandos” (aquel que está en proceso de educarse) sobre los profesores que desarrollan buenas prácticas de enseñanza.

El fin de las encuestas realizadas era indagar sobre las buenas prácticas de enseñanza, como bien se reconocerán en las preguntas realizadas, pero los estudiantes han expresado

características y/o competencias propias de los profesores que ejercen dichas prácticas y que de cierta manera definen el perfil de “buen profesor”.

Se define como “buenos” a los profesores y no como experimentados y/o expertos, a aquellos profesores que han logrado a través de sus prácticas de enseñanza estimular y/o motivar, las prácticas de aprendizaje de los estudiantes y sus procesos de comprensión, en detrimento de aquellos que tienen experiencia en su campo disciplinar pero que no logran impactar. Algunos autores como: Ferry, G. (1997); Anijovich, R. (2009); entre otros, destacan que los medios “dispositivos” (estrategias, herramientas didáctico-pedagógicas, ejemplos, etc.) que se ponen a disposición de los educandos para que estos decidan el camino de su formación-educación, diferencian a aquellos que saben educar “conducir”, de los que solo transmiten-enseñan. Esta diferencia tácita entre ambos términos se adopta, para ejemplificar la diferencia entre el “buen profesor” (B.P.) del que no lo es; más adelante se profundizará sobre las características que describen al B.P.

Esta comunicación da cuenta de los primeros resultados obtenidos de las encuestas realizadas a estudiantes de distintos años de las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, que nos ha permitido reconocer, en las representaciones sociales de los estudiantes, algunas de las características que poseen los docentes que desarrollan buenas prácticas de enseñanza. Esto nos permite definir el perfil del buen docente, a partir de lo que expresan los educandos.

2. Materiales y Métodos

El objeto de estudio de este trabajo es acorde al del proyecto de investigación “Conocimiento profesional docente y buenas prácticas en la universidad”; el cual se encuadra en el ámbito de la Didáctica General y de la Didáctica de Nivel Superior. Se indaga en el conocimiento práctico-personal de los profesores en tanto constituye el conocimiento propio y particular de la profesión docente, y, a la vez que se visibilizan las buenas prácticas de enseñanza de estos buenos profesores, para analizarlas en profundidad.

Cabe aclarar que al referirnos a las buenas prácticas de enseñanza, indirectamente también se hace alusión a las buenas prácticas de evaluación, ya que en esta oportunidad no se hará diferencia entre ambas dado que, tanto las prácticas de enseñanza como las prácticas de evaluación forman parte de la Práctica docente de los B.P.

Se plantea la investigación desde el paradigma interpretativo-constructivista. Metodológicamente se opta por el enfoque cualitativo, ya que se pretende avanzar en la comprensión del conocimiento que construyen los profesores universitarios desde su práctica docente en las cátedras o asignaturas.

Por lo expuesto se va a intentar comprender las singularidades del docente como sujeto desde la mirada de los estudiantes, las vivencias y los procesos didácticos, caracterizando el conocimiento profesional sobre la enseñanza y el aprendizaje y la evaluación. Así la identidad del buen docente se va constituyendo entre lo individual y lo institucional.

En esta primer etapa de exploración, se ha implementado como instrumento de recolección de datos: encuestas semi-estructuradas, a una muestra de 185 estudiantes, de distintos años

y de diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, sede Resistencia; con el fin de abarcar un amplio espectro de posibilidades en cuanto a las experiencias que han tenido desde aquellos que han ingresado recientemente como también sustentar estas primeras interpretaciones con la experiencias de educandos avanzados en su formación profesional.

Las encuestas semi-estructuras, son fundamentales para obtener información sobre determinado fenómeno social, en cuanto a cuestiones de orden cualitativo, especialmente en estudios referentes a las ciencias sociales. Esta herramienta es de carácter abierto, es decir, que se utilizan preguntas orientadoras que permiten mantener una lógica común de respuestas, a una población determinada. En las encuestas se han presentado 7 ítems, en el apartado 3.1, del artículo se especifican las preguntas y las respuestas que han tenido mayor frecuencia.

En efecto, asumida la perspectiva socio-crítica, la investigación educativa se desarrollará según “una metodología que integró constructivamente la explicitación teórica y la corroboración práctica... las técnicas cuantitativas, las hermenéuticas... espiral de fases de descubrimiento e interpretación de hechos, planificación, implementación y evaluación permanente, dando lugar al desarrollo de procesos que, a su vez, deben ser científicamente controlados”. [1]

3. Resultados y Discusión

Las **representaciones sociales** se entienden como aquel cúmulo de imágenes, ideas y creencias que tienen los sujetos, estas se “constituyen a partir de elementos subjetivos, construidos a lo largo del tiempo, puede definirse como imagen-mental, que se refina en la interacción del lenguaje –escrito, hablado, gestual” [2]

Adriana Oliveira expresa que las representaciones sociales “constituyen una creencia –o es elemento de creencia- y es del significado que adquiere sentido a partir de la interacción de nuevos estímulos relacionados con una cosa, evento, acción o proceso”. [3]

Al referirnos a las representaciones que los estudiantes tienen sobre las características de los buenos profesores, buscamos descifrar cuál es el perfil que definen a partir de sus experiencias de vida, de formación académica, desde su subjetividad. Este perfil nos permite reconocer cuáles son los rasgos que ellos destacan como los referentes para su propia formación y que desde sus esquemas inconscientes les permite estimular y motivar sus prácticas de aprendizaje.

Las representaciones que los estudiantes manifiestan en su discurso, sobre las características de los BP deben ser entendidas en función del momento y del lugar de donde se conciben, desde el imaginario de una comunidad determinada. Estas imágenes sufrieron transformaciones en función de su experiencia. Se han podido identificar criterios comunes en la muestra realizada que se identifican claramente en las tablas del apartado “Resultados de las encuestas”, han sido identificado características comunes en cuanto a las competencias profesionales y en cuanto a las características personales-interpersonales que estos poseen o que los estudiantes rescatan como significativas de los “buenos docentes” (ejemplos). En esta presentación no se harán diferencias tajantes entre los términos “buen profesor” (BP) y “buen docente”, ya que no resulta un tema para abordar en esta

oportunidad, pero será un tema de reflexión para próximas discusiones. Por lo que se los reconocerán como sinónimos.

Se clasificarán las características bajo dos criterios, el primero sobre aquellas cualidades/competencias propias del sujeto que ha adquirido con el tiempo desde un saber práctico y teórico (académico), propio del trayecto disciplinar, en cuanto a que constituye aquellas características propias de su profesión; y la segunda hace referencia a las características personales e interpersonales del sujeto, que son inherentes a su naturaleza (psico-biológica) que le permite interactuar en el medio socio-cultural.

Competencias Profesionales:

La Experiencia es algo que rescatan como característica del docente que tiene “buenas prácticas de enseñanza”, el término experiencia tiene una raíz griega “la raíz griega peira (de donde proviene “em-pírico”), que pasa al latín peritus (experitus y expertus, “experimentado”), se entronca con una raíz indoeuropea que significa “que va adelante” (como en “peligro”...)” [4] Se reconoce una en la acepción, la dinámica de la práctica misma, el sentido de arriesgarse, en cuanto a la posibilidad de cambio, la exteriorización del espíritu, en cuanto a manifestación del deseo.

La “Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales.

La Práctica de la Ingeniería comprende el estudio de factibilidad técnico económica, investigación, desarrollo e innovación, diseño, proyecto, modelación, construcción, pruebas, optimización, evaluación, gerenciamiento, dirección y operación de todo tipo de componentes, equipos, máquinas, instalaciones, edificios, obras civiles, sistemas y procesos. Las cuestiones relativas a la seguridad y la preservación del medio ambiente, constituyen aspectos fundamentales que la práctica de la ingeniería debe observar.” [5]

Ante este perfil profesional, los profesores universitarios que no deben más que desplegar una batería de competencias que les permitan formar profesionales idóneos para adaptarse a las nuevas demandas y superar. Estos ponen en juego sus experiencias para organizar el conocimiento y adecuar los contenidos a la práctica misma de la profesión.

Conocimiento profesional (CP.), hace referencia al cúmulo de conocimientos y habilidades que requieren los sujetos para desenvolverse con éxito en una profesión particular. Este conocimiento está determinado por la experiencia y es resultado del cúmulo de saberes y habilidades propias de la disciplina en la cual se ha formado y se perfecciona un sujeto, guarda profunda relación con la experiencia profesional.

Claridad y precisión, es otro rasgo que se destaca en la muestra, haciendo referencia a que los docentes que desarrolla “buenas prácticas de enseñanza y evaluación”, se expresan de manera clara y precisa. Por ejemplo: “Son claros y entendibles”; “Explican los temas con facilidad y dan aplicaciones prácticas de los mismos” Esta característica comparte relación con una cualidad personal, en cuanto existen personas que tienen facilidad a la hora de

expresarse de forma verbal y/o escrita; así también existen personas que adquieren esta habilidad a través de la experiencia, en cuanto a la práctica y estudio de las buenas formas de comunicación.

Esta capacidad está íntimamente relacionada con el conocimiento profesional-disciplinar y con la experiencia, dado que es necesario tener un cúmulo de conocimientos y experiencias que permitan manejar un contenido, de forma clara y precisa.

Se puede inferir de las respuestas de los estudiantes que actitudes tiene que tener un profesor para ser un “buen docente”, desde la clasificación que se presenta en el trabajo realizado por Enrique Neira Fernández [6], las mismas deben reflejar:

- ✓ Estima de su condición de educador: por ejemplo en afirmaciones como “lo hace por vocación y no por la obra social”
- ✓ Sincero aprecio por la juventud de hoy y por el alumno concreto: tratan a los estudiantes con respeto y se interesan por su aprendizaje.
- ✓ Excelencia académica y competencia profesional: los estudiantes dicen que relacionan la teoría y la práctica, con problemas de la profesión, son experimentados. “Saben explicar el por qué y el para qué del contenido” “Se ve constante estudio de los temas a desarrollar” (Comentarios realizados por estudiantes del primer año de la carrera de Ingeniería Civil)
- ✓ Educación permanente: en las afirmaciones sobre que son didácticos y su manera de comunicarse además de los saberes que transmiten se refleja la actualización constante.
- ✓ Capacidad para comunicar el saber y los saberes: tienen claridad, son entendibles, tienen paciencia para explicar varias veces y buena predisposición para atender las dudas.

Características Personales e Interpersonales:

Los educandos identifican como valioso, en cuanto a cualidades personales e interpersonales de los docentes (ejemplo de las encuestas).

En cuanto a las características personales, hacen referencia a las cualidades que presenta el educador (profesor), como ser la paciencia, la buena predisposición, entre otras, que son propias de la personalidad del sujeto y no adquiridas por una determinada práctica y/o experiencia en un campo determinado.

La dimensión interpersonal se refiere a la capacidad que se tiene para entablar relaciones sociales, de generar climas que permitan buenos intercambios con otros y una comunicación fluida. La capacidad de generar espacios de intercambio se manifiesta en las siguientes expresiones, que destacan los estudiantes, sobre los BP.:

“Te motiva a profundizar los temas”; “Ayuda a progresar poniéndose en el lugar del alumno”; “Genia”.

Estos son algunos de los ejemplos obtenidos de la muestra, donde los estudiantes de 1º, 3º y 4º año, destacan características positivas sobre la personalidad del educador, en cuanto a que esto posibilita una buena relación pedagógica.

Aquí también ubicamos el aspecto valoral, que hace referencia a las creencias, actitudes, convicciones e ideología/s que presenta en su actuar del BP. Los estudiantes manifiestan a través de sus respuestas esta dimensión cuando exponen: “Ejemplo de persona”; “El compromiso junto a la confianza”; “Paciente”; “Ejemplo a seguir”; “Amor por enseñar”; “Interés por los alumnos”.

Se reconoce una valoración positiva e integradora por parte del educador sobre el educando, ya que lo reconoce como sujeto activo, capaz de comprender, actuar, producir y construir conocimiento; así mismo que lo considera y entabla cierta relación donde ambos son importantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El reconocimiento del otro (docente) resulta vital para el crecimiento de uno como sujeto social, como individuo, como constructor de un universo de conocimientos, un sujeto en formación.

3.1 Resultados de las encuestas:

Las encuestas que los estudiantes de 1º, 3º y 4º año de la Facultad de Ingeniería respondieron constan de 7 ítems. En este trabajo indagatorio se han seleccionado tres de las preguntas, las que precisan nuestro objeto de estudio que son las buenas prácticas de enseñanza y las buenas evaluaciones de los docentes. En sus apreciaciones se distinguen aquellas cualidades (características personales y profesionales), que los educandos valoran de los buenos docentes, en cuanto a sus prácticas.

A continuación se detallan las preguntas seleccionadas y las respuestas que se repitieron más veces, considerándose un mínimo de 10 repeticiones en las que tenían sinónimos o que eran comunes entre sí.

I. Explique, en este espacio y con frases breves, porque consideras que son buenas prácticas de enseñanza.

- A. “Relacionan las teorías con los problemas que podríamos tener a lo largo de nuestra profesión”
- B. “Buen manejo de los temas dictados”
- C. “Buena predisposición a enseñar y responder consultas, le interesa que el alumno aprenda”
- D. “Explican los temas con facilidad y dan aplicaciones prácticas de los mismos”
- E. “Didácticos”
- F. “Tienen Experiencia”

II. Escribí 5 palabras que resuman las características de la buena enseñanza de los docentes elegidos

- A. Buena predisposición para aclarar dudas
- B. Didáctico
- C. Conocimiento de los temas
- D. Interés
- E. Considerados – Comprensibles
- F. Claros – Entendibles
- G. Vocación
- H. Dedicación
- I. Experimentados
- J. Paciencia
- K. Respetuosos

III. ¿Por qué consideras que son "buenas evaluaciones"? Explica con frases breves.

- A. No salen de los temas dados en clases
- B. Los temas son acordes a la exigencia de la carrera
- C. Conceptuales
- D. Le interesa que los alumnos sepan utilizar los conocimientos
- E. Dan oportunidad de explicar o defender los puntos dudosos o débiles

3.2 Gráficos

A continuación se muestra el detalle de las respuestas más relevantes a las preguntas 1,2 y 3 detalladas en el punto anterior:

- I) **Explique, en este espacio y con frases breves, porque consideras que son buenas prácticas de enseñanza.**

Gráfico 1. Buenas prácticas de enseñanza.

Preg. I	Porcentaje
A	10,6%

B	25,2%
C	27,6%
D	17,8%
E	10,6%
F	8,2%

Tabla. 1

- II) **Escribí 5 palabras que resuman las características de la buena enseñanza de los docentes elegidos**

Gráfico 2. Características de la buena enseñanza

Preg. II	Porcentaj e
A	14,9%
B	13,4%

C	17,5%
D	5,7%
E	5,2%
F	6,2%
G	5,2%
H	8,2%
I	9,8%
J	7,2%
K	6,7%

Tabla. 2

III) ¿Por qué consideras que son "buenas evaluaciones"? Explica con frases breves.

Gráfico 3. Características de las “buenas evaluaciones”

Tabla. 3

Preg. III	Porcentaj e
A	33,7%
B	15,8%
C	13,7%
D	26,3%
E	10,5%

4. Conclusiones y recomendaciones

Este primer análisis de esta etapa de exploración nos ha permitido distinguir la complejidad del objeto de estudio, en cuanto a fenómeno social, así también ha despertado en nosotros dudas sobre el alcance de los procesos metodológicos de recolección de datos. Por lo que programamos una segunda etapa de exploración, que nos permita recabar información detallada.

Hemos logrado distinguir la responsabilidad de la que se encuentra investido el profesor universitario, en cuanto a que es el referente de los estudiantes, tanto a nivel personal como profesional, y el alcance del impacto que tiene el educador en los procesos de comprensión e interpretación. Sosteniendo la afirmación que los profesores no son sujetos neutros ni aislados de responsabilidades sobre los procesos de comprensión del mundo.

También nos ha permitido abrir otras preguntas acerca de los sentidos que los educandos adoptan para referirse a términos como “didácticos”, “claros”, “respetuosos”, etc. Descubrir el trasfondo de estos sentidos forma parte de futuros caminos de indagación y análisis.

Resultó interesante descubrir que los estudiantes están aprendiendo algo más que aquello que se planifica que aprendan. Así mismo se destaca que aquello que aprenden supera el bagaje de conocimientos académico-disciplinar. Los educando reconocen al educador en su complejidad, claro está desde la subjetividad en referencia a las representaciones sociales que estos elaboran.

Finalmente podemos reconocer un claro perfil de “buen profesor”, que integra:

- competencias profesionales: dinámicas, prácticas, coherentes con el perfil profesional, y que responde a las necesidades de los sujetos que educa;
- características personales: atento a los intereses de los estudiantes, a quienes inspira y motiva; abierto a los cambios, respetuoso, paciente.

Este buen profesor, integra su profesión docente con la profesión disciplinar, muestra en ambas “el amor por su vocación”. A partir de esto, nos resta por preguntar:

¿Cómo formar futuros profesores universitarios que integren exitosamente estas cualidades y características?

¿Cuáles son los medios-dispositivos-estrategias que utilizan estos buenos profesores, en sus prácticas de enseñanza y de evaluación?

5. Referencias

- [1] BOLÍVAR, ANTONIO (2002). *El estudio de caso como informe biográfico-narrativo*. Arbor, Vol 171, Nº 675, 559-578
- [2] AYALA, M. E.; LASGOITY, A. P; OBEZ, R. M. (2015) *Representaciones del buen profesor universitario*. En: VIII Jornadas Nacionales y 1º Congreso Internacional sobre la Formación del Profesorado “Narración, Investigación y Reflexión sobre las prácticas”. Organizado por la Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. ISBN: 978-987-544-655-7

- [3] OLIVEIRA, ADRIANA. (2011). *Prejuicios sociales en la escuela: Representaciones sociales acerca de la diversidad socio-económica*. Buenos Aires: Editorial Universitaria. 45-p
- [4] CORNU, LAWRENCE. (2002) *Responsabilidad, experiencia, confianza*. En *Educación: rasgos filosóficos de una identidad*. Frigerio et. al. Santillana Bs. As. 43-p
- [5] *La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible*. Aportes del CONFEDI Congreso Mundial Ingeniería 2010. CONFEDI Consejo Federal de Decanos de Ingeniería – octubre 2010- Buenos Aires – Argentina. 5-p
- [6] ENRIQUE NEIRA FERNÁNDEZ. (2008) *Perfil del buen docente universitario*. Editor: SABER ULA. Venezuela. Grupo de Observatorio de Política Internacional. En:
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/15652/1/docenteuniversitario.pdf>

LA SEMIPRESENCIALIDAD COMO ESTRATEGIA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

Patricia Susana Infante, Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, pinfante@fing.uncu.edu.ar

Alejandra Punta, Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, apunta@uncu.edu.ar

Luis Enrique Guisasola, Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, lguisasola@fing.uncu.edu.ar

Sara Rodríguez, Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, srodriguez@fing.uncu.edu.ar

Resumen— Se ha originado la necesidad de innovar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Actividad Curricular “Hidráulica General” de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, como consecuencia del incremento progresivo en la matrícula anual de alumnos, a raíz de la imposibilidad de cumplir con la condición de aprobar la materia antes que comience su dictado en el año lectivo siguiente.

La propuesta se enmarcó en el Proyecto de Educación a Distancia de la UNCuyo, con lo cual varios integrantes del equipo docente se capacitaron en el tema y se adaptó la asignatura a la nueva modalidad, que se denominó “semipresencial”.

Los aspectos en los cuales se ha centrado el trabajo docente en esta nueva modalidad son: la producción de material de estudio mediado, la construcción de un espacio en el Campus Virtual de la UNCuyo, la tutoría de actividades conceptuales y prácticas y la evaluación presencial de los contenidos correspondientes.

Este sistema semipresencial se implementó desde el año lectivo 2006 hasta la fecha, resultó una experiencia productiva, ya que el éxito de los alumnos, medido como la aprobación del examen final presencial de la asignatura, ha sido satisfactorio, consecuentemente ha disminuido la cantidad de alumnos que se inscriben más de dos veces en la asignatura antes de poder aprobarla.

Palabras clave— *semipresencialidad, formación, ingenieros.*

1. Introducción

A través de los años, y más precisamente a partir del año 2000, se ha manifestado un constante crecimiento de la cantidad de alumnos que anualmente se inscriben y cursan la asignatura de “Hidráulica General”, principalmente compuesto por alumnos recursantes. Los alumnos recursantes son aquéllos estudiantes que no habiendo aprobado la asignatura mediante examen final durante el período de vigencia de su regularidad, debieron inscribirse nuevamente en la misma. Y en este caso específico, la gran mayoría son alumnos que nunca presentaron examen final en dicho plazo de tiempo, y una ínfima cantidad son alumnos que habiendo presentado el examen final no lo aprobaron.

En la Tabla 1, confeccionada con datos de control registrados por el equipo docente de la asignatura, se puede visualizar el desarrollo del número de inscriptos y cómo ha ido en

aumento través del tiempo. La organización de los datos anuales responde a la cantidad total de alumnos inscriptos, columna 1, de la cual se ha separado la cantidad de alumnos recursantes inscriptos, columna 2, también se incluye la cantidad de alumnos que obtienen anualmente la regularidad, columna 3. De éstos últimos se analizan en particular la cantidad de alumnos aprobados, columna 4, desaprobados, columna 5, ausentes en el examen final, indicado como EF, columna 6, y también la cantidad de alumnos que no presentaron EF, columna 7, en el plazo correspondiente a la regularidad obtenida. Y por último, se agrega el dato de la cantidad de alumnos que han aprobado la asignatura con EF en carácter de alumno libre, indicado como AL, columna 8.

Tabla 1. Cantidad de alumnos desde el año 1997 hasta el año 2006.

Año lectivo	Inscriptos en total	Recursantes inscriptos	Regulares	Aprobados	No aprobados	Ausentes en EF	Sin EF	Libres (AL)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1997	25	--	22	19	3	0	0	0
1998	57	--	52	24	7	3	18	0
1999	67	--	48	26	1	1	20	0
2000	73	4	57	31	1	2	23	0
2001	61	22	50	27	1	0	22	2
2002	65	10	47	28	1	1	17	3
2003	63	26	42	7	1	1	33	2
2004	75	25	51	32	2	3	14	3
2005	61	30	45	19	2	1	23	4
2006	69	35	49	23	0	1	25	1

Fuente: Registros propios de la Asignatura

Analizados los valores presentados en la Tabla 1, se puede concluir que a partir del año 1998 aumentó notablemente la cantidad de alumnos inscriptos en la asignatura y también la cantidad de alumnos que habiendo obtenido la regularidad, no presentaron EF. Éstos últimos comenzaron a engrosar la cantidad total de inscriptos de los años lectivos siguientes, con lo cual la población estudiantil comenzó a crecer hasta llegar a un máximo de 75 alumnos en el año 2004, entre los cuales se incluyen los 33 alumnos que no presentaron EF en el año 2003. Se resalta que en el año 2003, 33 alumnos de los 42 regulares, ni siquiera presentaron EF, es decir que, casi el 79% de los alumnos regulares de dicho año, no se inscribieron, ni se presentaron ni una vez ante una mesa examinadora.

Esta situación ha representado y representa una preocupación constante para el equipo docente de la asignatura Hidráulica General, y motivó la necesidad de innovar, en el más puro significado de la palabra, en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

2. Adaptación a la Modalidad Semipresencial

Entendiendo que la educación a distancia es una estrategia educativa basada en la aplicación de la tecnología del aprendizaje sin la limitación del lugar y del tiempo, y en las que la forma

de estudio no son directamente guiadas por la presencia de un docente en el aula, se ha propuesto la modalidad a distancia, como una innovación, para su aplicación en contenidos curriculares correspondientes a las tecnologías básicas de la enseñanza de la Ingeniería Civil.

La Actividad Curricular “Hidráulica General”, se encuadra dentro del grupo de asignaturas de las Tecnologías Básicas, las que deben apuntar a la aplicación creativa del conocimiento y a la solución de problemas de ingeniería, teniendo como fundamento a las ciencias básicas. Con lo cual, esta asignatura tiene su apoyo en el Análisis Matemático, en la Física y en la Mecánica Racional, éstas dos últimas para la interpretación física de los conceptos vertidos, y de los resultados numéricos obtenidos. Y por último, también tiene un fuerte contenido empírico, que se aplica en el diseño y cálculo de las obras hidráulicas, el que debe ser reproducido físicamente en laboratorio o en prototipo, para su visualización por parte del estudiante.

En Noviembre de 2004 integrantes del equipo docente de la asignatura participaron de una capacitación brindada por especialistas del Proyecto de Educación a Distancia de la Universidad Nacional de Cuyo, en la cual se impartieron los conceptos fundamentales de la modalidad.

La modalidad a distancia implica una mediación en la relación docente-alumno, para favorecer la apropiación de aprendizajes constructivos. Esta mediación se plantea a través de tres niveles de interacción, [1]; el primero es la elaboración de material de estudio y la interacción entre el estudiante y el contenido de dicho material, a ser aprendido; el segundo incluye las acciones tutoriales, o la interactividad entre el estudiante y su tutor; y el tercero la evaluación del estudiante por parte del equipo docente.

A continuación se analizan las intervenciones en cuanto a cada uno de dichos niveles de interacción.

2.1. Elaboración del material de estudio

Se ha elaborado material de estudio adaptado a la modalidad de educación a distancia, se ha organizado y construido el espacio de la asignatura dentro del Campus Virtual de la UNCuyo, y por último se ha diseñado un régimen semipresencial dentro de la asignatura, [2], para lo cual se incluyeron clases presenciales, tales como visitas de campo, visitas de obra, prácticas de laboratorio y las evaluaciones parciales presenciales.

Se ha definido y organizado el contenido conceptual y procedimental a incluir dentro del Campus Virtual con el material de estudio preparado y acorde al Programa Analítico de la Actividad Curricular, material que se puede descargar a través de archivos con formato pdf, lo que insume un tiempo de conexión a internet mucho más breve, que en el caso de leer y estudiar “on line”, y además permite al alumno almacenar en forma ordenada, y de acuerdo a su propio sistema de archivos, el material de estudio en su PC, [2].

Con la finalidad de realizar un seguimiento continuo del aprendizaje del estudiante, se han implementado dos tipos de actividades a realizar dentro del Campus Virtual: actividades conceptuales y actividades prácticas. Las primeras están destinadas a controlar el avance del aprendizaje de los conceptos fundamentales de la asignatura, mientras que las segundas tienen como objeto monitorear la competencia adquirida en la aplicación de dichos conceptos en la resolución de ejercicios, casos prácticos y problemas planteados en el campo de la ingeniería.

A los estudiantes que se incorporan al régimen semipresencial, se les asigna usuario y contraseña, para que puedan ingresar al campus virtual de la UNCuyo, en el cual pueden acceder al material de estudio y a las actividades que deben cumplimentar y aprobar para estar en condiciones de presentar examen parcial.

2.2. Acciones tutoriales

La misión del docente debe ser la de garantizar la máxima calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje, [3], avocándose a la adecuación de los contenidos de las materias y a los progresos científicos, velando para que los estudiantes dispongan de los mejores materiales didácticos, atendiendo directamente las necesidades manifestadas por los mismos durante su proceso de aprendizaje, supervisando, guiando y evaluando, es decir, velando por su formación permanente. En segundo lugar, es misión del profesorado contribuir a la investigación, tanto en los campos propios de especialización académica como en las líneas institucionales, dirigidas a la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje en la universidad.

Entonces, particularmente la misión del docente en la educación a distancia, no sólo consiste en la preparación del material de estudio necesario para el avance del aprendizaje del alumno, sino también en la acción permanente de supervisar, guiar y evaluar su formación, es allí en donde aparece la figura del tutor y las tutorías.

La función tutorial consiste en la relación orientadora de uno o varios docentes respecto de cada alumno en orden a la comprensión de los contenidos, la interpretación de las descripciones procedimentales, el momento y forma adecuados para la realización de trabajos, ejercicios o autoevaluaciones, y en general para la aclaración puntual y personalizada de cualquier tipo de duda, [4].

Lo que aparece con más constancia en la definición de la tarea de tutor es la idea de guía, la que se materializa a través del acompañamiento, la información y el asesoramiento. El rol del tutor se centra en el aprendizaje y no en la enseñanza, elaborando estrategias adecuadas a las necesidades de los alumnos, por esto es que debe ser un animador del aprendizaje, [5].

Se entiende entonces, que el tutor no se puede definir solamente como una fuente de información y un facilitador del aprendizaje del alumno, sino que debe cumplir un rol más importante, el de formador permanente, formación técnica y profesional, e incentivador del desarrollo del criterio propio del alumno.

Es así que se han organizado tutorías virtuales y presenciales, muy sencillas, tales como el seguimiento y la corrección de la resolución de ejercicios y problemas correspondientes a las actividades prácticas; orientando al alumno en los pasos a seguir, en los criterios a adoptar, o el planteo de las soluciones a problemas propuestos.

La tarea de los tutores ha consistido, principalmente, en la orientación y seguimiento de la resolución de ejercicios simples, al principio, y problemas y casos específicos de aplicación en el campo profesional del Ingeniero Civil. Estos últimos, en general, se han planteado ajustados a casos reales, con algunos datos propuestos por la cátedra y otros que deben adoptar y/o estimar los alumnos.

Para completar la conceptualización total de la Hidráulica y concientizar respecto de la importancia del recurso AGUA en la región árida a la que pertenece la provincia de Mendoza, también se han organizado prácticas de laboratorio presenciales, en las que se han modelado a escala reducida el escurrimiento del agua en distintas conducciones, y por último visitas de campo a la red de riego del Oasis Norte de la Provincia de Mendoza, en la que el estudiante tiene contacto directo con las obras cuyo diseño debe aprender.

Se ha organizado la tutoría virtual en grupos de no más de 10 alumnos por tutor, estableciendo como medios principales de comunicación los foros de discusión y el correo electrónico, ambos dentro del mismo campus. Los alumnos han aprovechado mucho la segunda herramienta para comunicarse con el equipo docente, sus tutores y entre sí, pero no ha

resultado de gran interés el uso de la primera. Dichas comunicaciones consisten de consultas respecto de cómo resolver algún ejercicio o problema, incluyendo alguna que otra pregunta conceptual importante. No obstante, esa posibilidad de contacto virtual disponible entre tutor y estudiante, éstos últimos también asisten a las clases de consulta presenciales de todos los docentes de la asignatura, sobre todo para discutir dudas respecto del material de estudio.

Como conclusión, y teniendo en cuenta las necesidades detectadas, se considera que la tutoría en un sistema de dictado semipresencial debe ser una combinación del acceso a la tecnología brindada por el Campus Virtual, complementada con consultas presenciales de los docentes, sobre todo en lo que hace a la experiencia profesional de los mismos.

2.3. Evaluación del estudiante

En cuanto al tercer nivel de interacción en la mediación de la relación docente-estudiante en la educación a distancia, y para este caso particular, se ha establecido la necesidad de que las evaluaciones sean presenciales.

Las mencionadas evaluaciones están compuestas principalmente de contenido eminentemente práctico, de modo que se pueda monitorear el nivel de aprendizaje conceptual alcanzado y la competencia de resolver problemas relacionados a la hidráulica, principalmente.

Se han planificado cuatro evaluaciones escritas de resultados, evaluación calificativa [6], cuyo objetivo es analizar el grado de competencia adquirido por el alumno en la resolución de casos prácticos y en la aplicación de conceptos básicos parciales teórico-prácticos, y un examen integrador de conceptos en el primer turno de exámenes posterior al cursado de la materia. Cada evaluación parcial abarca dos, de las ocho, unidades del programa analítico de la asignatura y cada una exige un puntaje mínimo de seis (6) sobre diez (10) puntos, [6].

Se incluye una instancia de recuperación de un único examen, ya sea por ausencia justificada o por no aprobar. Se debe sumar un puntaje mínimo total, de las cuatro evaluaciones, de veinticuatro (24) puntos, para poder acceder al examen integrador, el cual también se aprueba con un mínimo seis (6) puntos sobre diez (10).

La nota de la materia se compone de una ponderación compuesta por:

1. 35% del promedio de los resultados de las evaluaciones parciales.
2. 35% del resultado del examen integrador de conceptos.
3. 20% del concepto del alumno durante su trabajo en el Campus Virtual.
4. 10% de la asistencia a las actividades presenciales.

La asignatura se aprueba con un puntaje mínimo de seis (6) sobre diez (10) puntos, [6].

3. Implementación de la modalidad semipresencial

Desde Marzo de 2006 se ha implementado la modalidad semipresencial en la asignatura, iniciando con una capacitación de los estudiantes en el uso del campus virtual, luego definiendo el alcance de la modalidad y las obligaciones que les corresponden, tanto a los estudiantes, como a los tutores y docentes.

En la Tabla 2 se indican la cantidad de estudiantes que participaron de la experiencia en los años lectivos indicados, nótese el leve descenso del número a partir del año 2009.

Tabla 2. Cantidad de estudiantes participantes en la modalidad semipresencial

Año lectivo	Número de participantes
2006	22
2007	16
2008	33
2009	19
2010	19
2011	19
2012	23
2013	10
2014	13
2015	17

Fuente: Registros propios de la Asignatura

3.1. Resultados obtenidos en la implementación

El objetivo de la implementación de la modalidad semipresencial es disminuir la cantidad de estudiantes recursantes, por lo tanto para analizar los resultados obtenidos se ha adoptado como indicador la cantidad de alumnos que aprueban la asignatura en cada año lectivo, ya que esa es la única manera de no “recursar”.

Por lo tanto, una forma de medir la eficiencia de esta nueva modalidad es analizar el comportamiento del número de alumnos que aprueban la asignatura y el número de alumnos inscriptos como recursantes en cada año lectivo.

En la Tabla 3 se resume, con la misma estructura de la Tabla 1, la cantidad de alumnos de cada categoría de datos incluida, y su desarrollo en el tiempo de implementación de la modalidad semipresencial diseñada.

Analizando los datos de la Tabla 3 se puede destacar que, en general, la modalidad semipresencial no ha mejorado, no ha aumentado, sensiblemente la obtención de las regularidades, o sea que, la implementación de la semipresencialidad no ha aportado grandes cambios en la etapa de obtención de la regularidad. Pero sí se aprecia una disminución progresiva en el número de alumnos recursantes a partir del 2006, año en el cual se implementa la modalidad semipresencial, tal como puede verse en la línea de tendencia media móvil de la cantidad de alumnos recursantes inscriptos de la Figura 1.

También se ha elaborado un gráfico cronológico, Figura 2, con el porcentaje de estudiantes aprobados y de alumnos sin examen final en cada año lectivo, en el que se puede observar, a partir de las líneas de tendencia media móvil, que a desde el año 2006, el porcentaje de alumnos aprobados ha aumentado y el porcentaje de alumnos que no presentan EF ha disminuido.

Tabla 3. Cantidad de alumnos desde el año 2006 hasta el año 2015.

Año lectivo	Inscriptos en total	Recursantes inscriptos	Regulares	Aprobados	No aprobados	Ausentes en EF	Sin EF	Libres (AL)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2006	69	35	49	23	0	1	25	1
2007	47	26	35	15	3	1	16	5
2008	61	33	47	28	0	0	19	1
2009	49	19	25	11	0	1	13	3
2010	44	19	35	25	1	0	9	1
2011	49	19	31	17	0	0	14	0
2012	51	23	35	31	1	0	3	3
2013	41	11	31	24	2	0	4	0
2014	48	12	28	21	0	0	7	0
2015*	35	17	23	17	1	0	13	3

Fuente: Registros propios de la Asignatura.

* La regularidad obtenida en 2015 es válida hasta febrero de 2017

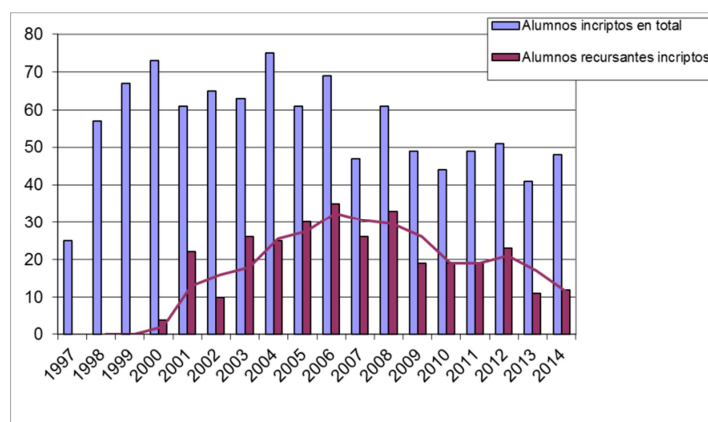


Figura 1. Número de alumnos inscriptos y recursantes desde 1997 y hasta 2014

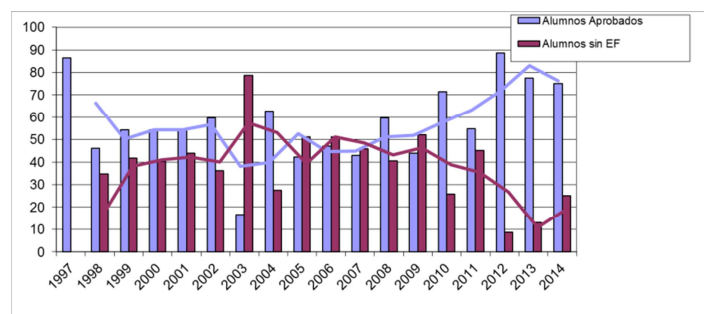


Figura 2. Porcentaje de alumnos aprobados y sin EF desde 1997 y hasta 2014

4. Conclusiones generales

Los datos analizados en el título anterior implican que, en general, la modalidad semipresencial no incide demasiado en la mejora de resultados en cuanto a la obtención de la regularidad de los alumnos, pero sí manifiesta una mejoría en los porcentajes de aprobación del EF, lo que evita que el alumno “recurse”.

El aumento progresivo del porcentaje de alumnos aprobados es el resultado más importante de la innovación implementada, ya que ello implica la disminución progresiva del número de recursantes año a año, y precisamente este aspecto es el motivo por el cual se implementó la modalidad semipresencial.

Analizando detenidamente estos resultados, se puede considerar que la disminución del número de alumnos que no presentan EF de la asignatura, se debe a que la modalidad semipresencial exige un estudio continuo e independiente de la misma y colabora bastante a tomar la decisión de presentar el EF en tiempo y forma, ya que con un esfuerzo adicional final se puede obtener la aprobación de la misma.

Por último, se deja expresa constancia de la importancia de las tutorías, tanto presenciales, como virtuales, debido a las características particulares de los contenidos de los planes de estudio de las carreras de ingeniería. Los que implican una necesidad de mayor comunicación entre docente y estudiante para allanar las dificultades, para ofrecerle herramientas que le ayuden en su aprendizaje, para hacerle comprender la utilidad y aplicación en el campo de la ingeniería de los conceptos impartidos en los espacios curriculares de las ciencias y tecnologías básicas, para impartirle las premisas fundamentales del diseño, proyecto y cálculo en la ingeniería, para incentivar la aplicación de su propio criterio y creatividad en la resolución de casos y problemas, y por último, y no menos importante, hacer tomar conciencia a los alumnos de la importancia del ejercicio responsable de la profesión, ya que no se puede olvidar que “la misión de la Universidad es preparar a los alumnos para ser profesionales y, deseablemente, personas con criterio en el mundo real” [7].

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado desde el año 2004 en el marco del Plan de Acción para el Desarrollo de la Educación a Distancia en las Unidades Académicas, que depende de la Secretaría Académica del Rectorado de la UNCuyo, y que se encuentra aprobado mediante la Ordenanza N° 85/04-CS y la Resolución N° 1154/04-R, para la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo, con la asignatura “Hidráulica General”.

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Directora de Modalidades y Tecnologías Educativas de la Facultad de Ingeniería, Msc. Ing. Elena Ester Calíguli, por sus sabios consejos y su permanente apoyo en la tarea emprendida.

6. Referencias

- [1] BARRANTES ECHAVARRÍA, R. (1992). *Educación a Distancia*. EUNED. San José de Costa Rica.
- [2] INFANTE, P. (2006). Adaptación e implementación de la modalidad a distancia en el dictado de la actividad curricular “Hidráulica General”. *Experiencias Docentes en Ingeniería en Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (V CAEDI: 2006, Mendoza, Argentina)*. v. II, p. 1145-1152.
- [3] DUART, J.M. & SANGRÀ, A. (2000). *Aprender en la virtualidad*. Editorial GEDISA. Barcelona. España.
- [4] PADULA, J.E. (2002). *Contigo en la distancia. El Rol del tutor en la Educación No Presencial*. [http://www.uned.es/catedraunesco-d/publicued/pbc08/rol_bened.htm].
- [5] LUGO, M.T. (2003). *Las Tutorías: un indicador de éxito de la Educación por Internet*. [<http://www.elprincipe.com/teleformacion/junio2003/index2.shtml>].
- [6] UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, RECTORADO (2010). *Ordenanza N° 108/2010-CS*. [http://www.rectorado.uncu.edu.ar/adminis2/digesto/digesto_herramientas.htm?].
- [7] ROMANA RUIZ, M.G. (2007). La dedicación de un Profesor de Universidad (al menos de Ingeniería). *Revista de Obras Públicas*. Madrid. España. v. 3480, p. 75-80.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: APLICACIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS REALES EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA DE MATERIALES UTILIZANDO TÉCNICAS DIDÁCTICAS

Teresa Antequera, Facultad de Ingeniería – UNJu, teantequera@yahoo.com.ar

Edmundo Tolabín, Facultad de Ingeniería – UNJu, etolabin@gmail.com

Edith Amalia Gareca, Facultad de Ingeniería – UNJu, agareca@gmail.com

Resumen

En la enseñanza de las carreras de ingeniería, el aprendizaje debe ser constructivo, activo, contextualizado, social y reflexivo para formar graduados que sean competentes en el ámbito laboral. Los nexos entre la educación superior y el trabajo requieren de una formación profesional basada en competencias no sólo laborales, sino también comunicativas, intelectuales y socio-afectivas, para el desempeño en los complejos ámbitos organizacionales de la práctica profesional.

Desde esta perspectiva, la formación del graduando debe comprender una utilización óptima de las propiedades y aplicaciones de los materiales, a fin de poder predecir su comportamiento en servicio. En particular es importante que esto se aplique a aquellos materiales con que se construyen reactores, equipos, máquinas y estructuras de plantas industriales.

En base a lo expresado, en este trabajo se presenta la experiencia pedagógica del uso de problemáticas industriales reales, como estrategia de aprendizaje para la enseñanza de las asignaturas relacionadas con Ingeniería de Materiales, en las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería Industrial, mediante el uso de técnicas didácticas.

Cabe destacar que con la aplicación de esta metodología, se propendió a que los estudiantes generen la construcción de sus propios conocimientos mediante el análisis, la consulta, la investigación y en algunos casos, la realización de trabajos de campo.

Palabras clave— *Competencias, materiales industriales, problemas de ingeniería, estrategias, técnicas, integración de conocimientos*

1. Introducción

El desarrollo científico tecnológico alcanzado en la actualidad, exige que la universidad forme ingenieros con una base amplia, flexible y rica de conocimientos, así como con un conjunto de capacidades y actitudes que les permita cumplir con sus responsabilidades. Por ello, la enseñanza en las carreras de ingeniería requiere que el aprendizaje sea constructivo, activo, contextualizado, social y reflexivo para formar graduados capaces de desempeñarse de manera competente en el ámbito laboral, ya sea en el ejercicio de la profesión, como investigadores o docentes.

La Cátedra de Materiales imparte clases a las asignaturas Materiales para Ingeniería para Ingeniería Química, Ingeniería de Materiales para Ingeniería Industrial y Materiales y Equipos para la Licenciatura de Tecnología en Alimentos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy, las tres asignaturas tienen régimen promocional. Materiales para Ingeniería e Ingeniería de Materiales están orientadas a dar una visión general de la Tecnología de Materiales: tipos de materiales, estructura, propiedades y aplicaciones, siendo el objetivo fundamental de estas asignaturas que el alumno distinga los tipos de materiales, conozca sus propiedades fundamentales, el origen de las mismas, su aplicabilidad en función de sus propiedades y el análisis de fallas, entre otros.

Uno de los inconvenientes con los que se encuentra el docente en el desarrollo de su asignatura es la dificultad de los alumnos para integrar los conocimientos teóricos adquiridos con la resolución de problemas reales. Por ello, entre los objetivos fundamentales que debe perseguir la educación es integrar la teoría y la práctica a través de la aplicación de estrategias de enseñanza y de aprendizaje que conecten eficazmente el conocimiento con el mundo real.

En la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior del Siglo XXI, convocada por la UNESCO en 1998, se estableció que “en un contexto económico caracterizado por los cambios y la aparición de nuevos modelos de producción basados en el saber y sus aplicaciones, así como en el tratamiento de la información, deben reforzarse y renovarse los vínculos entre la enseñanza superior, el mundo del trabajo y otros sectores de la sociedad” [1].

“Los nexos entre la educación superior y el trabajo requieren de una formación profesional basada en competencias no sólo laborales, sino también comunicativas, intelectuales y socio-afectivas, para el desempeño en los complejos, inestables, inciertos y conflictivos ámbitos organizacionales y sociales de la práctica profesional. Entendemos como competencia, la capacidad, expresada mediante los conocimientos, las habilidades y las actitudes, que se requieren para ejecutar una tarea de manera inteligente, en un entorno real o en otro contexto” [2]. Todas presentan características en común: la competencia toma en cuenta el contexto (situaciones laborales reales); es el resultado de un proceso de integración (se confronta con los estándares); está asociada a criterios de ejecución o desempeño (niveles de dominio); e implica responsabilidad (del estudiante por su aprendizaje). Todas estas cualidades son enseñables y las debemos incluir en el currículum, desterrando la idea de que son “capacidades innatas”, casi “dones”. Esta postura de formar en competencias implica necesariamente integrar disciplinas, conocimientos, habilidades, prácticas y valores, lo cual favorece el trabajo en equipos inter y transdisciplinarios. Este tipo de integración disciplinar permite que los conceptos, marcos teóricos, procedimientos, etc., con los que tienen que trabajar docentes y alumnos se organicen en torno a unidades más globales, a estructuras conceptuales y metodológicas compartidas por varias disciplinas.

“Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo” [3].

Los docentes, para llevar adelante este trabajo académico integrado, además de dominar los contenidos científicos de la asignatura que enseñan, deben saber cómo saber lo que los alumnos ya saben, base para plantear estrategias de enseñanza posicionados dentro del enfoque socio-cognitivo. Además es necesario establecer una buena comunicación con los estudiantes, interpretar sus planteos, estimularlos a conocer, investigar, y pensar, de esta manera se puede orientarlos en los procesos activos de construcción de sus conocimientos.

Otro aspecto a considerar es que todo conocimiento impartido, debe ser medido de alguna manera, siendo la vía tradicional las evaluaciones escritas. Ellas pueden garantizar el logro de los aprendizajes, pero ponen en evidencia lo habitual en los estudiantes que han terminado un curso en forma tradicional y es que a menudo son incapaces de aplicar las técnicas más elementales cuando se ven ante un escenario distinto. Esta situación muestra dos aspectos importantes a examinar en la planificación de actividades de la signatura, como así también en la evaluación de los aprendizajes: la importancia de medir la internalización de lo aprendido, considerando al estudiante como un agente activo en la evaluación de conocimientos impartidos, puesto que debe aplicar la información teórico-práctica adquirida durante el cursado de la asignatura por medio de una metodología que relacione lo aprendido con los problemas que surgen en una industria (expresado en forma de enunciados) y, en segundo lugar, la forma de solucionarlos mediante diversas metodologías que se han desarrollado en el sector productivo para resolver problemas reales de fallas en materiales de componentes de equipos y estructuras metálicas, cerámicas u otro material y de esa manera familiarizarse con la dinámica de los procesos industriales.

Todo lo mencionado anteriormente nos lleva a la necesidad de un cambio radical en los métodos y estrategias de enseñanza-aprendizaje en los centros de educación superior. Atenta a esto, la Cátedra de Materiales propone la utilización de técnicas de enseñanza que permitan acercar al futuro egresado al trabajo profesional. Dentro de las técnicas propuestas consideramos el estudio de casos con sus distintas tipologías.

Coincidiendo con Olguín [4], el abordaje de problemas referentes al campo profesional para el cual se forman, junto al desarrollo de competencias para analizar situaciones y operar sobre ellas, constituyen necesidades formativas que será necesario asumir en la selección de nuestras estrategias.

Siguiendo a Lawrence [5], un buen caso es el vehículo por medio del cual se lleva al aula un trozo de realidad a fin de que los alumnos y el profesor lo examinen minuciosamente. Un buen caso mantiene centrada la discusión en alguno de los hechos obstinados con los que uno debe enfrentarse en ciertas situaciones de la vida real, es el ancla de la especulación académica; es el registro de situaciones complejas que deben ser literalmente desmontadas y vueltas a armar para la expresión de actitudes y modos de pensar que se exponen en el aula.

El método del caso consiste en el uso de situaciones tangibles como herramienta metodológica para acercar a los alumnos a la realidad mediante la aplicación de los conocimientos aprendidos. Exige de los alumnos asumir el papel de protagonistas activos en vez de mantener una actitud pasiva y por tanto, que intenten salvar la distancia entre teoría y práctica. Adicionalmente, crea un diálogo en el aula que rompe con los esquemas tradicionales de la lección magistral, implica al alumnado en su propio aprendizaje y posibilita el trabajo en equipo. Se puede emplear tanto en grupos reducidos como en clases masificadas.

El caso suele ir separado del aprendizaje de los contenidos, sirve para aplicar los conocimientos aprendidos y generar conocimientos significativos. Para ello ha de responder a algunas exigencias básicas:

1. Debe ser auténtico, esto es, la situación que se presenta debe ser real o posible, lógica y admisible.
2. Debe tener sentido y relevancia para el alumnado, pues su identificación con el mismo incrementa su implicación en la tarea.

3. Debe ser inacabado, reflejando una situación problemática donde los estudiantes tomen decisiones.

4. Debe plantear una situación sin solución única, de forma que tenga cabida la polémica y discrepancia.

5. Debe propiciar la participación y protagonismo del alumnado con su trabajo, tanto individual como colectivo.

La metodología del caso está estrechamente ligada al enfoque experiencial de Dewey [6], “aprender haciendo” que propone desarrollar en los estudiantes el hábito de pensar en conexión con la experiencia. Tiene en cuenta que el aprendizaje siempre es dependiente del contexto y de la influencia cultural.

“Entre los objetivos que se propone el docente debe primar el conseguir que los discentes estén preparados para enfrentarse a la realidad social, intelectual y laboral que les espera al finalizar sus estudios universitarios, de ahí que un aprendizaje en grupo cooperativo les pueda proporcionar habilidades personales y sociales como la afectividad, la empatía, la motivación etc., junto con los propios contenidos de las asignaturas” [7].

Los grandes logros u objetivos que se persiguen en el aprendizaje mediante casos, que constituyen los aspectos por evaluar son entre otros: fomentar el pensamiento crítico, promover la responsabilidad del estudiante ante el estudio, transferir la información, los conceptos y las técnicas, vincular aprendizajes afectivos y cognitivos, darle vida a la dinámica de la clase; fomentar la motivación, desarrollar habilidades cooperativas y promover el aprendizaje auto dirigido.

“El Método de Casos se centra en el razonamiento de los estudiantes y en su capacidad de estructurar el problema y el trabajo para lograr una solución” [8].

En este trabajo se presenta la experiencia pedagógica de la aplicación de herramientas o técnicas para lograr un aprendizaje significativo mediante el método de casos y algunas de sus tipologías, que se apoyan en situaciones experienciales y que permiten tender un puente entre las situaciones de la vida real y los contextos de enseñanza y reflexión en el aula, de ésta manera lograr además un aprendizaje colaborativo, activo y reflexivo.

La incorporación del Método de Casos como técnica de aprendizaje en la Cátedra de Materiales se considera una herramienta favorecedora, dado que mediante el análisis y resolución de un caso el alumno utiliza e integra la información proveniente de diversas fuentes, toma decisiones al plantear las posibles soluciones. De esta manera se fomenta el desarrollo del razonamiento, la formación de criterio propio, creatividad y habilidades de pensamiento crítico y para trabajar en grupo. Permite también la integración de conocimientos de asignaturas previas e incorpora habilidades de comunicación en la presentación de informes y documentación. En síntesis, la experiencia propuesta promueve el desarrollo de habilidades y competencias orientadas al desenvolvimiento del futuro profesional.

El desarrollo de este trabajo muestra el empleo para la enseñanza, de algunos casos redactados en forma de narrativa provenientes de trabajos realizados por los integrantes de la cátedra en contextos industriales de la Provincia de Jujuy y en algunos casos, de trabajos de investigación publicados. Se expone el desarrollo de un caso en particular y luego se muestra la evaluación de la técnica como herramienta de aprendizaje y de la situación problemática planteada por los alumnos.

2. Materiales y Métodos

La aplicación del Método de Casos, consistió en presentar a los estudiantes la descripción de una determinada situación real, que tiene solución o no, para que intenten arribar a una conclusión individual o grupal. La propuesta resulta interesante por varias razones: como motivación, porque un problema o caso puede ser conflictivo e interpretado de diversos modos, lo cual puede conducir a la discusión e interés; para desarrollar la capacidad de análisis, de espíritu crítico y creativo; para la adquisición de nuevos conceptos e incremento de su vocabulario; para participar activamente; para que pueda familiarizarse en la toma de decisiones.

En la aplicación del Método de Casos como experiencia pedagógica los ejemplos seleccionados fueron los casos problemas o caso decisión, que son los tipos más frecuentes. Se trata de la descripción de una situación problemática de la realidad sobre la cual es preciso tomar una decisión. Se debe proveer al alumno de los datos necesarios para su análisis y posteriormente, la toma de decisiones y los casos ilustración, se trata de una situación que va más allá de la toma de decisiones, en la que se analiza un problema real y la solución que se adoptó atendiendo al contexto, lo que permite al grupo aprender sobre la forma en que una determinada organización o profesional ha tomado una decisión y el éxito de la misma.

Podemos identificar tres fases en el desarrollo de la aplicación de esta estrategia de estudio. En la fase uno, de preparación, que abarcó la elaboración del caso y consistió de una situación problemática real surgida de trabajos realizados por los docentes de la Cátedra de Materiales a industrias de la zona, y de trabajos publicados, en forma de narración o enunciado. En la preparación de cada caso o problema se consideró a quienes van dirigidos los mismos, es decir alumnos de cuarto año de Ingeniería, con más del 50 % de la carrera; lo aprehendido durante el cursado de la asignatura, teniendo en cuenta el momento del programa de la asignatura donde se está incorporando esta estrategia, y las capacidades que se quería fomentar en dichos alumnos. En esta fase se explicó la metodología del estudio a los alumnos y se les advirtió que con la aplicación de esta estrategia no siempre se arriba a una solución indiscutible, cada miembro del grupo puede aportar una solución diferente. Este método más que encontrar soluciones válidas, les permite que maduren en el campo de actividades en las que tendrán que actuar como profesionales. Se proporcionó también a los discentes el material necesario para llevar a cabo el estudio o investigación del caso (gráficos, análisis, fotos, diagramas, etc.).

Dos ejemplos de los varios enunciados preparados se citan a continuación:

1.- En una fábrica productora de cemento de nuestra provincia (Jujuy), el proceso de producción se lleva a cabo en diferentes etapas, entre las cuales la operación de trituración es una de las más importantes. En esta etapa se reduce el tamaño de las partículas de las distintas materias primas con el fin de facilitar su transporte, almacenamiento y exigencias físico-químicas de las etapas subsecuentes.

El equipo industrial encargado de llevar a cabo la operación referida se denomina “triturador” y está expuesto a un alto desgaste, debido al contacto con partículas duras y altamente abrasivas, lo que provoca un daño elevado a sus componentes.

El deterioro ocasionado por el desgaste de piezas en este equipo industrial, obliga a un continuo recambio de partes, provocando tiempos de parada de la producción generalmente grandes, con los consecuentes aumentos de costos de mantenimiento.

Actualmente estas paradas han debido realizarse en forma más frecuente, debido a que los componentes trituradores específicos del equipo (denominados martillos) muestran un desgaste prematuro.

Se desea conocer el motivo por el cual los martillos no presentan la duración estimada, teniendo en cuenta que el acero empleado en estos martillos es un acero de alto manganeso resistente al desgaste.

2.- Una fábrica de producción de vidrio debe adquirir refractarios para ser colocados en la bóveda de un horno de fusión (Temperatura de servicio 1600 °C), para ello cuenta con dos muestras de diferente procedencia de ladrillos de mullita. Las materias primas utilizadas en la fabricación de materiales refractarios silicoaluminosos son de origen natural, como ser: cuarcitas, arcillas refractarias, sillimanita, andalucita, cianita y bauxita. Para ser empleada a estos fines deben tener cierto grado de refractariedad. También se utilizan para la fabricación de estos materiales, materias sintéticas como la mullita y el corindón. Es fundamental analizar el comportamiento térmico a altas temperaturas y el efecto fundente de los “elementos claves” o impurezas aportadas por estas materias primas. En esta situación, se debe determinar cuál de las muestras es la más apta para su uso en el mencionado horno.

Se prepararon varios enunciados con distintas situaciones problemáticas surgidas en industrias de la zona. Cada grupo de alumnos recibió un caso diferente para su análisis y posterior resolución aplicando la técnica propuesta.

En la fase dos los estudiantes en grupos de tres o cuatro integrantes, haciendo uso de los conocimientos adquiridos en la asignatura, examinaron los documentos proporcionados, investigaron la bibliografía recomendada, identificaron la información complementaria que necesitaban, concurriendo en algunos casos a las empresas donde se originaron los casos de estudio, analizaron si la información dada era la adecuada, debatieron en grupo la problemática presentada aportando las posibles soluciones o propuestas. Todo este trabajo de investigación, análisis y elaboración lo hicieron con el acompañamiento docente en el rol de guía, fomentando el desarrollo del razonamiento, la formación de criterio propio, creatividad y habilidades de pensamiento crítico.

El trabajo en grupo permitió que los alumnos participes del mismo aporten ideas para resolver el problema, promoviendo la discusión en las distintas etapas de búsqueda de soluciones.

En la fase tres cada grupo expuso su caso problema, el estudio que se hizo del mismo y las posibles soluciones encontradas o dadas cuando se trataba de un caso – ilustración. Esta exposición favoreció la toma de conciencia de la responsabilidad de cada uno de los integrantes y su aporte al funcionamiento del conjunto. Además de intercambiar conocimientos y experiencias, compartir información y fortalecer el análisis del caso con el aporte de los otros grupos.

A continuación se da la descripción del proceso de estudio de caso en un ejemplo de toma de decisión

2.1 Caso: Ladrillos refractarios para hornos de plomo

Enunciado:

Una empresa del medio utiliza hornos rotativos (Lurgi – Jumbo), Figura 1, para la obtención de un compuesto de plomo, que luego será sometido a procesos de refinación para obtención de plata en un crisol. Estos hornos están revestidos con ladrillos refractarios $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ (cromo magnesia) procedentes de empresas proveedoras de Chile y Argentina, que sufren un desgaste prematuro debido a dos factores degradantes:

a.- El primero y de mayor importancia es el choque térmico al cual están sometidos los ladrillos refractarios, generando el fenómeno conocido como spalling o desconchado. El choque térmico, ocurre durante la etapa de carga donde los ladrillos del horno con una

temperatura de 1150 a 1200 °C quedan expuestos a la atmósfera del ambiente en tiempos variables de 30 a 40 minutos.

b.- En segundo lugar el ataque químico debido a la formación de escoria y mata (propias del proceso).

Es importante conocer la acción del mecanismo de desgaste producido por las escorias y matas sobre el ladrillo refractario debido a la necesidad de aumentar la vida en servicio de los hornos, minimizando en lo posible las reparaciones que ocasionan pérdidas de productividad. Por ello se propone utilizar otro tipo de ladrillo: alta alúmina 80 según clasificación Normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) N° 12.508 y 12.550 con un C.P.E. (cono pirométrico equivalente) no inferior al cono N° 37 (1820°C), según Normas IRAM 12507 y con un contenido de Al_2O_3 no menor de 77,5%. El planteo es el siguiente ¿Es conveniente el cambio?, ¿Por qué?



Figura 1. Horno rotativo Lurgi - Jumbo

Fuente: Elaboración propia

2.2 Fases del proceso

Trabajo grupal

- .- Los alumnos formados en grupos leyeron el caso y determinaron los pasos a seguir.
- .- Con los conceptos teóricos proporcionados en el cursado, el material suministrado por la cátedra, la información obtenida en la búsqueda bibliográfica, el análisis de normas nacionales e internacionales, consultas a docentes de la cátedra o de otras cátedras relacionadas al trabajo (trabajo integrador), se definió en primera instancia las propiedades que debían tener ambos tipos de refractarios para resistir las dos clases de solicitaciones enunciadas.
- .- Como verificación en algunos casos se realizaron ensayos y pruebas en el laboratorio, para determinar propiedades y comportamiento de los dos tipos de refractarios frente a las solicitaciones a las que están expuestos en servicio (ensayo de choque térmico, corrosión estática, porosidad, índice de penetración de la escoria y otros).
- .- Con la información obtenida se analizó la respuesta a los interrogantes planteados teniendo en cuenta además de los aspectos técnicos, otros de tipo económico.
- .- Luego del análisis, previa preparación del material (informe y recursos multimedia) se puso en común dentro de cada grupo el trabajo realizado y las conclusiones a las que se llegó: “El

cambio de ladrillos refractarios $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ por los de Alta Alúmina 80 es aconsejable debido a que este tiene un mejor comportamiento en cuanto a resistencia al choque térmico y resistencia a las escorias en el medio considerado en este caso (hornos Lurgi – Jumbo)”.

.- Posteriormente se realizó la puesta en consideración y debate ante los demás grupos sobre la solución encontrada, moderada por el docente.

Competencias que se promueven con esta actividad: además de las estrictamente tecnológicas, el trabajo en equipo, responsabilidad individual y grupal, capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo, de comunicación, de interpretación de textos (técnicos y de otro tipo), capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje, de comunicación oral.

Rol de los docentes: Los docentes colaboraron en la definición del problema, proporcionando información, incentivando a los alumnos para que aporten soluciones provenientes de un análisis profundo del caso y no soluciones precipitadas, en la formulación de buenas preguntas que motivaron la reflexión y la relación de ideas, logrando que todos participen, en la administración del tiempo y promoviendo la toma de decisiones.

Datos analizados

- . Análisis de microestructura y de tamaño de grano (microscopio óptico y electrónico)
- . Análisis químico de los materiales refractarios (FRX)
- . Análisis mineralógico de los ladrillos refractarios (DRX)
- . Ensayos de desconchado
- . Ensayo de ataque por escorias de los ladrillos (corrosión estática e índice de penetración)
- . Análisis de escorias y matas

Material de consulta

- . Bibliografía sobre materiales refractarios, consultas por internet
- . Normas sobre características, designación y ensayos sobre materiales refractarios
- . Informe de trabajos de extensión
- . Macro y microfotografías de las muestras de ladrillos.
- . Diagramas de fase binarios y ternarios

3. Resultados y Discusión

Para obtener una indicación de la mejora didáctica propuesta se realizaron distintos tipos de evaluaciones. Una evaluación continua del proceso fue llevada a cabo por los docentes en función de las consultas realizadas por los alumnos. Ello permitió realizar algunos pequeños ajustes durante el desarrollo de la experiencia. Una evaluación a través de una encuesta de opinión realizada al alumno, más completa y planificada, al finalizar la exposición de los trabajos por cada grupo permitió encontrar algunos puntos de debilidades y de fortalezas. El análisis crítico de los resultados permitirá potenciar los aspectos positivos y mejorar los negativos a aplicar en el próximo curso. Se hizo una evaluación del trabajo como técnica de aprendizaje (Tabla 1) y de la situación problemática planteada (Tabla 2). A continuación se listan algunos de los ítems más significativos de las encuestas realizadas a los alumnos.

Tabla 1. Evaluación del trabajo como técnica de aprendizaje

Los miembros del grupo.....	Siempre	Casi Siempre	A veces	Nunca
1.- Han entendido el propósito de las actividades				
2.- Consideran que la estrategia aplicada promueve hábitos de reflexión y análisis				
3.- Han trabajado en forma cooperativa				
4.- Han trabajado de manera ordenada				
5.- Han expresado sus ideas al grupo				
6.- Han escuchado las ideas de los demás				
7.- Consideran que el trabajo grupal ha sido equitativo				
8.- Consideran que la exposición oral y debate ha sido representativa del trabajo realizado				

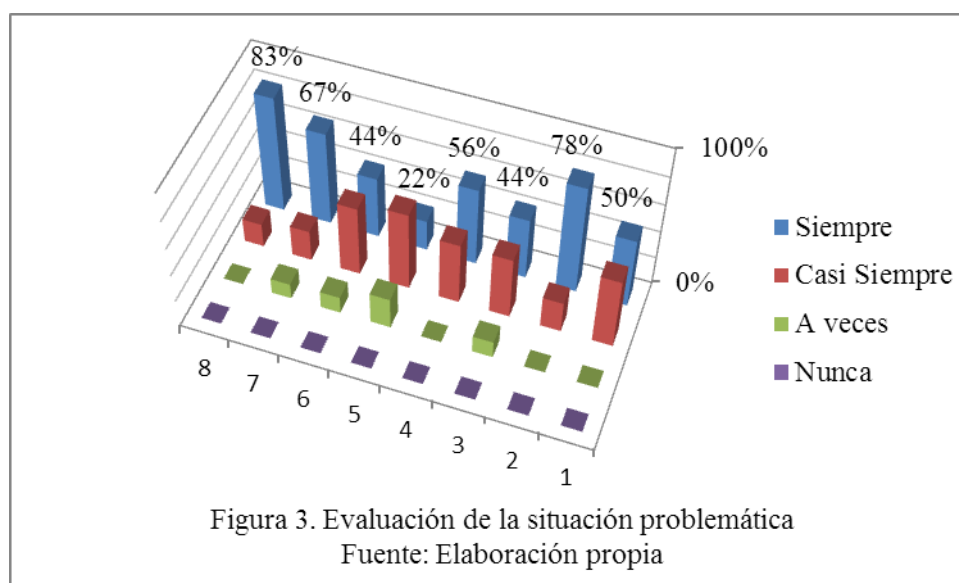
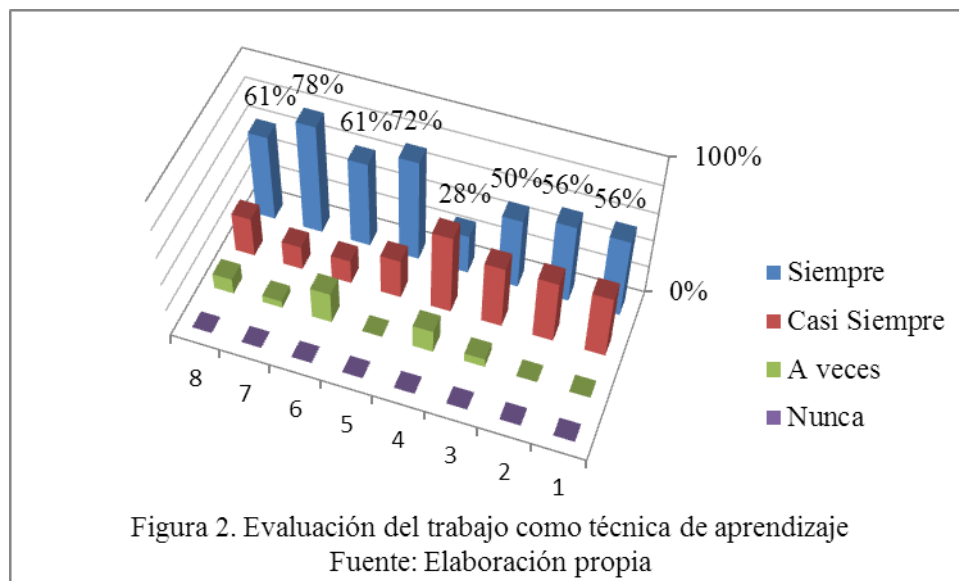
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Evaluación de la situación problemática planteada

Los miembros del grupo.....	Siempre	Casi Siempre	A veces	Nunca
1.- Han identificado los parámetros claves				
2.- Han logrado interpretar el problema				
3.- Han logrado integrar teoría y práctica				
4.- Han logrado integrar conocimientos				
5 Consideran que las fuentes de información consultadas han sido adecuadas				
6.- Pudieron interpretar la información obtenida				
7.- Consideran que los temas analizados son motivadores				
8.- Piensan que los temas abordados les ayudará en su desempeño profesional				

Fuente: Elaboración propia

Las figuras que siguen muestran la representación de los resultados obtenidos sobre la base de 18 alumnos de la Asignatura Materiales y Equipos de Ingeniería Química, distribuidos en siete grupos de trabajos.



Los alumnos trabajaron en la propuesta, involucrándose en la investigación, lo que se pudo constatar a través de las consultas realizadas, por el pedido para visitar las empresas implicadas, la realización de ensayos, y posteriormente la elaboración de la respuesta o respuestas al problema planteado. Posteriormente realizaron la presentación en plenario, frente al grupo de pares y docentes involucrados en la experiencia. Todos los grupos hicieron uso de los recursos pedagógicos disponibles, incluidos los TIC (presentaciones en PowerPoint y Prezi), Figuras 4 y 5. Presentaron también informes, cartillas, trifolios y boletines que distribuyeron a sus compañeros y docentes.



Figura 4. Foto de la actividad de plenario

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Imagen de alumna analizando un caso

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de las encuestas, los alumnos consideraron, en general, que entendieron la dinámica de estudio aplicada, puesto que promovió en ellos hábitos de reflexión y análisis. Se trabajó habitualmente en forma cooperativa y ordenada expresan también en sus respuestas. El trabajo les permitió expresar sus ideas, escuchar a sus compañeros y trabajar generalmente de forma equitativa, de acuerdo a la distribución de tareas. La mayoría de los alumnos consideró que la exposición y debate del tema asignado reflejó el trabajo desarrollado.

Con respecto a la situación problemática planteada, pudo ser interpretada en gran medida, identificando los parámetros más importantes relacionados a la cuestión planteada. Se ha logrado en gran parte relacionar e integrar los conocimientos teóricos impartidos por la cátedra y los prácticos requeridos en los problemas, además de incorporar para la resolución de los mismos, conocimientos previos traídos de otras asignaturas.

Si bien la información proporcionada por la cátedra y la obtenida a través de libros e internet les ha permitido desarrollar el estudio y análisis del caso, se considera que se podría reforzar este aspecto utilizando más fuentes de información.

Las situaciones analizadas confrontaron al alumno con problemas que encontrarán en su vida laboral, por ello casi todos los discentes afirmaron que esta actividad los ayudará en su desempeño profesional y por lo tanto constituyó una de las motivaciones para llevar a cabo este trabajo.

Los alumnos consideraron que la metodología usada como herramienta de enseñanza-aprendizaje fue positiva, porque logró en ellos aprendizajes efectivos al contar con los conocimientos previos necesarios para encarar el problema y con los recursos proporcionados por la cátedra, conjuntamente con los resultados obtenidos en su tarea de investigación. Puntualizaron que esto no hubiera sido posible si no se hubiera logrado una integración entre la teoría y la práctica. Agregaron luego que esto fue factible debido a la relación de feedback docente-alumno.

La evaluación del desempeño de los alumnos por parte de los docentes se hizo desde los progresos que los estudiantes pusieron de manifiesto, en relación a los conocimientos incorporados, su conducta para el análisis, su interés por la investigación, su desempeño, grupal y otras manifestaciones actitudinales.

Entre las mejoras o progresos observados podemos citar entre otros:

- Buen nivel de conocimientos
- Manejo adecuado de terminología y conceptos
- Muy buena predisposición para trabajar en forma grupal

Entre los aspectos a mejorar observados se tiene:

- Respetar el tiempo asignado para la exposición y debate, de manera que todos los grupos tengan la misma posibilidad de participar en el desarrollo de su tema
- Utilización de información más focalizada en el tema y no en el contexto
- Distribución más equilibrada de los ítems a exponer por cada miembro del grupo

4. Conclusiones y recomendaciones

La inclusión del aprendizaje basado en casos dentro de las actividades prácticas ayuda significativamente a la adquisición de habilidades y destrezas de alto nivel de pensamiento: destrezas metacognitivas (conciencia del problema a solucionar, búsqueda de estrategias de resolución, evaluación de resultados), destrezas cognitivas (mejorar los procesos mentales necesarios para procesar la información), destrezas de pensamiento (crítico, creativo, de aplicación). Los resultados obtenidos muestran que el uso del aprendizaje basado en casos aumenta la motivación del alumno, al tiempo que relaciona mejor los conceptos teórico-prácticos y los aplica en el desarrollo de un hecho concreto.

La aplicación del método de resolución de casos, como método de enseñanza resulta, de acuerdo con el estudio realizado, un estímulo para el estudiante. Sin embargo, también constituye un reto para el docente, puesto que no se puede improvisar y debe estar preparado para discutir y evacuar las dudas que planteen los grupos de alumnos existentes. El proceso enseñanza – aprendizaje es un proceso dinámico donde el pensamiento crítico y social exige juicio y deliberación entre los sujetos, entre quien enseña y quienes aprenden.

Con referencia al equipo docente se puede expresar que se concreta una nueva labor con la inclusión de estas estrategias de enseñanza pues, el profesor se constituye en facilitador del aprendizaje al ayudar a los estudiantes a acercarse a los niveles más complejos del conocimiento.

Se considera que los resultados son altamente satisfactorios y abarcan, desde la aceptación de los alumnos que han vislumbrado con estos conocimientos, nuevas fortalezas en el campo laboral, hasta las propuestas de trabajos de graduación en temas vinculados a la temática de la asignatura.

La estrategia de enseñanza adoptada por la Cátedra de Materiales resulta de interés en la formación de los futuros profesionales puesto que permite al alumno adquirir nuevos conceptos, ampliar el vocabulario específico, participar activamente, capacitarse en la toma de decisiones, favoreciendo de esta manera el desarrollo de habilidades y destrezas cognitivas.

El propósito de la Cátedra fue y es darle un sentido más profundo al trabajo práctico, elegir actividades que no sólo sean llamativas para el alumno, sino que éstas se orienten más a la reflexión favoreciendo un mejor desarrollo conceptual con el fin de lograr que esta actividad sea motivadora y pueda ayudar a concretar los objetivos de aprendizaje propuestos.

Por último se puede afirmar que encarar los problemas tecnológicos desde la metodología del estudio de casos ayuda a desarrollar en los alumnos actitudes que les sirven para integrar de forma efectiva la teoría y la práctica, otorgando capacidades argumentativas, los prepara a su vez para desempeñarse idóneamente en el campo profesional dispensándoles las competencias necesarias orientadas hacia los nuevos perfiles solicitados por el mundo actual del trabajo.

Sería recomendable realizar el seguimiento de la aplicación del Método de Casos en el desarrollo de la asignatura Ingeniería de Materiales de la carrera Ingeniería Industrial, que dicta la Cátedra de Materiales, en el segundo cuatrimestre, en la cual la cantidad de alumnos es mayor y observar el resultado cuando se trabaja con grupos más numerosos (aproximadamente 35 o 40 alumnos inscriptos por año), dado que lo desarrollado en este trabajo corresponde a lo analizado en la aplicación del método a alumnos de la asignatura Materiales para Ingeniería de la carrera Ingeniería Química, donde el número promedio de alumnos por año es de 20.

5. Referencias

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (1998). *Conferencia Mundial Sobre la Educación Superior. La educación superior en el siglo XXI. Visión y Acción*. UNESDOC. París. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345S.pdf>
- [2] CAYETANO ARTEAGA, MARÍA C.; GERARD, LILIANA M. et al. (2008). *Articulando Conocimientos Teóricos Prácticos de Microbiología General y Física. Integrando Conocimientos*. En Publicación de Jornadas de Difusión de Proyectos de Investigación y Extensión. Universidad Nacional de Entre Ríos.
- [3] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA. (2010). *La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible. Aportes del CONFEDI*. Congreso Mundial de Ingeniería 2010. Buenos Aires. Argentina. Disponible en <http://pepe.fio.unicen.edu.ar/images/biblioteca/CONFEDI-APORTESenINGENIERIA2010.pdf>
- [4] OLGUÍN, A. et al. (2006). *En Busca de las Estrategias Perdidas*. Ensayos sobre la Enseñanza en Educación Superior. pp 97-115 Ediciones IMPREX, Argentina.

- [5] LAWRENCE, PAUL. (1953). *The Preparation of Case Material*. En Kenneth R. Andrews,(Ed.), *The Case Method of Teaching Human Relations and Administration*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- [6] DEWEY, JOHN. (1966). *Democracy and education an Introduction to the Philosophy of Education*. New York: The Free Press.
- [7] ADAM, E. (2002). La Dimensión Afectiva y Motivacional en el Discurso para la Enseñanza de Idiomas. *Aula Innovación Educativa*. [Versión electrónica] N° 111, págs. 35-40. Disponible en <http://www.grao.com/revistas/aula/111-hablar-para->
- [8] BOEHRER, J.; LINSKY, M. (1990). *Teaching with Cases: Learning to Question*, en Svinicki, M.D. (ed.), *The Changing Face of College Teaching*. New Directions for Teaching and Learning, no. 42. San Francisco: Jossey-Bass.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ALCANCES DE LA PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO INDUSTRIAL EN EL DESARROLLO Y/O DISEÑO DE PRODUCTOS

Héctor Darío Enriquez, Universidad Nacional de Misiones, enriquez@fio.unam.edu.ar

Anibal Cofone, Universidad de Buenos Aires, anibalcofone@gmail.com

Víctor Andrés Kowalski, Universidad Nacional de Misiones, kowal@fio.unam.edu.ar

Ana Daniela Viera, Universidad de Buenos Aires, anadanielaviera@gmail.com

Cecilia Fornari, Universidad de Buenos Aires, fornaricecilia@gmail.com

Rodolfo Saúl Cohen, Universidad Nacional de Misiones, rsaulcohen@gmail.com

Resumen— Los alcances del título de Ingeniero Industrial establecidos en la normativa de acreditación vigente proponen intervenciones en las etapas de los sistemas de producción de bienes y servicios, pero reservan al Diseño de Productos (DP) un lugar limitado. Las Competencias Genéricas propuestas por el CONFEDI y convalidadas por la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería, proponen varias actividades relacionadas al diseño. Incluyendo en esta discusión el concepto del ingeniero como un solucionador de problemas a través del acto de “diseñar” se suscitan disyuntivas en torno a los contenidos que deben incluirse en un plan de estudios. Un Modelo de Formación por Competencias posibilita sustituir la pregunta ¿qué contenidos “darle” al alumno? por ¿qué deberá ser capaz de hacer el graduado? A partir de un trabajo transversal e interconectado entre los cursos de DP de la carreras de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA), con 30 años de historia en la temática, y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), combinando enfoques de investigación cualitativos y cuantitativos, este trabajo propone respuestas a la disyuntiva mencionada. Las respuestas se enfocan a las competencias para el desempeño profesional del ingeniero industrial para el DP a partir del propio concepto de Producto, desde la idea hasta su lanzamiento.

Palabras clave— *Formación por Competencias, Ingeniería Industrial, Diseño de Productos.*

1. Introducción

Existen numerosas definiciones sobre la ingeniería propuestas por diferentes asociaciones profesionales de cada rama de esta titulación así como también diferentes conceptualizaciones sobre esta antigua profesión. Las instituciones de educación superior dedicadas a la formación de ingenieros han desarrollado sus planes de estudio teniendo en cuenta diferentes factores políticos e institucionales, así como sus formas de concebir a la ingeniería. Sin embargo, desde la irrupción de los procesos de acreditación de carreras de ingeniería en la Argentina las carreras han debido homogeneizar un 55% de sus cargas horarias con una serie de contenidos establecidos como mínimos para cada titulación. En el caso de Ingeniería Industrial, estos contenidos, así como las Actividades Reservadas al Título y los Criterios de Intensidad de

Formación Práctica, entre otros estándares de calidad, se encuentran establecidos en la Res ME 1054/02 [1]. Por otra parte, en el proceso de acreditación a nivel del MERCOSUR, a través del Sistema ARCU-SUR (o ARCU-SUL), se han establecido criterios regionales de calidad de manera que las carreras que participen de este proceso y obtengan resultados positivos puedan tener una garantía pública regional en cuanto a su nivel tanto académico como científico [2]. En el documento que establece los criterios de calidad de este sistema, se propone una definición para la ingeniería a nivel de MERCOSUR, cuestión que constituye un hito muy significativo porque establece un marco conceptual claro para esta titulación.

Una de las actividades esenciales de la ingeniería es el Diseño, el cual constituye tanto una disciplina como una mediación para alcanzar el desarrollo de una serie de competencias, tanto específicas como genéricas, en la formación de ingenieros. Esta cuestión está presente en las normativas de acreditación de la Argentina y a nivel de MERCOSUR, y también muy sólidamente en las Competencias Genéricas que se han aprobado para el Ingeniero Iberoamericano por la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) [3].

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIUNaM) se está llevando adelante un proyecto de investigación en el área de la Formación por Competencias (FPC) con el objeto de desarrollar un modelo para ser aplicado en la carrera de Ingeniería Industrial. En este contexto, uno de los temas de análisis está centrado en las actividades de Diseño y su relación con la FPC, cuestión que propone una serie de interrogantes: ¿el diseño debe estar presente en el plan de estudio de una carrera de ingeniería industrial en forma de espacio curricular, como ser una asignatura, o debe ser una actividad transversal, mediada por otra disciplina, o a lo largo de la carrera?; en caso que constituya un espacio curricular ¿cuál debe ser el objeto sobre el cual se practica la actividad de diseñar?; ¿se debe presentar como una Competencia Específica de Egreso para el ingeniero industrial, o se debe presentar como una serie de Resultados de Aprendizaje que pueden surgir de uno o varios espacios curriculares?; en caso de presentarse como un conjunto de Resultados de Aprendizaje ¿es posible establecer un sistema de categorías que abarque desde un mínimo exigible en un plan de estudio hasta un máximo para la excelencia en esta área? Para abordar este tema, la cátedra de Diseño de Producto (DP) de la FIUNaM y su homónima de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), que cuenta con amplia trayectoria en la disciplina, a través de un trabajo conjunto interinstitucional, se proponen aportar posibles respuestas para estos interrogantes a fin de clarificar qué papel debe tener el Diseño en general, y el DP en particular, en la formación de ingenieros industriales en el marco de la FPC. Vale mencionar que la matriz histórica de la carrera de Ingeniería Industrial en Argentina reservaba a la misma las “incumbencias” de Diseño de “Procesos”, pero no se mencionaba específicamente la problemática de “productos”. Podemos considerar que esta situación ha evolucionado, sobre todo en el mundo de los últimos 60 años, donde la organización de los mercados ha sido básicamente de sobreoferta de opciones de productos, a diferencia de los primeros años de la producción masiva e industrial donde, como decía, Henry Ford I: “el cliente puede pedir el color de auto que desee, siempre que sea negro”. La revisión y reflexión de las prácticas docentes dentro de un Modelo de Formación por Competencias conduce a un replanteo conceptual sobre el DP, cuyo alcance va más allá de lo que ocurre en los cursos específicos. Este trabajo se orienta precisamente a discutir y analizar cómo debe ser abordado el DP en un plan de estudios de una carrera de Ingeniería Industrial a los efectos de ser consistente con las normativas de acreditación y las Competencias Genéricas establecidas por la ASIBEI. Para ello necesariamente el tema debe ser contextualizado, desde la propia conceptualización de la ingeniería, pasando por los marcos

formales de la formación de ingenieros, llegando hasta los aspectos pragmáticos que se desarrollan en los espacios de trabajo docente-alumno en las aulas.

2. Metodología

En este trabajo se presenta un segmento de un proyecto de investigación en Formación Por Competencias (FPC) que se está desarrollando en la FIUNaM abordando ocho asignaturas de la carrera Ingeniería Industrial. En este segmento del proyecto se está trabajando en conjunto entre las asignaturas relacionadas al DP de la FIUNaM y de la FIUBA, utilizando un enfoque mixto, que combina los enfoques cualitativos y cuantitativos. La investigación general del proyecto se realiza bajo el paradigma pragmático [4], en tanto la estrategia que se ha utilizado aquí es el estudio de caso y el análisis de la práctica interpretativa. Las técnicas e instrumentos comprenden, entre otras, la revisión documental y bibliográfica, grupos de discusión, y la triangulación. Sampieri et al. [5] sostienen que el marco teórico es un proceso y un producto a la vez, y como se percibe que no existe una conceptualización clara acerca del Diseño en los actores universitarios, se impone presentar una fundamentación al respecto como un resultado, que surge no solamente de un discurso teórico, sino que además se fundamenta en los análisis de los resultados de la praxis de ambas asignaturas. La investigación bibliográfica se centra fundamentalmente en publicaciones referenciales sobre el DP, así como sobre la enseñanza del Diseño en la formación de ingenieros, y, por otra parte, sobre conceptos centrales de la FPC que sostienen el proyecto de investigación. Se continúa con la revisión de normativas y documentos sobre acreditación de carreras de ingeniería, así como las resoluciones de acreditación del último proceso de las carreras de ingeniería industrial de la Argentina. Esta revisión se enfoca específicamente al Diseño, tanto como objeto de conocimiento y como mediación pedagógica, desde el enfoque de la FPC.

3. Resultados y Discusiones

3.1 Diseño en Ingeniería: ¿verbo o sustantivo?

La satisfacción de las necesidades humanas generadas dentro del entorno de la cultura material, plasmada en un producto, un proceso, un servicio, o inclusive una actividad complementaria, solamente se materializa a través de un proceso creativo y complejo denominado “diseñar”. Diseñar es materializar, es ponerle forma y función a algo, es darle expresión, es la forma en que los seres humanos expresan sus objetivos de vida a los demás. Y es entonces cuando, atendiendo una parte de las necesidades humanas surgidas de la cultura material, “El diseño no solo es parte integral de la ingeniería: es la ingeniería misma” [6]. Siguiendo esta dirección Wankat y Oreovicz comienzan uno de los capítulos de su libro *Teaching Engineering* con la siguiente afirmación de C. N. Eastlake [7] “Ingeniería sin laboratorios [ni diseño] es una disciplina diferente. Si cortamos los laboratorios [y el diseño] se podría cambiar el nombre por el de Matemáticas Aplicadas” complementándola con que “las actividades de diseño y de laboratorio son el corazón de una enseñanza de la ingeniería”, sin que por ello se implique que las Matemáticas Aplicadas sean algo errado. Entonces el Diseño debe estar presente en la formación de ingenieros, no como un simple objeto de conocimiento, sino como una actividad transversal, ya que la acción de resolver problemas, que puede ser descripta a través de una serie de pasos que comienza por la percepción del problema y culmina con la implantación de una solución, es conceptualmente un acto de diseño.

3.2 El Producto como objeto de conocimiento y como objeto de diseño

Santesmases Mestre et al. [8] para conceptualizar al producto proponen hacerlo desde dos enfoques. El primero es desde el producto en sí mismo, afirmando que “un producto es una suma de características o atributos físicos”, en tanto desde el concepto centrado en las necesidades del consumidor “es cualquier bien material, servicio o idea que posea un valor para el consumidor o usuario y sea susceptible de satisfacer una necesidad”. Estos autores señalan que este último enfoque “supone que las personas compran los productos no por sí mismos, sino por los problemas que resuelven”. El problema a resolver por el producto es entonces la satisfacción una necesidad, la cual se da en el entorno donde se produce una relación entre el usuario y el producto en tanto éstos cumplan una función. Si bien originalmente este aspecto estaba centrado en la relación forma/función en las tradicionales escuelas del Diseño Industrial, el concepto ha evolucionado hacia un campo más complejo. A los efectos de ser sintéticos, aquí se adopta la propuesta de Bürdeck [9] quien divide a las funciones en prácticas y las del lenguaje del producto. A su vez estas últimas comprenden las estético-formales y las del signo, que abarcan las funciones simbólicas y las indicativas. Más allá que existan otras formas de conceptualizar a las funciones, como por ejemplo aquellas que agregan la función ecológica, lo significativo para un ingeniero industrial es poder reconocer la complejidad de las funciones de los productos y no limitar su visión a una mera función práctica.

Los productos llegan a los usuarios o consumidores a través del proceso de comercialización de las empresas. La complejidad de los productos actuales requiere de la contribución de un conjunto de disciplinas, como el Marketing, el Diseño Industrial, y fundamentalmente numerosas ramas de las ingenierías, entre las cuales se encuentra la Ingeniería Industrial, quienes son responsables de aspectos técnicos en cuanto a los materiales, así como de los procesos de manufactura [10]. Sin embargo los ingenieros en general, y los industriales en particular, no pueden limitar su participación a los aspectos relacionados con los materiales y los procesos. Por supuesto que un ingeniero industrial no puede reemplazar a un diseñador industrial o a un licenciado en marketing, lo que sí puede hacer es tener las competencias necesarias para integrar estas disciplinas junto con las de ingeniería específicas a un proceso interdisciplinario.

Entonces, el ingeniero industrial debe tener al Producto como uno de sus objetos de conocimiento, y las acciones que podrá practicar sobre este objeto dependerán del perfil del egresado propuesto para la carrera. Pero también debe tener al Producto como objeto de Diseño, ya que actúa como medio para aplicar alguna de las tantas metodologías de diseño existentes. Diseñar un Producto implica articular e integrar diferentes disciplinas, muchas de ellas del campo de las ingenierías, y si el resultado propuesto es un prototipo, real o virtual, de complejidad baja o moderada debe ponerse en acción un conjunto de esquemas mentales, motrices, e inclusive sociales. Es así que el Diseño de Producto (DP) se constituye en un concepto que no puede estar al margen en la formación de ingenieros.

3.3 El Diseño en los marcos normativos

Para el proceso de acreditación de la Titulación Ingeniería a nivel ARCU-SUR se utiliza un documento que está elaborado en cuatro Dimensiones: Contexto Institucional, Proyecto Académico, Comunidad Universitaria, e Infraestructura. Cada una de estas dimensiones está dividida en Componentes, los cuales a su vez están compuestos por una serie de Criterios. Finalmente, para cada uno de estos criterios se establecen una serie de Indicadores, muy puntuales y específicos. En primer lugar es para destacar que se presenta una definición de la ingeniería adoptada para el MERCOSUR: “La carrera de Ingeniería se define como el

conjunto de conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos de base físico-matemática, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas y productos, procesos y obras físicas, mediante el empleo de la energía y materiales para proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, preservando el medio ambiente” [2]. Seguidamente se establece que “El ingeniero debe tener conocimientos, capacidades, actitudes y habilidad para (entre otros): concebir, proyectar y analizar sistemas, productos y procesos” y “planificar, supervisar, elaborar y coordinar proyectos y servicios de ingeniería”. Luego, se fija la Estructura Curricular con cuatro Áreas de Conocimiento. En el área de la Ingeniería Aplicada, que es aquella que “Considera los procesos de aplicación de las Ciencias Básicas y de la Ingeniería para proyectar y diseñar sistemas, componentes o procedimientos que satisfagan necesidades preestablecidas” se sostiene que se “Deben incluir los elementos fundamentales del diseño de la Ingeniería”. Entre los indicadores se destaca el siguiente: “2.1.6.4. Existencia de contenidos curriculares que puedan proporcionar una sólida base científica, así como conocimientos de ciencia aplicada y del diseño en la ingeniería”. Hay que tener en cuenta que estos lineamientos son para la titulación ingeniería en general, independientemente de la rama disciplinaria.

Por otra parte, la norma que regula el proceso de acreditación para la carrera ingeniería industrial en la Argentina es la Resolución ME 1054/02 [1]. Esta norma se divide en cinco anexos: Anexo I: Contenidos Curriculares Básicos; Anexo II: Carga Horaria Mínima; Anexo III: Criterios de Intensidad de la Formación Práctica; Anexo IV: Estándares para la Acreditación; y Anexo V: Actividades Reservadas al Título. Entre los Contenidos Curriculares Básicos, del Anexo I, existe una mención un tanto confusa en la conceptualización de las Tecnologías Aplicadas con relación al DP: “Deben considerarse los procesos de aplicación de las Ciencias Básicas y Tecnologías Básicas para proyectar y diseñar sistemas, componentes o procedimientos que satisfagan necesidades y metas preestablecidas”. Seguidamente establece que “A partir de la formulación de los problemas básicos de la ingeniería deben incluirse los elementos fundamentales del diseño, abarcando aspectos tales como el desarrollo de la creatividad, resolución de problemas de ingeniería, metodología de diseño, análisis de factibilidad, análisis de alternativas, factores económicos, ambientales y de seguridad, estética e impacto social”. Seguidamente se establecen cuáles son las disciplinas obligatorias que deben estar incluidas: “Optimización y Control, Investigación Operativa, Gestión de Calidad, Instalaciones Termomecánicas y Eléctricas, Economía, Higiene, Seguridad y Saneamiento, Legislación, Organización y Administración de Empresas”. Aquí se observan dos inconsistencias. La primera es que al no estar planteado el Diseño como un área disciplinar, resulta difícil imaginar dónde encontrar los “elementos fundamentales del diseño” en las disciplinas mencionadas. La segunda se relaciona con el término “estética” en relación al Diseño, ya que este factor está más relacionado con el concepto de producto, como fue expuesto en el sub-apartado 3.2, que con un componente, un proceso o un sistema. En tanto el Anexo III clasifica las actividades prácticas en Formación Experimental, Resolución de Problemas de Ingeniería, Actividades de Proyecto y Diseño (APD) y Práctica Supervisada en los sectores productivos y/o de servicios. Con relación a las APD la norma enuncia “Se entiende por tales a las actividades que empleando ciencias básicas y de la ingeniería llevan al desarrollo de un sistema, componente o proceso, satisfaciendo una determinada necesidad y optimizando el uso de los recursos disponibles”. En tanto, el Anexo IV, en su punto II.9 vuelve a referirse a las APD en términos semejantes a las del Anexo III, pero agregando habilidades que “estimulen la capacidad de análisis, de síntesis y el espíritu crítico del estudiante, despierten su vocación creativa y entrenen para el trabajo en equipo y la valoración de alternativas”. Finalmente, el Anexo V tiene solamente una Actividad Reservada al Título que menciona el DP: “Participar en el diseño de productos en lo relativo a la

determinación de la factibilidad de su elaboración industrial”. De lo expuesto una cuestión es clara: la norma no es acertada, o por lo menos no es completa, en relación al papel del DP en la formación de ingenieros industriales. Por otra parte, esta norma ya tiene casi 15 años, lo cual hace suponer la necesidad de una revisión de acuerdo a las realidades y perspectivas de la profesión.

El tercer documento considerado es el de ASIBEI en cuanto a las Competencias Genéricas, las cuales están divididas en dos grupos: cinco Tecnológicas (CT) y cinco Sociales, Políticas y Actitudinales (CSPyA). El Diseño se encuentra presente en la segunda y quinta CT: “2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos)” y “5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas”. Estas competencias están desagregadas en Capacidades Asociadas Integradas, las cuales a su vez están compuestas por Capacidades Componentes, siendo estas últimas útiles para “explicitar la capacidad” así como “diseñar estrategias de aprendizaje y evaluación” [3]. Explicar aquí el detalle de cada una de ellas es difícil por razones de espacio, aunque se pueden señalar algunos puntos centrales, que están en forma explícita. El concepto de “proyecto de ingeniería” incluye al DP como respuesta a un Problema a Resolver; las etapas del Diseño desde su fase inicial de “identificación de las necesidades”, a las cuales se les pretende dar una “solución tecnológica”, hasta la “documentación del proyecto”; la Creatividad es indispensable para el Diseño.

La consideración de las tres normativas analizadas, más allá de las inconsistencias expuestas, no deja lugar a dudas que el DP, normativamente hablando, debe ser parte de un Plan de Estudio, no limitándose al Producto como objeto de conocimiento, sino abarcando las metodologías de diseño y las técnicas de creatividad como parte de la formación de ingenieros industriales.

3.4 El Diseño en el Marco de un Modelo de Formación por Competencias

El modelo de FPC (MFPC) desarrollado en la FIUNaM se apoya sobre tres pilares fundamentales, alineados y articulados entre sí: la Formulación de Competencias a desarrollar, la Mediación Pedagógica (Selección de Métodos y Modalidades de Enseñanza) y el Sistema de Evaluación de Competencias [11]. La pieza fundamental de la articulación es el Diseño Instruccional, desde un enfoque constructivista, que propone el cuerpo docente. La definición de competencia asumida es la establecida por Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la Argentina CONFEDI en el año 2007, y tomada como propia por la ASIBEI en 2013: “Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales” [3]. Las competencias se dividen en Específicas (CE) y Genéricas (CG). Estas últimas, como se mencionó previamente, se dividen en cinco CT y cinco CSPA. Las CE son propias de cada rama de las ingenierías, en tanto las CG son transversales a todas las carreras de ingeniería, tal como plantean los documentos mencionados. El aspecto central de una competencia es la “movilización” de recursos para resolver situaciones-problemas [12]. En este sentido Le Boterf afirma que “Disponer de un equipamiento de recursos es una condición necesaria pero no suficiente para ser reconocido como competente” [13]. Los recursos son los saberes, que pueden ser saberes re-decir y re-hacer en una categoría inferior, en tanto los saberes significativos para un profesional competente, en una categoría superior, son los saberes-hacer cognitivos, gestuales y socio-afectivos. Para que un alumno de ingeniería pueda formarse en competencias es necesario ponerlo ante situaciones donde deba articular e integrar los recursos o saberes.

Como en el presente caso se está trabajando sobre un espacio curricular particular (asignatura, módulo o una parte de éstos) donde se pueda tratar el DP se debe introducir el concepto de Resultados de Aprendizaje (RA). Si bien podría trabajarse con Competencias para estos espacios, la práctica instalada en la mayoría de los países iberoamericanos con MFPC indica la necesidad de tratar con RA. El Marco Europeo de Cualificaciones para el Aprendizaje Permanente, o EQF, define los resultados de aprendizaje como la “expresión de lo que una persona sabe, comprende y es capaz de hacer al culminar un proceso de aprendizaje” [14]. La mayoría de las guías para redactar los RA están basadas sobre los fundamentos de Kennedy [15], pero con algunos agregados. Con estas consideraciones un RA se compone de un verbo de desempeño (verbo de acción), de un objeto conceptual (o de conocimiento) y un contexto. A su vez el contexto se divide en una condición de referencia o de calidad y una finalidad contextual [16]. La Taxonomía de Bloom está basada en tres dominios: Cognitivo, Afectivo, también denominado Subjetivo o Emocional y Psicomotor [15]. Según Kennedy (op.cit.) esta taxonomía en el plano cognitivo “describe como construimos sobre lo anteriormente aprendido para desarrollar niveles más complejos de comprensión” y establece seis niveles, los cuales son, desde el más bajo hasta el superior: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Los tres primeros niveles son denominados categorías de orden inferior, en tanto los otros tres son de categoría superior, porque implican operaciones de pensamientos más complejas. No obstante, para ser consistentes con la propuesta que se viene desarrollando a lo largo del trabajo, aquí se propone para la elección del verbo el uso de la Taxonomía de Bloom revisada por Krathwohl [17] que establece seis niveles del dominio cognitivo. Estos son, desde el más bajo hasta el superior: recordar, entender, aplicar, analizar, evaluar y crear. A diferencia de la Taxonomía Original de Bloom, en la Krathwohl se utilizan verbos y no sustantivos, y además el verbo crear está en el nivel cognitivos superior.

La mediación pedagógica, en términos simples, es el “cómo” del proceso de enseñanza y aprendizaje, y para ello De Miguel Díaz et al. proponen un referencial interesante con descripciones claras y accesibles [18]. Estos autores se refieren al Método Docente como el “conjunto de decisiones sobre los procedimientos a emprender y sobre los recursos a utilizar en las diferentes fases de un plan de acción”, los cuales deben estar “organizados y secuenciados coherentemente con los objetivos” para lograr lo que se espera como resultado del proceso. Incluyen aquí el Método Expositivo/Lección Magistral, el Estudio de Casos, la Resolución de Ejercicios y Problemas, el Aprendizaje basado en Problemas, el Aprendizaje Orientado a Proyectos, el Aprendizaje Cooperativo y el Contrato de Aprendizaje. No obstante, más allá de cualquier taxonomía de estrategias, modalidades, métodos, u otro término bajo el cual quiera encuadrarse lo “que se hace” durante el proceso formativo, sea en el aula, en laboratorio, en campo, o mediado por entornos virtuales, lo más importante es que debe ser un proceso activo. Huber sostiene respecto del aprendizaje activo que “No es posible aprender por otra persona, sino cada persona tiene que aprender por sí misma [19]. Esto conduce a hablar de metodologías activas, que para Labrador Piquer y Andreu Andrés [20] “se entiende hoy en día aquellos métodos, técnicas y estrategias que utiliza el docente para convertir el proceso de enseñanza en actividades que fomenten la participación activa del estudiante y lleven al aprendizaje”.

Para las actividades de Diseño, dentro de la literatura de FPC la metodología recibe diferentes denominaciones: Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP), Método de Proyectos, entre otras. En la definición que presentan De Miguel Díaz et. al [18] sostienen que consiste en “... la realización de un proyecto en un tiempo determinado para resolver un problema o abordar una tarea mediante la planificación, diseño y realización de una serie de actividades,...”. El alumno desarrolla esta actividad “a partir del desarrollo y aplicación de aprendizajes adquiridos y del uso efectivo de recursos” (ibid.). El AOP puede contribuir a formar diversas

competencias, tanto específicas como genéricas. No obstante, entre las sociales políticas y actitudinales se destacan las dos primeras y la quinta: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo, Comunicarse con efectividad y Actuar con espíritu emprendedor.

De Miguel Díaz et. al (op.cit.) presentan en forma concisa cuáles son las estrategias de enseñanza y tareas que tienen que llevar adelante el profesor, las estrategias de aprendizaje y tareas que le corresponde al estudiante, cuáles recursos deben implicarse, cómo debe realizarse la evaluación, así como también cuáles son las ventajas e inconvenientes asociados con esta metodología. Entre las ventajas que presenta el AOP se destaca, desde el marco de la FPC, aquella que afirman Tippelt y Lindemann [21] “En el método de proyectos intervienen las competencias cognitivas, afectivas y psico-motrices”. Este es el tema central de una actividad de Diseño enmarcada adecuadamente en el AOP. Se mencionó precedentemente que la característica central de actuar en forma competente deviene de la movilización integrada y articulada de recursos con el fin de resolver problemas en un determinado contexto profesional. Roegiers [12] propone un referencial para el diseño de situaciones de integración que se apoya en tres partes: las “características de una situación” (integración, producción esperada del alumno y rasgos de situación a-didáctica), los “constituyentes de una situación” (soporte, tarea y consigna), y el “carácter significativo de una situación”. Con otros tipos de actividades, distintas a las de actividades de proyecto y diseño, crear una situación de integración requiere de gran esfuerzo y creatividad por parte del docente. Sin embargo, en el caso de una actividad de diseño, estas características se presentan en forma natural, es decir son intrínsecas a la propia actividad. En estas actividades Fernández Martínez [22] sostiene que “La innovación que supone la realización de proyectos como estrategia de aprendizaje radica no en el proyecto en sí mismo, sino en las posibilidades que supone su realización para poner en práctica y desarrollar diferentes competencias”. De aquí se desprende una cuestión central con el Diseño, que además de ser un objeto de estudio en sí mismo, también es un “medio para” el alcance de ciertas metas y competencias en la formación de ingenieros.

Un último aspecto a señalar es que esta metodología, al igual que otras activas, son criticadas por el elevado consumo de tiempo, algunas veces de recursos, e inclusive a veces por no tener un vínculo con los proyectos de investigación institucionales [7] lo cual muchas veces es el argumento para que sean dejadas de lado. No obstante, como sostiene Mastache este argumento es “falaz” [23]. En primer lugar porque a través de estas metodologías se pueden formar competencias que no es posible hacerlo con otros métodos. El Diseño se aprende Diseñando, no hay otra forma. En segundo lugar si estas metodologías son aplicadas a través de todo el Plan de Estudio (PE) de una carrera, el tiempo consumido será cada vez menor a medida que se avanza en los diferentes niveles del PE, ya que los alumnos van desarrollando competencias para este tipo de trabajo, que no pueden alcanzar de otra manera. Claro que esto tiene implicancias para el profesorado, ya que además de tener que aprender a trabajar con estas metodologías, debe cambiar su rol, de transmisor de contenidos a facilitador de aprendizajes, particularmente asumiendo el papel tutorial.

3.5 El DP en carreras de Ingeniería Industrial acreditadas por la CONEAU

Sobre un total de 51 carreras de Ingeniería Industrial observadas en Argentina, en el último proceso de acreditación de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), se encuentran carreras que acreditaron por un periodo de 6 años, otras pudieron extender su acreditación 3 años. También hay otras para las cuales no se hallan publicados los resultados del proceso de acreditación en el sitio de dicha entidad, o bien se encuentran en periodo de reconsideraciones. Entre las carreras que han acreditado por 6 años (un total de 28), algunas lo hicieron en una única etapa durante el proceso (6 carreras) y el resto alcanzaron el estándar en dos etapas, después de pasar por extensiones y reconsideraciones.

Entre las que acreditaron en una primera instancia se encuentran las carreras de Ingeniería Industrial de la FIUBA y la FIUNaM.

Se efectuó un análisis de la presencia de contenidos relacionados al DP y, por otro lado, de las cargas horarias asignadas a Actividades de Proyecto y Diseño (APD) declaradas en los planes de estudio (PE) de las carreras que alcanzaron el estándar de acreditación por 6 años, que como se mencionó anteriormente son 28 (54,9% sobre el número de carreras de Ingeniería Industrial en el país). Dentro de esta categorización, se observaron 2 carreras para las cuales no se encontraron los datos de la carga horaria para la formación práctica en sus últimas resoluciones de acreditación publicadas por CONEAU, lo cual imposibilitó conocer las horas de APD de sus PE. Estas últimas se retiraron de la muestra, quedando la misma finalmente conformada por 26 carreras (50,9%) acreditadas por 6 años. Este análisis se realizó verificando las asignaturas, sus contenidos, créditos horarios y bibliografía, en cada uno de los PE. Se identificó en cada PE las asignaturas cuyos contenidos provengan de la ingeniería del producto y del marketing, para interpretar el tipo de formación o perfil del egresado en cada institución en relación al DP. Se consideraron también los niveles o años donde se encuentran las asignaturas, ya que por ejemplo si se encuentra en una asignatura de 2do año contenidos específicos de DP, resulta imposible que en un proyecto en ese nivel de la carrera puedan integrarse otras disciplinas relacionadas al DP, ya que se encuentran en niveles posteriores. Se clasificaron los planes de estudio en relación al DP en categorías “Alto”, “Medio” y “Bajo”, de acuerdo a los siguientes criterios:

Alto: Carreras cuyos PE contienen asignaturas que intervienen en las distintas fases del DP, cuyos contenidos provienen del marketing, diseño e ingeniería del producto. Además, estas asignaturas están ubicadas en el PE de tal manera que es posible la integración de los saberes o recursos de cada disciplina en niveles cognitivos superiores.

Medio: Carreras cuyos PE abordan en forma parcial las fases del DP, ya sea mediante una asignatura específica o dentro del marketing. Se considera que en los PE agrupados en esta categoría el DP es abordado como objeto de conocimiento, tratado en la práctica en forma indirecta, sin que se efectúen prácticas integradoras específicas del proceso de DP.

Bajo: Carreras cuyos PE abordan las fases del DP de manera parcial o reducida, sin incluir materias específicas sobre el tema. En estos PE el DP se encuentra como objeto de conocimiento, dentro de asignaturas de otras disciplinas.

Además de estos criterios, se adoptaron consideraciones para los PE que poseen materias electivas. Se consideró indistinto el tratamiento del tema en los PE, sean las materias relacionadas al DP obligatorias o electivas. Sin embargo, se presentan discriminados los resultados de acuerdo a estas categorías, para una mejor comprensión. Con los criterios anteriores, surgió del análisis que 14 carreras (53,8% de la muestra) se encuentran en la primera categoría, 6 carreras (23,1%) en la segunda categoría e igual número de carreras en la última categoría. De estos resultados se desprende que en casi la mitad de las carreras de la muestra (46,2%) el egresado estaría capacitado para una participación parcial o reducida en un proceso de DP, por el abordaje que se le da al DP, lo cual se encuentra lejos de una situación ideal. En los PE de las carreras mejor categorizadas según este análisis, se encontraron asignaturas con contenidos como diseño, diseño asistido por computadora (CAD/CAM), decisiones de producto, tecnologías de fabricación, comercialización, distribución, investigación de mercados, estrategias de marketing, marketing industrial, comercio exterior, entre otros. En todos los casos, estas materias se encontraron ubicadas entre los niveles 3ro y 5to dentro de los PE. No obstante, en algunas de estas carreras (7 carreras) existen asignaturas electivas e incluso distintas orientaciones, por lo que en tales situaciones el abordaje del proceso completo de DP por parte de un egresado quedaría

condicionado a cuales asignaturas optativas cursó. En las carreras categorizadas en nivel “medio”, se encontró el DP como objeto de conocimiento principalmente en asignaturas de marketing y en materias de otras disciplinas (como ser materias de organización industrial, planeación de producción, entre otras). En una de ellas este objeto de conocimiento se encontró solamente en una materia electiva. Por último, en las carreras categorizadas como nivel “bajo”, solamente en una de ellas se encontró el DP en una asignatura obligatoria, como objeto de conocimiento dentro del marketing. En otras carreras dentro de esta categoría, se halló el DP únicamente como objeto de conocimiento en materias que corresponden a otras disciplinas. En el resto no se encontró este tema, aunque existen asignaturas optativas, pero desafortunadamente no se cuentan con datos sobre las mismas.

En los Criterios de Intensidad de la Formación Práctica de la Res ME 1054/02 [1] está establecido que la formación práctica en una carrera de Ingeniería Industrial debe tener una carga horaria de al menos 750 horas, distribuidas entre “formación experimental, resolución de problemas de ingeniería, proyecto y diseño, y práctica profesional supervisada”. Se establece además que “la intensidad de la formación práctica marca un distintivo de la calidad de un programa y las horas que se indican en esta normativa constituyen un mínimo exigible a todos los programas de ingeniería, reconociéndose casos donde este número podría incrementarse significativamente”. No se incluyen en esta carga horaria la resolución de problemas tipo o rutinarios de las ciencias básicas y tecnologías y, en un proceso de acreditación, esos mínimos pueden resultar insuficientes y juzgarse su adecuación. Además “una mayor dedicación a actividades de formación práctica, sin descuidar la profundidad y rigurosidad de la fundamentación teórica, se valora positivamente y debe ser adecuadamente estimulada”. En cuanto a las horas de APD, está establecido que como parte de los contenidos de un PE de Ingeniería Industrial debe incluirse una “experiencia significativa”, mínima de 200 horas, en actividades de proyecto “preferentemente integrados” y diseño de ingeniería. Esta integración, en el caso del DP debería incluir, como mínimo, actividades de investigación de mercados, ingeniería de productos y servicios, ingeniería de procesos y análisis económico.

En la Figura 1 se presentan los datos obtenidos de las resoluciones de acreditación de las 26 carreras que conforman la muestra en estudio. El rango de las cargas horarias de APD de estas carreras es de 202 a 414 horas, con un promedio de 280,7 horas. Por encima de ese promedio se encuentran 15 carreras (57,7 % de la muestra); 7 carreras tienen entre 200 y 250 horas de APD, 9 carreras tienen entre 250 y 300 horas, 8 carreras tienen entre 300 y 350 horas, y solo 2 tienen más de 350 horas de APD. Volviendo a la Res ME 1054/02, la carga horaria de APD observada en todos los PE satisface la “experiencia mínima” de 200 horas, pero en lo que concierne al DP, por los criterios con los que se categorizaron los PE de las carreras acreditadas, solo en aquellas de nivel “Alto” podrían esperarse actividades de proyecto de DP “integrados”, tal como lo requiere la citada reglamentación. En la Figura 1, se diferenciaron con barras de color verde aquellas carreras categorizadas con nivel “Alto”. En esta categoría, el rango de horas de APD es de entre 203 a 414 horas, con lo cual, sumado al hecho de la existencia de asignaturas electivas, se observa que, aunque mejor valoradas, en estas carreras el tratamiento que recibe el diseño es marcadamente desigual. Además, en la Figura 1 se observan carreras de esta categoría con cargas horarias apenas superiores al mínimo exigido de 200 horas, lo cual conduce al cuestionamiento de cuan significativas pueden ser las actividades de proyecto en el área de DP “integrados”, tal como lo establece la Res ME 1054/02.

Como último análisis, la Res. ME 1054/02 [1] establece que “La carga horaria mínima total del plan de estudio será de 3750 horas, recomendándose su desarrollo a lo largo de cinco años”. Esto implica que el cumplimiento mínimo, pero cumplimiento al fin, se puede limitar a

750 horas (un 20% del PE) de formación práctica, y 200 horas (un 5,3 % del PE) de APD. Tratándose de metodologías de aprendizaje activo, estos valores ¿representan “un distintivo de la calidad de un programa”? particularmente tratándose de metodologías de aprendizaje activo, que significan uno de los ejes principales de un modelo de Formación por Competencias.

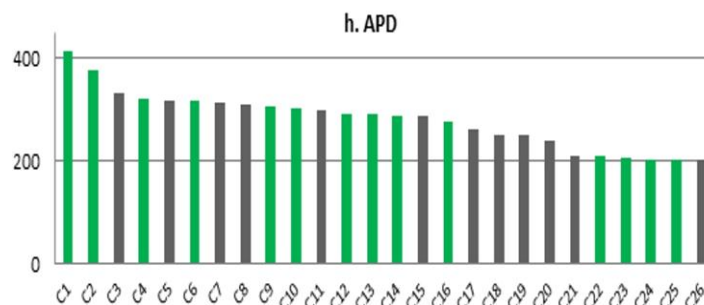


Figura 1. Carga horaria asignada a las APD en la carreras en estudio. En verde: carreras de nivel “Alto”; en gris: carreras de niveles “Medio” y “Bajo”. Fuente: elaboración propia

3.6 El DP en las carreras de Ingeniería Industrial de la FIUBA y la FIUNaM

El DP en las carreras de Ingeniería Industrial de la FIUBA y la FIUNaM ocupa un lugar relacionado con la categoría “Alto”, como se definió en el apartado anterior. En la FIUNaM es una asignatura que comparte contenidos de Marketing, pero vistos como parte del DP, en tanto en la FIUBA está abocada completamente al DP. Los contenidos son semejantes, abarcando la evolución y conceptualización del diseño industrial, el estudio de las necesidades humanas, la cultura material, las funciones de los productos, diferentes técnicas proyectuales, incluyendo hasta los aspectos relacionados a los materiales, precio, marca, embalaje, etc., así como las formas de documentación. La bibliografía, la mediación pedagógica, así como las producciones esperadas de los alumnos también tienen una situación de equivalencia. La asignatura, en ambas universidades, se desarrolla en base al AOP. El objetivo es que al finalizar el proyecto los alumnos hayan adquirido una metodología de resolución de problemas aplicable a cualquier situación. Las actividades del proyecto se organizan en fases de: a) diagnóstico, b) desarrollo, y c) presentación. Una cuestión fundamental del AOP es la siguiente: se trabajan los contenidos del proceso de DP durante el proyecto, y solo a través de él. Esto quiere decir que se abandona la vieja práctica de “dar primero la teoría” y después aplicarla al desarrollo del DP. Si se aplicase esta práctica tradicional, el proyecto se realizaría al finalizar el curso, con una duración e impacto en el aprendizaje reducido y limitado [24].

El proceso inicia con la detección del problema y la investigación para llegar a una definición precisa, siendo los diferentes aspectos de un proceso de “diagnóstico” que empieza por tratar de definir el problema y por relevar la situación de ese problema en los ejes tiempo/espacio. Al final de esta primera etapa los alumnos elaboran un informe sobre los requerimientos que deberá cumplir su producto (denominado comúnmente programa o “brief”). Esta primera etapa posibilita en el estudiante el desarrollo de competencias tecnológicas para enfrentar problemas de ingeniería, articulando capacidades para la identificación y formulación de problemas, la búsqueda y selección de soluciones; competencias de gestión, al articular capacidades de planificación y ejecución; competencias para abordar proyectos y para la generación de innovaciones, articulando capacidades para detectar oportunidades y necesidades insatisfechas o nuevas maneras de satisfacerlas, capacidades para el pensamiento creativo, entre otras. Además, al tratarse de una modalidad de trabajo colectivo, se desarrollan competencias interpersonales de trabajo en equipo, con la articulación de capacidades para identificar metas y responsabilidades individuales y colectivas, reconocer y respetar los

puntos de vista y opiniones dentro del grupo y llegar a acuerdos, asumir responsabilidades y roles dentro del grupo. En el ABP, un aspecto importante en el aprendizaje se da con los procesos de comunicación y negociación dentro de los grupos, con lo cual los estudiantes aprenden a tomar decisiones en forma cooperativa. Durante las tomas de decisiones dentro de los grupos, el docente cumple las funciones de comentar, discutir y, si considera necesario corregir las estrategias de solución propuestas [21]. La necesidad de recolectar datos que ayuden en la definición del problema, partiendo de necesidades insatisfechas u oportunidades de mercado, favorecen el desarrollo de competencias para el aprendizaje autónomo y para el emprendedorismo.

La segunda fase corresponde al desarrollo del DP. Comienza con un proceso divergente donde se plantean y analizan todas las posibles soluciones al problema, poniendo en práctica herramientas aprendidas en otras asignaturas se selecciona la solución más adecuada y se trabaja en los detalles del diseño del producto. Durante el desarrollo del proyecto, la investigación y experimentación juegan un papel fundamental. Se ejercita la acción creativa, autónoma y responsable. Cada miembro debe realizar sus tareas respetando la planificación o división del trabajo, en conjunto deben comparar el progreso con la planificación, e implementar correcciones si fuese necesario. El aprendizaje y el trabajo deben ser autónomos, aunque esto no significa que los alumnos deben sentirse solos, sino que el docente debe estar a disposición, para poder intervenir, brindándoles apoyo o asesoramiento, y motivarlos en su tarea. En esta instancia deben concebir, diseñar e implementar el diseño de un producto, por lo que desarrollan las CT para ello, mientras continúan desarrollando CSPA del trabajo en equipo, la comunicación, el aprendizaje autónomo y el emprendedorismo.

Para finalizar la fase de desarrollo se integran los conocimientos técnicos de la carrera utilizándolos para plantear alternativas y luego definir materiales y procesos productivos con sus costos asociados. Para la evaluación, se tiene presente que el producto final es un componente del proyecto, por lo que se evalúa el proyecto en sí y, en concordancia a lo que plantea De Miguel et al [18], se exige a los alumnos la presentación de: 1) el informe escrito grupal; 2) la exposición en equipo del proyecto, ante los docentes y compañeros; 3) exponer y debatir en forma individual lo realizado en el proyecto con los docentes. El resultado del proyecto es un prototipo virtual en el caso de la FIUNaM y un prototipo funcional en la FIUBA, lo cual es fundamental ya que lleva a tener que “materializar la idea”, saliendo del mundo de las ideas, los planes, las planillas y planos al del mundo real, superando los problemas existentes en la formación de ingenieros, como ser la masividad en la enseñanza y la falta de talleres y laboratorios. Particularmente en la FIUBA en la actualidad se está lanzando un laboratorio de diseño y desarrollo de productos con el objetivo de generar espacios en los cuales los alumnos puedan preparar sus modelos, maquetas y prototipos. También en la FIUBA se ha experimentado diferentes modelos de seguimiento docente de los grupos de proyecto, habiendo definido hace años que el mismo es realizado en forma rotativa por los docentes de la materia (no se asigna un grupo a un docente específico), ya que de ese modo se logran cumplir con varios objetivos: por un lado evitar la competencia de grupos y docentes que “defienden” sus grupos y, por el otro, que los grupos reciban atención de diferentes docentes con diferentes capacidades lo cual enriquece el resultado notablemente. Para poder llevar adelante esta metodología existen fichas de grupos que dan continuidad al proceso de seguimiento de un proyecto independientemente del docente que los atiende cada semana.

Tanto en la FIUBA como en la FIUNaM estas actividades se desarrollan adecuadamente en la medida que se integren contenidos de otras asignaturas, como ser marketing, ciencia de materiales, sistemas de representación gráfica, costos, procesos, gestión ambiental, toma de decisiones, entre otras. Esto es en esencia, asegurar el cumplimiento de lo expuesto con las

normativas presentadas y con la definición de Competencia expuesta anteriormente, así como con las situaciones de integración.

3.7 Propuesta de inclusión del DP en la Formación de Ingenieros Industriales

A continuación se presentan y discuten tres RA para que la formación de Ingenieros Industriales de la Argentina sea consistente con los lineamientos de los documentos mencionados en el apartado 3.2., y además pensando específicamente en la pretendida Internacionalización de la Ingeniería Argentina. Los mismos están redactados siguiendo la estructura [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad] [contexto]. Conviene aclarar aquí que este esquema de redacción es muy similar al de una competencia, en el sentido que propone Tobón [25].

N1. Solamente como objeto de conocimiento: [Interpretar] [el Proceso de Diseño de Productos] [para determinar la factibilidad de su elaboración industrial] [considerando las características de los productos en cuanto a todas las funciones que cumple para satisfacer las necesidades de los usuarios, diferenciando las distintas metodologías proyectuales y de diseño y relacionarlas con los procesos de producción, integrando equipos interdisciplinarios].

N2. Énfasis en el DP como mediador de la práctica del diseño: [Proponer] [un producto tangible de complejidad baja, o un componente de un producto] [para satisfacer necesidades, demandas u oportunidades detectadas] [aplicando análisis y métodos sistemáticos de diseño, representando gráficamente mediante un software CAD y trabajando en equipo].

N3. Como objeto de conocimiento y como mediador de la práctica del diseño: [Elaborar] [el prototipo, real o virtual, de un producto tangible de complejidad moderada] [para satisfacer necesidades, demandas u oportunidades detectadas] [considerando su fabricación, distribución y comercialización, evaluando la viabilidad del proyecto técnica-económica-ambiental, aplicando herramientas de la ingeniería y el marketing, trabajando en equipo].

El primer nivel, que es el mínimo esperado y que está asociado con el segundo nivel de Krathwohl [17], asegura que el DP se encuentre entre los objetos de conocimiento del Ingeniero Industrial, pero no implica que el Diseño sea utilizado como mediación pedagógica, por lo cual el cumplimiento de las normativas con relación a esta actividad deben lograrse en otros espacios curriculares. Este RA contribuye a la Actividad Reservada al Título de Ingeniero Industrial “Participar en el diseño de productos en lo relativo a la determinación de la factibilidad de su elaboración industrial” en tanto se atiendan sus condiciones de contexto en forma adecuada. No se puede determinar la factibilidad señalada si no se trabaja en forma interdisciplinaria y no se interpretan los mínimos conceptos relacionados a la tarea que ya previamente haya realizado, por ejemplo, un Diseñador Industrial.

El segundo nivel alcanza hasta la materialización de la idea, sin llegar a un prototipo. Si bien no se alcanza a pasar completamente por el proceso de diseño, asegura que la intervención del alumno sea a través de metodologías activas, garantizando la formación de competencias específicas y genéricas por la modalidad de trabajo, en el marco de verdaderas situaciones de integración. Si bien se encuentra posicionado en el sexto nivel de Krathwohl (op.cit), el resultado es menos ambicioso que en el caso siguiente.

El tercer nivel, que es para la excelencia y que obviamente involucra a los anteriores y se encuentra posicionado en el tope de los niveles de Krathwohl, permite adicionar la formación de competencias relacionadas con la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones, lo cual posibilita inclusive tener las bases para generar emprendimientos propios al momento de su graduación.

4. Conclusiones

Las características de las carreras acreditadas en el sistema nacional no demuestran que el Diseño de Producto, tal como se desprende de lo enunciado por la normativa correspondiente, se encuentre garantizado en la formación de ingenieros industriales. Es un asunto de ser revisado, tanto en el marco de la conceptualización de la ingeniería industrial, como en el de la Formación por Competencias. La propuesta que se ha realizado aquí es clara y concisa, y al presentarse en tres niveles permite adaptarse a las diferentes características de cada institución, sin que se pueda interpretar como un establecimiento de restricciones y/o condicionamientos, o una invasión a las autonomías de las instituciones.

Obviamente que se trata de “una” propuesta, y más allá de los argumentos teóricos y prácticos que la sustentan, es un asunto a discutir en ámbitos más amplios con mayor participación. Lo cierto es que la realidad profesional muestra que el hecho de contar con capacidades en las diferentes etapas de DP es algo necesario para muchas funciones que realizan los ingenieros industriales. Pero el sentido es justamente ése: proponer una base de partida para iniciar la discusión. Y la base está construida a partir de la experiencia, muy positiva por cierto, de dos cátedras de dos instituciones diferentes, cuyo único objetivo es contribuir a la mejora continua en la formación de Ingenieros Industriales, cada vez más competentes, para dar respuesta a las crecientes necesidades de la sociedad que sustenta a estas instituciones.

5. Referencias

- [1] ARGENTINA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2002). *Resolución 1054/02. Estándares para la acreditación de Ingeniería Industrial*. Buenos Aires. 13p.
- [2] ARCU-SUR (2015). Criterios de Calidad para la Acreditación ARCU-SUR. Ingeniería. Recuperado de: <http://edu.mercosur.int/arcusur/index.php/es/descripcion>.
- [3] ANÓNIMO (2014). *Competencias en Ingeniería*. Mar del Plata: Universidad FASTA. Argentina. 56p.
- [4] MERTENS, D. M. (2010). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. 3rd ed. California, London, New Delhi: SAGE Publications. 527p.
- [5] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. P. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ed. México D.F.: McGraw-Hill. 849p.
- [6] GALLEGOS, H. (1996). Ciencia y tecnología: las “gemelas-espejo”. *Revista El Ingeniero Civil*, Lima, n.100, p. 11-16.
- [7] WANKAT, P.; OREOVICZ, F. (1992). *Teaching Engineering*. Recuperado de <https://engineering.purdue.edu/ChE/AboutUs/Publications/TeachingEng/index.html>.
- [8] SANTESMASES MESTRE, M., SÁNCHEZ DE DUSSO, F., KOSIAK DE GESUALDO, G. (2004). *Marketing: conceptos y estrategias*. Madrid: Pirámide. 1135p.
- [9] BÜRDECK, B. (2005). *Design: History, Theory and Practice of Product Design*. Germany: Publishers for Architecture. 483p.
- [10] ULRICH, K., EPPINGER, S. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos*. 5. ed. México: McGraw-Hill. 409p.
- [11] KOWALSKI, V., ERCK, M.; ENRIQUEZ, H. (2015). Formación por competencias en Ingeniería Industrial: Moda o Mejora Académica? *Anais do III Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica – CIECITEC. NTI-URI*. Santo Ângelo. p.1-10.

- [12] ROEGIERS, X. (2007). *Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. 1a ed. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional): San José, Costa Rica. 328p.
- [13] LE BOTERF, G. (2010). *Professionnaliser. Construire des parcours personnalisés de professionnalisation*. 6 ed. Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles: Paris. 139p.
- [14] COMISIÓN EUROPEA (2009). *El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC)*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 15p.
- [15] KENNEDY, D. (2007). *Redactar y utilizar resultados de aprendizaje*. Cork: University College Cork. 103p.
- [16] UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO. VICERRECTORÍA ACADÉMICA (2013). *Manual de Elaboración de Programas de Asignaturas: Material de apoyo para la implementación del Modelo Educativo en el marco del proceso de Renovación Curricular en la Universidad del Bío-Bío*. Concepción, Universidad del Bío-Bío. 39p.
- [17] KRATHWOHL, D. (2002). A revision of bloom's taxonomy: an overview. *Theory Into Practice*, Ohio, v.41, n.4. p.212-218.
- [18] DE MIGUEL DÍAZ, M. (Dir.), ALFARO ROCHER, I.J., APODACA URQUIJO, P., ARIAS BLANCO, J.M., GARCÍA JIMÉNEZ, E., LOBATO FRAILE, C., PÉREZ BOULLOSA, A. (2006). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo. 197p.
- [19] HUBER, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación*, Madrid, n. extraordinario 2008, p.59-81.
- [20] LABRADOR PIQUER, J. Y ANDREU ANDRÉS, M. (2008). *Metodologías Activas*. Valencia: Editorial de la UPV. 315p.
- [21] TIPPELT, R.; LINDEMANN, H. (2001). *El método de proyectos*. El Salvador / Berlín. Ministerio de Educación del Salvador y Proyecto APREMAT. 14p.
- [22] FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A. (coord.). (S.D.). *Aplicación de una metodología activa para la formación en competencias: Aprendizaje Orientado a Proyectos*. Recuperado de https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/fdep/Innovacion_Docente/Proyectos_Metodologicos/1423045824648_aplicacion_de_una_metodologia_activa_para_la_formacion_en_competencias_aprendizaje_orientado_a_proyectos.pdf.
- [23] MASTACHE, A. (2009). *Formar personas competentes: desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales*. Buenos Aires: Noveduc. 247p.
- [24] GUIASOLA, J.; GARMENDIA, M. (2014). El programa ERAGIN de formación en metodologías activas de la UPV/EHU. En GUIASOLA, J.; GARMENDIA, M. (Eds.). *Aprendizaje basado en problemas, proyectos y casos: diseño e implementación de experiencias en la universidad*. País Vasco: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua. p.31-87.
- [25] TOBÓN, S. (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Bogotá. 4a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. 370p.

PERCEPCIONES DE ESTUDIANTES AVANZADOS DE INGENIERÍA DEL DIIT DE LA UNLAM¹. TENSIONES Y OPORTUNIDADES

Grinsztajn Fabiana, DIIT – UNLaM, fabianagrin@gmail.com

Imperiale Marcela, DIIT – UNLaM, mmimperiale@gmail.com

Mekler Víctor, DIIT – UNLaM, victorme58@gmail.com

Spósitto Osvaldo, DIIT – UNLaM, osposito@unlam.edu.ar

Blanco Gabriel, DIIT – UNLaM, g2blanco@unlam.edu.ar

Donadello Bettina, DIIT – UNLaM, bdonadello@unlam.edu.ar

Resumen—Los procesos de mejora en las carreras de ingeniería, devenidos de las políticas públicas implementadas, construyeron escenarios propicios para ampliación de la matrícula, para el incremento de cargos docentes, su capacitación, la ampliación de proyectos de investigación y de vinculación tecnológica, para dotar de equipamiento e infraestructura a las instituciones, y realizar algunas transformaciones curriculares y pedagógicas significativas. Puede observarse un incremento del número de graduados, que creció aproximadamente un 30% en la Argentina entre 2003 y 2012, alcanzando aproximadamente los 8000 graduados anuales en 2013, según los datos de la SPU. El Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas se propuso en el marco del Proyecto Estratégico de Ingeniería para el Ciclo Superior -2014-, indagar las percepciones, ideas, y representaciones acerca de la carrera y de la profesión entre alumnos avanzados de ingeniería electrónica, informática e industrial. Con el fin de identificar brechas de capacidad relacionadas con la formación de ingenieros, situaciones problemáticas que conllevan rezago y/o dificultad para la terminalidad de la carrera, vinculación entre la enseñanza en la universidad y los ámbitos de ejercicio profesional, entre otros aspectos claves para identificar necesidades de cambio que favorezcan la graduación y mejoren la formación ofrecida. Se presentan los resultados de la indagación, sus correspondientes análisis y se describen las líneas prospectivas a desarrollar a partir de esa línea de base.

Palabras Clave: *ingeniería, formación, graduación, percepciones de alumnos*

1. Introducción

En el marco del PEFI² (Plan estratégico de formación de Ingenieros) propuesto desde la SPU - Ministerio de Educación y Deportes, desde el año 2012 se desarrolla el Proyecto Estratégico de Ingeniería para Ciclo Superior en la Universidad Nacional de La Matanza UNLaM en adelante PEICS.

¹ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza.

² PEFI. Plan de Formación de Ingenieros. <<<http://pefi.siu.edu.ar/>>>

El PEFI pretende *colocar* a la Argentina entre los países con mayor cantidad de graduados en Ingenierías de Latinoamérica, y para ello se propuso generar 1 profesional recibido cada 4 mil habitantes, lo que se traduce en alrededor de 10 mil graduados por año, solamente en ingenierías. Para ello, trabaja en tres grandes ejes estratégicos: Proyecto para la mejora de indicadores académicos; Aporte de la universidad al desarrollo territorial sostenible e Internacionalización de la ingeniería argentina.

Si bien la demanda actual y proyectada indica la necesidad de incrementar la cantidad de profesionales del campo ingenieril, no se trata solamente de contar con un mayor número de graduados, trata también de lograr un perfil del profesional de la ingeniería mejor preparado para aportar y para adaptarse al referido proceso de desarrollo nacional, debiendo para ello aumentar sus competencias, particularmente logrando capacidades para aportar a la creación e incorporación de innovaciones, según expresan Lerch y Dimitruk [1].

En el marco del trabajo propuesto se incluyen consideraciones teóricas acerca del sentido de la formación del ingeniero y las diversas opciones que en las universidades del mundo se discuten sobre la duración de las carreras, la inclusión de prácticas experimentales o el desarrollo de diseño y proyectos. No se trata solamente de pensar las trayectorias de los estudiantes en forma aislada de un contexto formativo que ofrece determinadas opciones y ciertos recorridos tubulares, como los que ofrecen las ingenierías en el país y en la UNLaM en particular.

Es preciso así contextualizar como sostiene Williams [2] la formación del ingeniero en un contexto de fuertes cambios, caracterizado por la existencia de poderosas herramientas de cálculo y simuladores que incorporan todos los pasos del diseño ingenieril.

El PEICS abarca el último tramo de la formación de las carreras de Ingeniería Industrial, Civil, Electrónica e Informática que se dictan en el DIIT, se ha desarrollado una primera etapa de indagación sobre las percepciones de los estudiantes de cara a contar con un diagnóstico o línea de base. A efectos de recabar información cualitativa se trabajó con la metodología de grupos focales, se conformaron grupos constituidos por estudiantes avanzados de Ingeniería Industrial, Informática y Electrónica que guiados por preguntas orientadoras expresaron su punto de vista sobre las diversas dimensiones de análisis que se fueron planteando.

El objetivo es realizar un estudio con información cuantitativa y cualitativa de la población estudiantil que tiene aprobadas 26 o más asignaturas de las carreras de ingeniería del DIIT de la UNLaM para identificar causas de deserción temporaria, abandono y/o graduación diferida a fin de promover estrategias adecuadas y acciones tendientes a favorecer la graduación.

Los objetivos específicos de este estudio fueron:

- Identificar motivaciones, creencias y opiniones de los alumnos del Ciclo Superior, que sean útiles para comprender causas más profundas de modo complementario y sumativo a los indicadores cuantitativos.
- Releva información y analizar causales de las trayectorias académicas diferidas y la graduación tardía.
- Identificar materias comprendidas entre 3° y 5° año de los planes de estudio de las carreras de ingeniería que se caracterizan por un bajo rendimiento generalizado de los alumnos y que inciden sensiblemente en la cronicidad, deserción temporaria, abandono final y/o graduación diferida.

Algunas de las causas que funcionan como hipótesis del trabajo:

Al iniciar este estudio contamos con hipótesis previas acerca de las causas que obstaculizan las oportunidades de graduación, las mismas se dividen en exógenas y endógenas. Por presentar algunos ejemplos: conformación de una familia, dedicación al trabajo, tiempos destinados a viajes, entre otras de tipo personal, son caracterizadas como causas sean personales, sociales, y laborales que resultan ser externas a la universidad, por lo cual se denominan variables exógenas. Así como se identifican éstas, también existen otras causas que ocurren, o son propias de la organización interna de la universidad, y de la formación ofrecida, a las que se denominan variables endógenas.

Las variables endógenas obedecen tanto al contexto y condiciones institucionales como a aspectos pedagógicos ligados a los procesos de enseñanza y de aprendizaje que son lo que se desarrollan en el presente trabajo.

A fin de elaborar un diagnóstico que sirva como punto de partida para encausar acciones y estrategias de mejora, se ha partido por conocer con mayor profundidad esa realidad desde el punto de vista de los actores y sus percepciones.

Una de las formas que se propuso abordar dicho punto de vista, es realizando un relevamiento de distintas dimensiones que puedan establecer como partícipes y/o promotores de la deserción o bien de la graduación tardía de alumnos avanzados de las carreras de ingeniería del DIIT.

2. Materiales y Métodos

El estudio se basa en el análisis cuantitativo del rendimiento y situación académica de los estudiantes con 26 materias o más aprobadas, y un análisis cualitativo acerca de sus percepciones en relación con su propia trayectoria estudiantil y sobre la carrera y el DIIT UNLaM, estudio que se presenta en este trabajo.

Entre los meses de noviembre y diciembre de 2014 se desarrolló un trabajo de campo utilizando como instrumento de recolección de información la constitución de grupos focales coordinados por el equipo integrante del PEICS.

Se realizaron tres grupos focales de aproximadamente entre 12 y 15 alumnos cercanos a la graduación de carrera, de las carreras de Ingeniería Industrial, Electrónica e Informática, que cursaban una materia del último año. A razón de un grupo por cada carrera. Siendo un total de 45 alumnos. Si bien el número de alumnos entrevistados no constituye una muestra representativa estadística, es posible afirmar que sus percepciones marcan una tendencia. Las entrevistas se realizaron sin la presencia de docentes a cargo.

La técnica de grupo focal es una entrevista grupal planificada diseñada de manera tal que permite aproximarse a las percepciones y significados de los participantes en un área definida de interés. La técnica de grupos focales es un espacio de opinión para captar el sentir, pensar y vivir de los individuos, provocando auto explicaciones para obtener datos cualitativos. Kitzinger [3] lo define como una forma de entrevista grupal que utiliza la comunicación entre investigador y participantes, con el propósito de obtener información, debe suceder por lo general en un ambiente y clima facilitador de la reflexión colectiva. La técnica es generadora de una discusión focalizada sobre la base de unos temas de orientación y permite una aproximación exploratoria sobre un asunto en particular sobre el cual se focaliza la atención de los participantes.

El grupo focal permite obtener información en profundidad sobre intereses y preocupaciones, desde la perspectiva de los participantes, dando cuenta del campo de experiencias de los mismos; de sus percepciones acerca de fenómenos/ procesos/prácticas entre otros.

La finalidad de los encuentros, por lo tanto, estuvo orientada a identificar en profundidad los problemas y preocupaciones que surgen en el transcurso de la carrera y los motivos que llevan al abandono transitorio y/o final de otros compañeros; la cronicidad y la graduación diferida en las carreras, desde la mirada del grupo de alumnos del último año del Ciclo Superior.

Los tres grupos focales se organizaron de manera consensuada en el equipo del PEICS, que incluye dos pedagogas, un sociólogo, tres profesores de diferentes asignaturas y carreras y el acuerdo de los coordinadores de las carreras.

El equipo PEICS acordó abordar los siguientes temas-guías para focalizar la discusión y reflexión:

1. Características de la situación personal, familiar, social, laboral que pueden tener alguna influencia en el progreso o no en la carrera y en la graduación.
2. Las cuestiones pedagógicas en relación con el plan de estudio de la carrera. Los momentos considerados “críticos”. El sentido de la carrera desde la subjetividad del estudiante.
3. Las cuestiones relacionadas con la organización, recursos, disponibilidades.
4. El desarrollo del plan de estudios. Los obstáculos, las condiciones de regularidad, la integración y articulación entre materias, las correlatividades.
5. El perfil profesional del futuro egresado. La formación recibida durante la carrera y las experiencias personales en el mundo del trabajo.

Asimismo, se buscó identificar cuáles son aquellas condiciones del plan de carrera que dificultan continuar estudios a los alumnos avanzados que trabajan, explorando distintas opciones para su rediseño sin que ello implique un detrimento en la calidad académica de formación del egresado.

3. Resultados y Discusión

A continuación, se describen y analizan las percepciones de los alumnos obtenidas mediante la técnica de grupo focal, de acuerdo a un conjunto de categorías.

- 1- Características de la situación personal, familiar, social, laboral que pueden tener alguna influencia en el progreso o no en la carrera y la graduación.

La gran mayoría de los estudiantes que participaron de los grupos focales son trabajadores que por estar avanzados en sus carreras se los puede considerar calificados. Uno de los factores que destacan vinculados a la demora en la graduación y el alargamiento de la carrera es la falta de tiempo. Las jornadas largas de trabajo más el tiempo de viaje a la universidad, sumado a las horas de cursada presencial obligatoria en horarios distribuidos en forma dispersa, les restan tener tiempo para el estudio, ejercitación y dedicación a proyectos fuera de los horarios de clase.

-Yo curso tres materias, pero vengo de lunes a viernes todos los días, es mucho.

-Si tenés 2 horas de viaje, entre que llegas te bañas, comes, 4 horas. Llega un momento que te acostumbras y cuando tenés un rato de tiempo libre decís "¿qué hago?"

Otro aspecto se vincula a la necesidad de compatibilizar horarios y requerimientos del trabajo y del estudio en simultáneo. Los días de licencia en el trabajo no les resultan suficientes para

recuperar un tiempo de estudio extenso para afrontar con éxito la aprobación de los exámenes parciales.

-Tuve la suerte de trabajar en una empresa familiar poder pedirme los días. A veces esos 12 días que te dan no son suficientes. Si haces 6 materias por lo menos tenés 12 exámenes, algún que otro recuperatorio, y si vas a final...

Los proyectos y la práctica profesional supervisada profesional en las últimas materias del Ciclo Superior exigen horarios incompatibles cuando se trata de jornadas de trabajo a tiempo completo.

-Hasta hace un mes justamente, para poder terminar la carrera renuncie a mi trabajo. Quería terminar con lo que era el proyecto final. Las materias avanzadas no son tan complicadas, lo que requiere mucho son los prácticos, presentaciones, hay que dedicarle tiempo, y con el trabajo se hace muy complicado.

Una primera tensión surge en este planteo de los estudiantes, trabajar y estudiar llevando ambas actividades en forma eficiente. A medida que cada uno va resignando cuestiones particulares, conformando familia, o usando el tiempo dedicado a los estudios por el destinado a otros aspectos de la vida personal, la carrera se prolonga y la meta de recibirse va quedando más lejana, por lo cual prevalece un espíritu de egreso con expectativas de largo plazo, el cual se asume como normal.

Sumémosle al trabajo, las exigencias de la vida cotidiana y de la familia que siempre están obviamente. Yo siempre digo que la carrera no la hice solo sino que mi señora y mis hijos la hicieron conmigo.

Atenta también en la predisposición anímica y las expectativas de egreso, una carrera que para ellos demanda unos diez años reales de estudio, en la cual tropiezan con vivencias personales de sucesivas materias desaprobadas, expectativas de futuro y supuestos de que un ingeniero, electrónico por ejemplo, no va a obtener por el título beneficios salariales mayores que otros asalariados calificados.

-Yo termino de estudiar esta carrera 12 ó 15 años y salgo a trabajar afuera y gano mucho menos que un técnico de secundaria o que un camionero, es la verdad, dan bronca esas cosas.

-Creo que los estudiantes de ingeniería una de las características que tenemos es muchísimo carácter para soportar las frustraciones, dedicas tu vida a esto y muchas veces te va mal, es un golpe muy duro que hay que acostumbrarse a asimilar y seguir adelante.

- 2- Las cuestiones pedagógicas en relación con el plan de estudio de la carrera. Los momentos considerados “críticos”. El sentido del plan de estudios desde la subjetividad del estudiante.

El abandono de cursado de materias y las recursadas también funcionan como un importante factor de demora en el trayecto estudiantil, como da cuenta el siguiente testimonio:

Durante los 2 primeros años no trabajé, pero no pude avanzar mucho en la carrera por tener que recursar materias, colgarlas y esperar hasta el otro año.

Las materias de Ciencias Básicas para los que proceden de escuelas secundarias humanísticas y administrativas resultan muy complejas para el tiempo de cursado previsto. La mayoría de las materias de ciencias básicas se recursan al menos una o dos veces. Ello va generando

frustraciones de modo *in crescendo* que alienta al cambio de carrera o el abandono temporario o definitivo.

-Cuando vos entras a la carrera decís: yo quiero estudiar informática porque a mí me gusta; y te matan los dos primeros años con mucha, demasiado matemática y eso te desmotiva y es causa de abandono.

-Debes cursar una y otra vez. Yo recursé materias, alguna dos, otras tres otras cuatro, veces.

-Hice cuatro veces una materia de primer año, ya sabes cuando la volvés a cursar lo que van a dar dentro de 2 o 3 clases, pero vas al examen y tenés que volver a empezar. Antes eran anuales, perdías todo un año, ahora al menos es un cuatrimestre.

-Con una materia de segundo año casi abandono la carrera, no había forma de entenderla, la cursé tres veces, la terminé aprobando, fue un punto de quiebre

El tipo de evaluación de las materias de ciencias básicas se vivencia como disociada de lo que ocurre en las clases o en los trabajos prácticos; perciben que se toman en los exámenes cuestiones temáticas no profundizadas respecto de lo trabajado en clase; inclusive consignas de parciales “confusas”.

-La guía de trabajos prácticos de alguna manera tiene que tener el nivel de dificultad de un parcial. Cuando hay mucha diferencia entre el parcial y lo trabajado en clase, están pretendiendo que el alumno se ilumine y lo resuelva en dos horas.

-Te dan un parcial que nada que ver con lo que vos viste, con ejercicios muy complejos que no fueron trabajados en las clases.

-En el examen te equivocaste un punto más o un punto menos; entonces uno no puede saber qué es lo que aprendió el otro, o sea que ahí hay un tema de didáctica.

Las reflexiones de los estudiantes obligan a prestar atención en cuanto a los enfoques de evaluación. Cuando la distancia entre lo enseñado y aprendido y lo que efectivamente se evalúa es muy pronunciada, las probabilidades de fracaso son mayores y no resulta de asombro que los alumnos perciban esta brecha. El efecto “backwash” funciona en una lógica que indica que, o bien se estudia para aprender o bien se estudia para aprobar. Camillioni y otros [4].

Sin embargo, unos cuantos de los participantes tienen cierto grado de conformidad con los aspectos pedagógicos y los contenidos académicos que se desarrollan en las clases, con mayor particularidad en las materias del Ciclo Superior.

-En cuanto al aspecto pedagógico yo la verdad estoy conforme me llevo mucho de muchos profesores. Lo que vi es que, hay muy buen nivel académico. Hay muchos otros profesores que son eminencias, pero no logran entusiasmar.

-Estoy de acuerdo que hay muchos profesores que le ponen todas las ganas y uno se lleva lo lindo lo rico de todo esto.

-Algunas de las funciones principales que tiene que tener el docente es despertar ese espíritu de interés del alumno, la motivación, termina la cursada y que el alumno investigue por sí solo.

No obstante, hay algunos cuestionamientos a la actualización de saberes instrumentales del campo profesional por parte de algunos docentes; considerando que la mayoría de los alumnos avanzados trabajan en empresas de tecnología o bien en la industria, tienen un conocimiento adquirido en la práctica profesional, en particular los que están en el campo de la informática y la programación.

-Yo haría que los proyectos que te piden hacer, sea algo actual, que te hagan usar, que te enseñen a usar la tecnología de vanguardia, la que viene. Yo entiendo que tengamos que saber lo más básico...

Existiría una demanda por conocer y aprender *el futuro*, y no solo la tecnología con la cual se trabaja habitualmente. Cuáles son las tendencias, los conceptos centrales que permitan anclar sobre nuevas tecnologías por venir.

Los estudiantes hacen énfasis en la enseñanza predominante de contenidos en forma teórica y una menor presencia en clase de actividades que contribuyan a la resolución de problemas reales.

Tienen una demanda más práctica de la enseñanza, solicitando explicación de lo que no pueden entender por sí solos. Vinculado este aspecto a la falta de tiempo real ya descrita por razones exógenas, es evidente la necesidad de optimizar los tiempos en clase, de modo tal que la enseñanza agregue valor.

-Yo necesito que me lo explique y no quiero perder tiempo en deducirlo, quiero aprovechar el tiempo de clase.

Aquí se observa una tensión, por un lado, si la demanda es agregar valor, ello implicaría incentivar la realización en clase de otro tipo de actividades como por ejemplo la resolución de problemas, incluir ABP³ como se está haciendo en el DIIT en el ciclo de asignaturas básicas a través del Proyecto Estratégico Ingeniería para Ciencias Básicas desde el año 2012. Según señalan Grinsztajn, Imperiale y otros [5] a través de un modelo de trabajo que implica necesariamente que se desplieguen un conjunto de estrategias cognitivas, inducir, hipotetizar, plantear alternativas de resolución hasta optimizar, se requiere para ello otras configuraciones de clase, pero a la vez genera tiempos diferentes, realizar una experiencia, discutir, reflexionar, resolver, incluye mucho más que solo a recibir una explicación.

En el ciclo de materias básicas y a partir del proyecto mencionado, se trabaja con el equipo docente desde la perspectiva de las estrategias activas de enseñanza, se destaca la centralidad del alumno y el trabajo con el contenido de un modo altamente comprometido y activo por parte de este. No se trata solo de apropiarse de manera acrítica y acumulativa de los saberes sino de actuar con y sobre ellos. Se tiende a facilitar el enfoque profundo del aprendizaje y no superficial para lo cual resulta necesario enriquecer la enseñanza. Los estudiantes avanzados son futuros profesionales que deberán enfrentar múltiples situaciones complejas que no siempre se desprenden de las lecturas de los libros disciplinares. La construcción de las respuestas óptimas para enfrentar dichas situaciones requieren requiere a su vez de práctica y de reflexión sobre la acción. Desde los postulados del aprendizaje basado en problemas los profesores diseñan acciones y proyectos que contribuyen al desarrollo del futuro profesional.

Ahora bien de acuerdo a las percepciones de los estudiantes en el ciclo superior de las carreras, la demanda es que durante las clases “se explique”.

³ Aprendizaje Basado en Problemas

De este modo se plantea una tensión y un desafío no menor a la hora de pretender mejorar los aspectos pedagógicos y el enfoque en la formación de ingenieros & los tiempos reales disponibles y la predisposición de los estudiantes cuando ya están avanzados en las carreras.

Este grupo de estudiantes perciben que es un momento necesario y propicio para revisar los contenidos de varias materias, pensar de otro modo la propuesta pedagógica del plan de estudio; innovar en las estrategias de enseñanza, despertar el interés del alumno, así como actualizar académicamente los contenidos a desarrollar en clase.

-Las carreras de las facultades de ingeniería, atrasan. Uno ya está trabajando con los paradigmas nuevos, de una nueva época y se están hablando de paradigmas en obsolescencia en el mundo de la programación.

-Cuando fui capaz de programar en el trabajo, empezamos a ver materias relacionadas con la ingeniería informática y en mi caso yo las veía como obsoletas, a mí no me servía para los requerimientos reales del mundo del trabajo.

Hay varias asignaturas con un volumen de contenidos, que no se condice con la carga horaria que tienen, con predominio de clases teóricas y demanda de ejercitaciones extra clase, que no siempre se acompañan de explicaciones muchas veces imprescindibles.

Nosotros sufrimos mucho las materias anuales, siempre decía curso aunque sea una, porque pierdo todo un año". O sea, mantener la regularidad, o perder un año. Lo cuatrimestral en este sentido es mejor, pero los tiempos para asimilar los contenidos en el grado de complejidad clase a clase se aceleran.

Respecto de la semipresencialidad y la tecnología a distancia la postura más generalizada suele ser crítica. Si una materia trata de repetir los apuntes y textos, entonces las clases se pueden concebir a distancia o semipresencial. Pero en realidad la mayoría de los entrevistados coinciden que su concurrencia regular a clases es para que les expliquen los temas en cuatro horas, en un aula, concentrados fuera de los problemas cotidianos familiares.

-Se puede aprovechar las 4 horas de clase en materias teóricas que requieren de pocos ejercicios en un sistema de distancia.

-Creo tal vez es que las materias del último año más que nada que uno ya está 100% enfocado en el trabajo, tendrían que ser materias que se aproveche el tiempo para explicar los temas más complejos.

-Que el beneficio de la semipresencialidad sea tanto para el alumno como para la universidad. Que el alumno no vuelva a recurrir presencialmente esa materia y que vuelva a ocupar un lugar en un aula.

-Yo quiero que vengan y me expliquen, pero si a mí me mandan muchas cosas fuera de clase, me desorganizan un poco

-Tengo que mirar 15 videos de 30 minutos cada uno y no lo vas a poder mirar nunca

La clase presencial los organiza. Lo virtual autonomiza y por lo tanto desestructura. La clase presencial es una rutina que exige un esfuerzo semanal de concurrencia, lectura y ejercitación.

La tensión entre estructura o configuración rutinaria & autonomía del alumno para aprender se presenta aquí de manera evidente. Poniendo en cuestión algunos supuestos de que incorporar la virtualidad genera mejores y mayores posibilidades para el alumno.

Es posible reflexionar sobre la conveniencia de introducir actividades semipresenciales y/o a distancia con el fin de ir habituando en forma gradual al alumno desde el inicio de su formación en esta modalidad, de tal manera de optimizar y favorecer mediante recursos tecnológicos adecuados y un diseño interactivo y multimedia, apoyos educativos potentes usando las TIC. Seguramente una introducción paulatina de recursos TIC desde los inicios de las carreras genere percepciones diferentes a las actuales.

3- Las cuestiones relacionadas con la organización, recursos, disponibilidades

En cuanto a la infraestructura visualizan una insuficiencia de laboratorios ligado a la calidad, a la experimentación con la misma.

En ingeniería industrial - por ejemplo - sostienen los participantes de los grupos que se necesitan más prácticas, más laboratorios de calidad, más visitas a las plantas. En el caso de ingeniería electrónica más laboratorios de termodinámica, materiales y física.

-Visitas a plantas industriales, saber que esto es una instalación. Hoy estamos con seguridad e higiene, vean como está la planta, ¿encuentran algún problema? vas a la planta y buscas los problemas y soluciones.

Los alumnos avanzados de Ingeniería Informática visualizan la necesidad de contar con software más actuales y sus respectivas licencias, ejemplo Autocad en 3 D, Sistema Integral de Recursos (SAP). Incluir contenidos ligados a la gestión tales como Project Managment. Lo que hay de administración se considera antiguo, visto a la luz de sus trabajos actuales y los cursos privados de actualización que toman en sus empresas.

Los contenidos de administración no permiten entender cómo gestionar y liderar proyectos que son una demanda para el trabajo en equipos.

-Te enseñan a ser un buen empleado y nada más. No te capacitan para tener tu propia empresa, cualquiera de nosotros podemos programar para afuera y no tenemos la más pálida idea como armar una empresa.

Por otra parte, proponen y sostienen la necesidad de pensar una articulación más eficaz y eficiente con instituciones estatales, realizar pasantías, convenios de colaboración.

-Toma un grupo de proyecto que no sabe qué hacer, por ejemplo, hace un convenio con el Registro Automotor. Muchachos me hacen un software para que eviten buscar expedientes a mano.

-También que te den como estaban antes los talleres. Había talleres de SAP también. Yo ahora trabajo en SAP hace 5 años, y no hice el taller porque no sabía lo que era SAP, pero tal vez hubiese empezado a trabajar antes con SAP.

Existiría una demanda explícita de una mejor articulación entre la universidad y el mundo del trabajo, implementando actividades a campo que les permitan visualizar los problemas de la práctica y el ejercicio profesional de manera anticipada.

Se puede aproximar una tensión entre lo que se realiza en la propia universidad como experiencia de aprendizaje y los recursos y disponibilidad de acceso a experiencias dentro de la universidad y el potencial de organizar actividades fuera de la universidad que coadyuven a los aprendizajes profesionales.

4- El desarrollo del plan de estudios. Los obstáculos, las condiciones de regularidad, la integración y articulación entre materias, las correlatividades.

En relación con el plan de estudio, las correlatividades se visualizan como una traba para la planificación; para progresar en la carrera porque en la práctica hay materias filtros que se cursan entre tres y cuatro veces.

-Las materias “filtro” hacen que rompas el cronograma de la carrera, no podés aprobar una materia como probabilidad y estadística, entonces empezás a cursar las materias de 5to y en el medio te quedaron todas las de 4to que no las hiciste, ...

Las exigencias de la correlatividad son una especie de freno a la progresión de las trayectorias individuales, dejan liberado mucho tiempo vacante sin cursar en los distintos cuatrimestres.

-A veces el plan de correlatividades está más para frenarte. Se trata de como la universidad organiza a sus alumnos en función de sus necesidades y no las necesidades de los alumnos. Se acomodan las comisiones en los horarios que pueden los docentes y no en la oferta que tienen para los alumnos...

-Hubo un cuatrimestre que me pude anotar en una sola materia, para mí fue una locura. Porque iba una o dos veces por semana a la facultad cuando siempre fui de lunes a sábado. A veces era la traba que estuve un cuatrimestre que metía una sola materia o dos porque no me pude anotar en otras.

Observan una débil articulación entre materias.

-Hay cosas que yo no vi pero hay cosas que vi dos veces, en varias materias, así pisado el tema de la estructura de la empresa lo ves acá lo ves en otras, entonces decís, porque está lógica de la correlatividad. No se entiende ¿?, y por qué era correlativa con la otra si no tenía nada que ver.

Centrar atención en este aspecto supone revisar las razones que justifican planes de estudio tubulares con una jerarquización de los conocimientos a manera de prerrequisitos. Usualmente las correlatividades entre asignaturas obedecen a razones vinculadas a un encadenamiento de los contenidos en cuanto a niveles de complejidad crecientes. No obstante la cursada normal de un estudiante puede verse muy dificultada como se observa en las precepciones de los estudiantes.

Revisar estas correlatividades para que, en todo caso, se estimen los criterios de ordenación no solo en función del contenido sino evaluando las trayectorias estudiantiles, es un desafío no menor en la organización curricular.

El plan de estudios en su conjunto se percibe por parte de los alumnos con reiteraciones de contenidos.

-Yo creo que hay 4 materias del ciclo superior que enseñan un mismo tema con diferencias de matices, y que es modelo de ciclo de vida y puntos de función (ingeniería informática).

-Pasa mucho también que a veces decís, loco son 50 materias, este se recibe con 36 y yo tengo que tener 50 y en algunas estamos perdiendo el tiempo en ver cosas que ya vimos en 3 o 4 materias.

El plan de estudio por otra parte es considerado un tanto estático dado que no hay materias optativas que lo vaya renovando y actualizando. Los talleres optativos eran bien prácticos y servían para lo laboral.

-Una manera que encuentro de poder acercar lo práctico es que la universidad, los

cursos de “Programmer Professional Microsoft” pueden estar tranquilamente incluidos adentro de la carrera.

-Algunas licencias de algún software que se suelen utilizar, por ejemplo SAP, AutoCAD, nosotros lo vimos de pizarrón, y después cada uno lo tiene que buscar en su casa, o aprender en cursos externos.

Los alumnos conciben que los planes de estudio son en sí mismo producto de un campo de intereses de distintos profesores y distintas asignaturas, no es tan fácil armarle una lógica de sentido a la carrera. Tienen conciencia de que no se pueden cambiar los planes tan fácilmente porque saben que se acreditan las carreras y responden a reglamentación de estándares.

-Mira, si ustedes me preguntan yo le pondría un montón de cosas de electrónica de entrada.

Es indudable la necesidad de redefinir algunas de las lógicas hoy presentes en los planes de estudio de las carreras de ingeniería, que presentan una distancia respecto de las necesidades de formación.

Los procesos de acreditación traccionaron hacia modelos de planes homogéneos que desconocen en parte los aspectos contextuales del entorno de formación en cada facultad e institución, y por otra parte el cumplimiento de estándares mínimos y las brechas de capacidad de las carreras para poder alcanzarlos. Han derivado así en modelos de formación que no introducen innovaciones significativas, se preocupan más por alcanzar el estándar que por superarlo y promover instancias que renueven y resignifiquen la formación ingenieril. Como sostiene Moler [6] en relación a procesos de acreditación y sus impactos en las carreras de ingeniería, salvo casos excepcionales no se llegaron a abordar debates profundos sobre cuál será la formación de un futuro ingeniero en este contexto socio-económico de país.

Esto no escapa al DIIT que, no obstante ello, ha incursionado en los últimos años en propuestas que permitan superar los mínimos alcanzados, entre las cuales se puede ubicar al PEICB y al PEICS, así como el desarrollo de un polo tecnológico, que reúne empresas de informática en la UNLaM para inserción de alumnos, permitiendo trabajar y estudiar en un mismo ámbito.

Estas propuestas intentan suscitar desde el desarrollo curricular experiencias de más alto impacto en la formación.

- 5- El perfil profesional del futuro egresado. La formación recibida durante la carrera y las experiencias personales en el mundo del trabajo.

El perfil de la carrera desde la perspectiva de los alumnos avanzados está muy sesgado a la *industria y a las tecnologías duras*. Ello se manifiesta cuando en contraposición, gran parte de los ingenieros industriales e informáticos de reciente egreso, trabajan en gestión de servicios comerciales, empresariales y bancarios a modo de ejemplo.

El abanico profesional es más amplio de lo que el recorrido formativo de la carrera abarca.

-Está bueno actualizar los contenidos de las materias, en base de lo que se demanda en parte en el mercado, porque muchas de las materias del ciclo superior orientadas a la industria, al fierro, y hay otro universo de cosas... decís, ¿pero es que hay 15 ingenieros industriales en un banco?

-Lo que tienen trabajos más relacionados con la electrónica dirían es que le falta cosas prácticas a la carrera como para asociarla con las demandas del trabajo actual en la electrónica.

Hay temas que se registran como ausentes tales como negociación del conflicto, juego de roles, comunicación y liderazgo de proyectos, toma de decisiones, entre otros.

-Me parece que hay que ver aspectos como negociación, cambios de roles, liderazgo, comunicación oral, porque no tuvimos y es un requisito todo el tiempo te lo están pidiendo en el laburo.

El Ciclo Superior en Informática tiene muchos contenidos considerados parcialmente desactualizados o poco demandados en el mundo real de trabajo y de la programación en particular. Hay otros paradigmas más actuales que se aprenden en el mundo del trabajo y no aparecen como contenido en la carrera.

¡Cuando vos empezás a leer el apunte decís no!, no se pueden ya hablar de tarjetas perforadas" decís, actualízalo, mínimamente.

No obstante, hay materias que se perciben que son innovadoras y que habilitan a buscar alternativas y soluciones desde el punto de vista de la ingeniería.

“Proyecto” lo que tiene de bueno es que no te encerrás en que está bien o está mal; vos tratás de buscar alternativas de solución. Pasa que se intentó hacer siempre lo mismo y vos buscás un camino diferente y por ahí la solución está en eso.

No cabe duda que la asignatura Proyecto Final incursiona en un modelo formativo basado en la resolución de problemas reales vinculados de manera directa a una práctica profesional, que combina elementos de tecnología blanda y tecnología específica. Esta asignatura supone una participación muy activa de parte del estudiante y construye un modelo comunicacional con el docente que lo ubica en un papel de orientador, guía o tutor del aprendizaje. Finalmente lo que se valora de esta propuesta es el papel protagónico que tiene el alumno y la conexión con la realidad y el quehacer de la profesión. La tensión entre escuchar al docente pasivamente o trabajar en forma individual o grupal de cara a concretar un diseño en un plan de acción y modelar un prototipo, reduce la tensión actividad & pasividad. Seguramente la cercanía con el momento de egreso posiciona a los alumnos en un lugar más profesional permitiendo sí desplegar las capacidades adquiridas a lo largo de la carrera.

La experiencia laboral se considera mejor que una beca de exclusividad para formarse en la universidad. La experiencia permite ingresar y moverse por el mundo del trabajo, pero el título por sí sólo no lo habilita.

-El mercado privado se maneja por ese “seniority” que hace que no pidan necesariamente títulos; por eso hay tanta deserción también, si yo cuando voy a buscar laburo y quiero mejor salario me especializo hago un curso de java, o de punto net, hasta me certifico en algún programa, y tengo muchísima salida laboral.

La carrera profesional para el caso de los estudiantes de Ingeniería Informática, permite situaciones intermedias exitosas frente a la larga espera y esfuerzo de obtener un título.

-Hay situaciones intermedias, exitosas, que hacen que la universidad haya cumplido también su función para las necesidades del alumno que no es el título en sí mismo sino una entrada al mundo del trabajo con mediana formación.

-Las estadísticas dicen se necesitan tantos ingenieros. Pero tranquilamente hay un montón de trabajadores que quizás no son graduados y de alguna manera están cumpliendo una función similar por el conocimiento adquirido que tienen.

-En mi caso la universidad quizás me entregó a mis otros saberes; hizo una buena formación en relación con el conocimiento que hoy requiere el trabajo que yo estoy haciendo, pero que lo vengo haciendo sin título desde hace un buen tiempo.

Ingeniería Electrónica tiene otra realidad. Para ingresar a buenos puestos de trabajo se piden ingenieros electrónicos con experiencia. Muchos alumnos se quedan en la carrera por la convicción de lo formativo.

Es otra lógica la demanda del mercado de trabajo. El que no es técnico electrónico secundario no trabaja en electrónica hasta que se recibe, a diferencia del mundo de la informática. Sin embargo el título no es sinónimo de profesionalidad pragmática, del saber hacer.

-Es muy difícil que te pongan en un laboratorio a hacer realmente lo que te lleva a estudiar, a mí muchas veces me pusieron atrás de un escritorio y no era lo que a mí me gustaba,

-A mí me pasa en el laboratorio en el que estoy trabajando traen Ingenieros Electrónicos y no tienen ni idea de cómo medir temperatura, o cómo usar la termocupla, pasar de una plaqueta a algo electrónico y en las facultades no se ve o se ve muy poco.

Los estudiantes plantean la necesidad de articular la formación de base y la profesionalización. Combinando trabajo como eje formador y práctica en la universidad. Se percibe como necesaria una mejor vinculación tecnológica con la comunidad e incrementar la práctica profesional supervisada.

4. Conclusiones

El desarrollo de este espacio de apertura al intercambio con los estudiantes avanzados ha permitido una aproximación a un conjunto de situaciones y experiencias que los futuros egresados vivencian en forma cotidiana. Los jóvenes expresan con interés sus inquietudes y sugerencias y valoran el espacio de escucha que se fomentó desde el equipo pedagógico con el aval de las autoridades. Los protagonistas de la última etapa del proceso formativo son los estudiantes avanzados, aquellos que han llegado al tramo final con gran esfuerzo y que aun necesitan de un paso más para lograr la tan ansiada graduación.

Escucharlos e intercambiar con ellos posibilita el planteo de tensiones y a la vez desafíos sobre las que continuar el trabajo en red colaborativa con el equipo docente de ciclo superior. Las tensiones que advertimos son,

Aprender & Aprobar. El tránsito por las diversas asignaturas que componen la currícula puede ser el puntapié para aprender o aprehender, es decir, apropiarse del conocimiento para transformar la realidad o bien solo aprobar las asignaturas. En muchas oportunidades los jóvenes sienten que se torna necesario consolidar el *oficio de estudiante* a efectos de aprobar la materia.

Participar & Escuchar. La clase pasiva como lugar al que se asiste para escuchar y tomar notas en contraposición con una clase dinámica y activa en la que poner en juego el conocimiento, generar intercambio, realizar actividades colaborativas, participar, resolver problemas, diseñar estrategias de resolución. En la escucha de aquello que expresan los estudiantes no queda del todo claro qué situación entienden como más potente, aquí la variable exógena juega un papel importante, muchos señalan que dada la cantidad de horas que trabajan, están muy cansados para participar activamente de aquellas clases que requieren de su compromiso y desempeño.

Emprendedorismo & Empleabilidad. Se aprecia la demanda de espacios formativos que incentiven el emprendedorismo en el perfil del futuro ingeniero, también aluden a la importancia de que se incentive el liderazgo como un valor agregado a la formación, en el mismo sentido destacan la importancia de trabajar en torno a la comunicación eficaz, tanto escrita como oral (oratoria) considerando los perfiles que podrán ocupar. En simultáneo expresan que el dictado de materias con formatos tradicionales los expone a menos situaciones que incentiven el emprendedorismo. La formación aún se piensa en términos de la empleabilidad.

Innovación & Tradición. Se observa la tensión existente en las palabras de los estudiantes al momento de referir a que aspecto potenciar en la formación, por un lado ellos perciben a la innovación como la esencia de la formación ingenieril, sin embargo admiten que conocer el corpus de conocimientos básicos es clave para introducirse en la comunidad académica y profesional de la ingeniería. Otro aspecto que surge permanentemente en aquellos jóvenes que se desempeñan en empresas líderes e internacionales es la importancia de estar al tanto de la tecnología de punta, no solo como consumidores de dicha tecnología sino como productores de la misma.

Autonomía & Heteronomía (en el estudio). Otro elemento abordado durante el intercambio se refiere a la estructuración de la clase, desde una dimensión más compleja podemos referir a la concepción acerca de los tiempos y los espacios para el aprendizaje y para la enseñanza, las expresiones de los estudiantes tensionan entre la necesidad de clases estructuradas y presenciales que les permita organizarse y “aprovechar” los tiempos versus clases con modalidades de taller, seminario, proyectos y, por qué no, clases invertidas tal como están explorando algunos docentes del DIIT UNLaM a efectos de contribuir con una mayor autonomía a partir de la potencia de la virtualidad.

Para finalizar, se considera fundamental brindarles continuidad a estas acciones desarrolladas en torno al ciclo superior, generar oportunidades de mejora a partir del trabajo colaborativo en torno a las tensiones que se detectaron que se plantean como desafíos. Sin dudas el abordaje de cada tensión y el establecimiento de estrategias de intervención posibilitarán la mejora progresiva y sostenida de la propuesta pedagógica y formativa de ingenieros en el DIIT asegurando mejores indicadores de graduación.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] LERCH, C. Y DIMITRUK, A. (2015). *La formación de ingenieros para el nuevo siglo.* En prensa.
- [2] WILLIAMS, R. (2014). La Formación del Ingeniero en un contexto de rápidos cambios Tecnológicos en: *La Educación del Ingeniero en un Mundo Cambiante.* Vedia, Luis A. de *La educación del ingeniero para un mundo cambiante.* - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANCEFN - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2014. Serie: Publicaciones Científicas N° 6 (2014)

- [3] KITZINGER, J. (1995). *Qualitative Research: introducing focus group*. BMJ 1995; 311:299-302.
- [4] CAMILLON, I A., BASABE, L., FEENEY, S. (2010). [Proyecto] *Los formatos de evaluación de los aprendizajes y sus relaciones con las modalidades de estudio de los alumnos universitarios*. Perspectivas de investigación y marcos de análisis. (Proyecto F069, Programación Científica Ubacyt 2008-2010). Enlace: [<http://www.ungs.edu.ar/cienciaydiscurso/wp-content/uploads/2011/11/Camilloni-Basabe-Feeney-20091.pdf>]
- [5] GRINSZTAJN, F. IMPERIALE, M. SPOSITTO, O. DONADELLO, D. LERCH, C. (2011). [Comunicación Oral] Aprendizaje basado en problemas, una estrategia de enseñanza innovadora en carreras de ingeniería: La experiencia en la Universidad Nacional De La Matanza. *Publicado en XI coloquio internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur. Florianópolis Brasil*.
- [5] IMPERIALE, M, GRINSZTAJN, F. DONADELLO, B, MEKLER, V, (2014). [Comunicación Oral] Plan de mejora de las condiciones de graduación de los estudiantes avanzados de ingeniería del DIIT-UNLaM. *Publicado en CAEDI 2014*.
- [6] MOLER E. (2006). Procesos de acreditación en las carreras de Ingeniería: ¿Mejoramiento en la calidad o adaptación a las normativas? Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. *Serie Estudios N° 5*. Enlace: [<http://www.coneau.gob.ar/archivos/publicaciones/estudios/Moler.pdf>]



GENERANDO LA INNOVACIÓN EDUCATIVA DESDE ADENTRO

María Angélica Moya, Universidad Austral Facultad de Ingeniería, mmoya@austral.edu.ar

María de las Mercedes Augspach, Universidad Austral Facultad de Ingeniería,
maugspach@austral.edu.ar

Mariana Krause Armin, Universidad Austral Facultad de Ingeniería,
mkrausea@austral.edu.ar

Resumen— Nuevos paradigmas como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, la actual economía y la aceleración de los cambios, entre otros, conforman el escenario particular del mundo del siglo XXI. El modelo educativo universitario debe adaptarse a los jóvenes de hoy procurando dotarlos del dominio de los conocimientos y de las herramientas, las habilidades, aptitudes y valores que les permitan contribuir al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la sociedad del mañana.

A través del relanzamiento de las actividades de formación de alumnos ayudantes, la FI Austral se ha propuesto dar respuesta a las necesidades internas de fortalecimiento y crecimiento en áreas de docencia e investigación y al mismo tiempo, a las exigencias externas actuales en la formación de ingenieros que demuestren el dominio de competencias.

Los alumnos ayudantes cursan de 2do a 5to año en las carreras Ingeniería Industrial e Informática. Su colaboración en distintas asignaturas permite, no sólo atención de consultas, explicación de problemas y asistencia en laboratorio, sino además el desarrollo y seguimiento de actividades de *e-learning* (enseñanza a través de internet), elaboración de nuevos casos, seguimiento de proyectos, colaboración en visitas técnicas, puesta a punto de equipos, asistencia en investigación, entre otros. Es decir, promueve el desarrollo de metodologías activas, dinámicas y participativas orientadas a fomentar el pensamiento crítico, la capacidad de aprender a aprender, el trabajo en equipo y la comunicación.

Palabras clave- competencias, metodologías activas, generación Y.

1. Introducción

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar el Plan de Formación 2016 de Alumnos Ayudantes de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Austral, una experiencia de enseñanza-aprendizaje para el fortalecimiento, crecimiento e innovación en la formación de ingenieros orientada al desarrollo de competencias genéricas de egreso necesarias para el mundo actual.

1.2 Marco de referencia

Nuevos paradigmas como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, la actual economía y la aceleración de los cambios, entre otros, conforman el escenario particular del mundo del siglo XXI, que plantea nuevas formas de comunicación e intercambio. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad actual exige más a la Universidad; no sólo exige la formación profesional (el “saber”), sino también, la dotación de competencias profesionales a sus egresados (el “saber hacer”) [1]. La universidad debe no sólo enseñar sino fundamentalmente educar, dando importancia al concepto de educación integral. La formación no debe orientarse a la mera acumulación de conocimientos, sino a la adquisición de competencias y habilidades que contribuyan al desarrollo sostenible y al mejoramiento del conjunto de la sociedad [2].

Los estudiantes ingresantes a primer año de Ingeniería en nuestra facultad (salvo alguna rara excepción) corresponden a la llamada Generación *Millennials* o Generación Y, han nacido entre 1980 y 2000. De acuerdo con Franichevich y Marchiori [3], estos jóvenes viven algunas de estas siguientes realidades:

- Nunca tocaron una máquina de escribir mecánica ni eléctrica; el contestador automático es parte del teléfono.
- Los juegos de video son una realidad virtual y los juegan en línea desde cualquier lugar del mundo.
- Los CD (Discos Compactos) son casi del pasado; Internet siempre existió.
- La televisión es por cable o satélite y el control remoto es de ellos.
- Suelen adornarse con *piercing* (aros en distintas partes del cuerpo) y tatuajes.

Si bien cada persona es individual, única e irrepetible puede decirse que en conjunto, estos jóvenes de casi 20 años que hoy comienzan sus estudios universitarios presentan características notables que los diferencian de la generación de sus padres y de la mayoría de sus profesores. En particular merecen destacarse las siguientes cualidades distintivas: el aprecio por el trabajo cooperativo y colaborativo, el uso de la tecnología en todas sus formas para interactuar y el interés y compromiso social, abordando los problemas de un modo nuevo [4]. Al mismo tiempo, los Y son una generación destinada a triunfar, se sienten deseados, valiosos y protegidos. Están acostumbrados a que todo suceda rápidamente. Para ellos son los slogans del momento *Impossible is Nothing* (Adidas), “nada es imposible”; saben que cuando se proponen seriamente algo es suficiente con *Just do it* (Nike), “sólo hazlo”.

Reconocer estas diferencias culturales no sólo es importante como educadores ya que ellos son “nuestros estudiantes”, sino fundamentalmente porque brinda la oportunidad de diseñar estrategias de enseñanza y de aprendizaje más efectivas y motivadoras acordes con estas habilidades y cualidades que poseen.

La colaboración de alumnos ayudantes en la FI Austral se inició en 1995, segundo año de funcionamiento de las carreras Industrial e Informática y desde entonces, ha continuado ininterrumpidamente. Surgió como una respuesta natural propia del espíritu colaborativo, orientada a una mejor atención a las áreas prácticas en materias de ciencias básicas de ambas carreras de grado y progresivamente, se fue extendiendo a otras de los bloques de tecnologías básicas, aplicadas y complementarias, como así también a proyectos de investigación. Los alumnos ayudantes son cercanos en edad, gustos, intereses, léxico y códigos a los alumnos cursantes, manejan con naturalidad las nuevas tecnologías, tienen presentes sus propias dificultades, por tanto, pueden ser excelentes colaboradores en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El relanzamiento del Plan de Formación 2016 de Alumnos Ayudantes de la FI se corresponde con las siguientes circunstancias especialmente oportunas y favorables:

- Número elevado de alumnos ingresantes desde 2013 y por tanto mayor necesidad de ayudantes en las materias de las carreras de grado.
- Adquisición de nuevo equipamiento en los laboratorios, necesidad de puesta a punto de equipos y desarrollo de prácticas.
- Incorporación y desarrollo con fines académicos de nuevas tecnologías (simulaciones, *e-learning*, realidad virtual, etc.) como soporte y enriquecimiento del dictado presencial.
- Consolidación de líneas de investigación con posibilidad de incorporación de ayudantes.

1.3 Competencias profesionales

Se entiende por competencia una combinación interrelacionada de destrezas cognitivas y prácticas, conocimiento (incluyendo conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otros componentes que juntos pueden ser movilizados para lograr una acción efectiva en un contexto particular [5] (figura 1). El término competencia deriva de *competere*, que significa dirigirse con otros hacia algo. Competencia, entonces, aglutina “con”, equipo, hacer con otros, poder hacer con los otros porque cada uno está capacitado para aportar en ese hacer con los otros. Alguien es competente cuando puede integrarse en una tarea con los demás [6]. Se considera que una persona es técnicamente competente cuando es capaz de realizar las tareas requeridas por su profesión o trabajo de manera adecuada según los estándares propios del mismo [7].



Figura 1. *Componentes de una competencia* (Fuente: De Miguel Díaz, M., 2005)

La formación por competencias incluye no solo el saber conocer, es decir el aprendizaje de contenidos conceptuales y conocimientos teóricos propios de cada área, sino también el saber hacer que se concreta en la aplicación práctica y operativa del conocimiento académico a situaciones concretas y específicas, así como saber ser, es decir, el desarrollo de actitudes, valores y normas que sean el elemento integrador formativo del profesional resultante [8].

Las competencias se construyen, se desarrollan, se forman, a través de la práctica, a partir de situaciones que demandan alcanzar un objetivo, resolver un problema, tomar una decisión propia del ámbito profesional [9], constituir e interactuar en un equipo de trabajo, etc.

Se requiere entonces ofrecer a los estudiantes de ingeniería instancias que les permitan aplicar sus conocimientos a situaciones concretas de su futura vida profesional, mediante la utilización de estrategias didácticas, activas y participativas que les permitan acercarse y actuar, ser parte de esa realidad que los motiva e interesa.

2. Método de Trabajo

La Escuela de Ayudantes de la Facultad de Ingeniería se creó en el año 2009. Su misión es *“Formar alumnos y graduados, interesados en desempeñarse como ayudantes en el ámbito académico, ya sea en una cátedra y/o en áreas de investigación”*. Los objetivos que se propone la Escuela de Ayudantes abarcan a distintos actores, a saber:

La Facultad

- Iniciar la formación de ayudantes, tanto alumnos como egresados con la perspectiva de integrarse a futuro como profesores.

Los profesores

- Promover un mayor acercamiento entre profesores y alumnos.
- Contar con un apoyo en las actividades de enseñanza e investigación a través de las ayudantías.

Los alumnos

- Promover un mejor aprendizaje.

Los ayudantes

- Contribuir al desarrollo de cualidades docentes e iniciar en actividades de investigación.
- Promover su inserción en las distintas etapas de la vida universitaria.
- Fortalecer sus propios procesos de enseñanza-aprendizaje.
- Desarrollar mayor sentido de compromiso y pertenencia

La Escuela de Ayudantes de la FI está a cargo de un profesor responsable de coordinar la formación y depende formalmente de la Dirección de Estudios (área responsable de asuntos estudiantiles). Está asistido por un Consejo Asesor formado por los Directores de ambas carreras de grado y el Director de Investigación (ver figura 2).

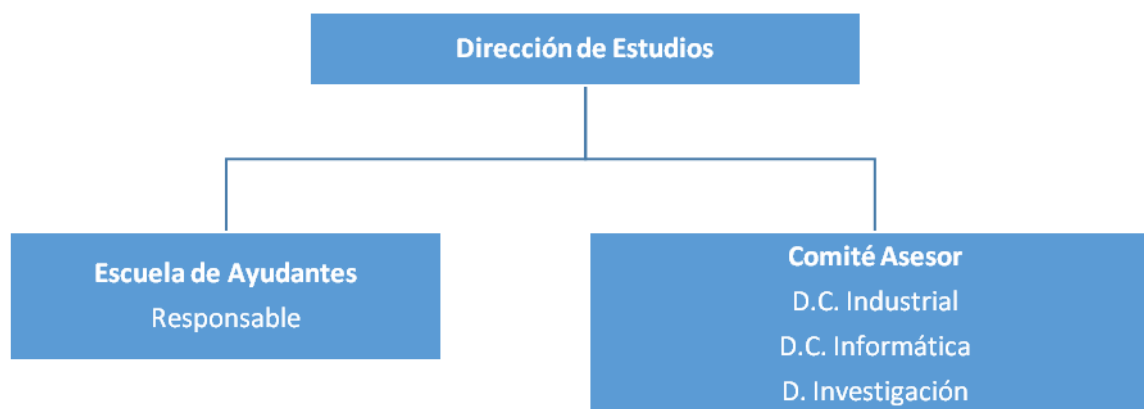


Figura 2. Organigrama de la Escuela de Ayudantes (Fuente: elaboración propia)

El Programa de Formación de Ayudantes año 2016 que está actualmente en desarrollo es el siguiente:

Destinatarios: alumnos ayudantes de 2do a 5to año de ambas carreras de grado, Industrial e Informática.

Modalidad: presencial teórico-práctico de carácter obligatorio, con soporte a través del Campus Virtual (Plataforma de Moodle).

Objetivos

- Brindar y aplicar herramientas didácticas, pedagógicas y de investigación en ingeniería.
- Integrar al estudio y promover el desarrollo de las 10 competencias genéricas de egreso del ingeniero argentino (CONFEDI, 2014¹):
- Desarrollar y aplicar el perfil del Ayudante de la FI Austral.

Temario

Primer cuatrimestre

Jornada 1

- Aprendizaje activo
- Verdad y sus implicancias

Jornada 2

- Pensamiento crítico
- Responsabilidad y compromiso social

Segundo cuatrimestre

Jornada 3

- Método del caso
- Comunicación

Jornada 4

- Nuevas tecnologías (simulaciones, gestión del conocimiento, etc.)
- Liderazgo e iniciativa

Trabajo final de cierre: a desarrollar en la materia en que colabora el ayudante.

Los temas de las Jornadas se desarrollan con profesores propios de la FI y se cuenta con el asesoramiento de la Escuela de Educación de la Universidad Austral. Se busca de este modo potenciar el sentido de pertenencia y compromiso involucrando al cuerpo docente, como así

¹ COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS

- Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES

- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Competencia para comunicarse con efectividad.
- Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
- Competencia para actuar con espíritu emprendedor.

también revalorizar las propias capacidades, conocimientos y aplicaciones a la profesión de ingeniero. Las jornadas tienen una duración total de 4 horas y se dedican 2 horas a cada tema.

Actualmente el plantel de ayudantes son 25 alumnos que están distribuidos de segundo a quinto año de las carreras Industrial e Informática más tres ayudantes contratados para los laboratorios.

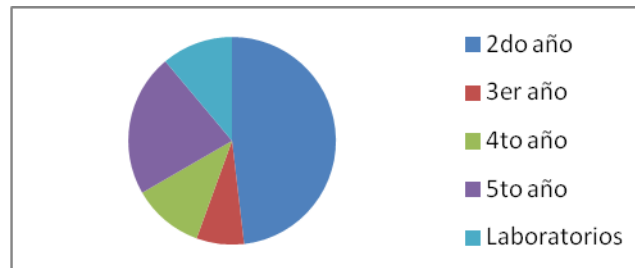


Figura 3. Distribución de los ayudantes 2016 (elaboración propia)

Como puede verse en la figura 3, prácticamente la mitad de los ayudantes son alumnos de segundo año.

3. Resultados y Discusión

A continuación, se desarrolla al trabajo realizado durante el primer cuatrimestre 2016.

3.1 Convocatoria y asistencia

En la figura 4 se presentan la asistencia relativa de los ayudantes por año de carrera a cada una de las dos Jornadas:

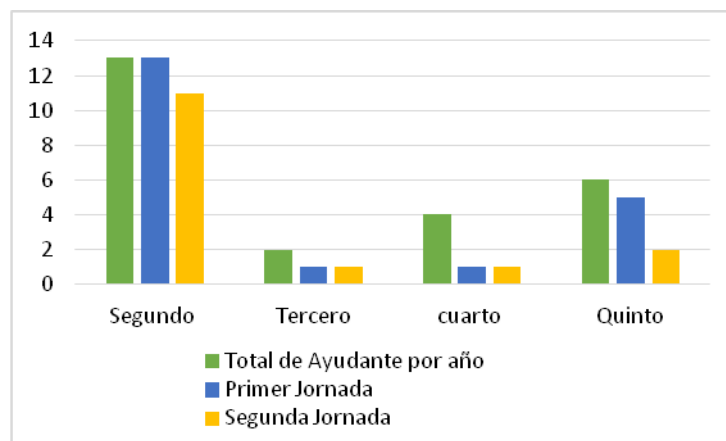


Figura 4. Asistencia por año de carrera (elaboración propia)

Tanto en la primera como en la segunda jornada se invitó por email a los 25 alumnos ayudantes año 2016. Como se puede observar en el gráfico, la asistencia en la primera jornada fue superior que en la segunda. Las ausencias a la segunda jornada correspondieron a quienes cursan en años superiores de la carrera (de 4to y 5to año) y los motivos principales fueron las mesas especiales de examen de mayo disponibles para años superiores y el comienzo del trabajo de pasantía de algunos ayudantes.

Asimismo, se invitó a todo el plantel docente de la Facultad. Sin contar a los profesores que tuvieron a su cargo el desarrollo de cada uno de los temas de las Jornadas, participaron 10 profesores. Entre ellos merecen destacarse los Directores de carrera, la Directora de Estudios y el Director de Ciencias Básicas. Éste último colaboró además relevando dificultades

concretas de enseñanza-aprendizaje de las materias de su área. Estas situaciones reales y actuales ayudaron a conformar los casos de estudio y trabajo. Otros casos se recogieron de profesores de materias más avanzadas, como *Teoría de la empresa*, a partir de situaciones reales de consultoría. Este modo de trabajo abierto y participativo enriqueció cada uno de los encuentros, aportó material de discusión actual y propició un vínculo de mayor intercambio y conocimiento entre docentes y ayudantes de diferentes años.

3.2 Trabajo realizado

En las dos primeras Jornadas a través en los temas desarrollados se procuró potenciar en los ayudantes y a través de ellos en los alumnos, las dos siguientes competencias genéricas sociales y actitudinales (CONFEDI, 2014):

- Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
- Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

Asimismo, de un modo más indirecto, a través del aprendizaje activo, el pensamiento crítico y del desempeño ético comprometido y responsable, se espera contribuir al desarrollo de las siguientes competencias tecnológicas:

- Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

Todos los temas se trabajaron en grupo, integrando ayudantes de diferentes años y carreras, para así lograr una visión más amplia e enriquecedora. Se expusieron las conclusiones en forma oral y se debatieron distintos puntos de vista. Se trabajó sobre casos y situaciones reales con material de referencia especialmente seleccionado y preparado por los profesores: textos, videos, presentaciones, infografías, etc. Todos estos documentos de estudio como así también los de trabajo elaborados por los ayudantes fueron compartidos en el Campus Virtual y están a disposición de todos los profesores y ayudantes de la FI.

3.2.1 Primera Jornada: Aprendizaje activo – Verdad y sus implicancias

Para el primer tema de la Jornada los ayudantes trabajaron en la formulación, identificación y propuesta de solución de alguna dificultad concreta de aprendizaje, identificando preconcepciones erróneas y conocimientos previos requeridos.

A modo de ejemplo, se presenta textualmente parte del trabajo realizado por un grupo de ayudantes.

IDENTIFICACIÓN DE UNA DIFICULTAD PARA EL APRENDIZAJE

*“**Ámbito:** Se eligió la asignatura Álgebra I, ya que es una materia en común entre todos los integrantes del grupo.*

***Dificultad detectada:** Limitación a un único método de resolución de un problema.*

Esta dificultad se genera cuando el profesor explica el tema con un ejemplo en particular y no se da el espacio de abarcar distintos problemas que requieren otro procedimiento, pero la teoría es la misma. A través de estos problemas, el alumno logra identificar los aspectos en común y así entender la teoría de una manera más amplia.

Identificar bien el concepto, el proceso y las herramientas necesarias para la resolución.

Al tratarse de una materia introductoria con un alto nivel de conceptos nuevos para el estudiante es importante asegurarse de que se comprendan los desafíos y la finalidad del ejercicio o problema antes de embarcarse en su resolución.

En el caso de Inducción Completa, por ejemplo, el alumno suele mezclar conceptos del proceso de inducción con las propiedades y definiciones de la sumatoria o asociar sumatorias a inducción. Es preciso generalizar el concepto de demostración por inducción, que el alumno encuentre el propósito y que entienda cómo funciona, el porqué, que el alumno sepa encontrar el sentido en lo que hace.

Se deben mostrar todas las aplicaciones, explicar qué es una Hipótesis, qué es una Tesis, y cómo es el proceso lógico-matemático para una Demostración, que el alumno identifique qué significa tener que demostrar algo. Identificar precisamente en una proposición, la hipótesis y la tesis, y como utilizar y “jugar” con los recursos y herramientas que ya sabe o se le otorgan para poder llegar al objetivo final, la tesis.

... (no se incluye todo el desarrollo matemático correspondiente por una cuestión de espacio disponible)

Conclusiones

Un problema muy común en materias lógico-prácticas tales como Álgebra es la mecanización del alumno al intentar resolver el ejercicio. Frecuentemente se pueden encontrar casos en los cuales, por cuestiones de comodidad o pragmatismo en el corto plazo, el alumno prefiere desarrollar un método mecánico para resolver ciertas problemáticas en lugar de utilizar los conceptos aprendidos como herramientas del razonamiento.

La principal consecuencia de este desarrollo del aprendizaje se puede notar en los casos previamente expuestos, en los cuales la finalidad y hasta el desarrollo general de los distintos ejercicios prácticos es básicamente igual, aunque con diferencias en ciertas cuestiones propias de cada estructura matemática u otras variantes particulares. En estas situaciones, una modificación que no debería tener un impacto en la capacidad de poder plantear o razonar el ejercicio termina siendo un impedimento a la hora de la resolución.

Es por esto que debe considerarse fundamental la comprensión de los objetivos, la diferenciación entre la presencia de un mecanismo netamente matemático y un problema lógico, y la adquisición de los conocimientos de forma integral y con noción de la utilidad de cada herramienta a la hora del razonamiento”.

Para el desarrollo del segundo tema tratado, *Verdad y sus implicancias*, se discutió un caso de copia en el ámbito universitario, utilizando como material de referencia *El cuarto elemento del fraude: capacidad* (Young E., 2008). A continuación, se presentan conclusiones textuales de dos de los grupos.

CONCLUSIONES RESPECTO DEL CASO DE COPIA

GRUPO A: *“Está claro que esta situación (copia) se debe tratar de evitar en toda institución académica, por parte de las autoridades o profesores, al igual que por los alumnos. Es un insulto al profesor, a los compañeros y hasta el mismo alumno ya que se miente a él mismo. El fraude en un examen es muy grave, ya que ensucia a la reputación de la Institución. Si el hecho se difunde, perjudica a todos los ya graduados y a todos los alumnos, ya que su esfuerzo y título puede ser despreciado o no valorado, ya que fue obtenido en un lugar donde este tipo de cosas suceden y entonces “se permiten” por lo que el título o la carrera es desvalorizada y hasta “regalada”.*

Todos debemos ponernos de acuerdo en que esto no puede pasar, y debe prevenirse, y en caso contrario ser denunciado y castigado, con la severidad adecuada, para contrarrestar el daño a la reputación general que causa y para mandar un mensaje a la sociedad.”

Grupo B: *“La realidad que uno identifica al conocer este caso es que, incluso ante las presiones presentes en una carrera como ingeniería, uno no puede caer ante la comodidad de copiarse, por más*

imposible que sea aprobar. Al copiarse, uno traiciona tanto al profesor y sus pares, como así mismos y puede llegar a aprobar una materia sin los debidos conocimientos.

Se produce el efecto de “bola de nieve”, en el cual una trampa genera más situaciones en las que uno no sabe cómo actuar, y debe recurrir una vez más al fraude. La organización de los tiempos de estudio o el pedirle ayuda a tutores o asesores, siempre será más honesto (y efectivo a largo plazo) que copiarse.”

3.2.2 Segunda Jornada: Pensamiento crítico – Responsabilidad y compromiso social

En la primera parte de la jornada (siempre trabajando en grupo), los ayudantes discutieron diferentes casos del ámbito académico, científico y profesional, utilizando como material de referencia la *Mini-guía para el Pensamiento crítico. Conceptos y herramientas* (Paul R., Elder L., 2003). Se incluye un caso y su resolución textual a modo de ejemplo.

CASO: ¡POR ESA PAVADA!

Llegó el día de la revisión. Tomás (T) estaba seguro que le había ido bien en el parcial, pero no....Revisa atentamente las correcciones y consulta al profesor (P).

T: ¿Cuánto valía este ítem?

P: 1 punto

T: Pero... ¡me pusieron 0 punto y lo único que tengo mal es que resté en vez de sumar!

El profesor le explica a Tomás que este problema buscaba reflejar la comprensión del concepto de solubilidad en una solución, una vez logrado esto, las cuentas eran muy sencillas.

P: Tomás, justamente esa resta evidenciaría que no pudiste comprender en qué consistía el proceso y cómo aplicar en esa situación el concepto de solubilidad.

T: Si es igual al de la guía, y allí se restaba.

Tomás se retira de la revisión convencido que “por esta pavada” tiene que recuperar.

¿Cuál era el problema del parcial?

Se prepara una solución de KNO_3 a 75°C agregando una masa determinada de soluto a 250 g de agua. Luego de agitar se observa sólido remanente. Se filtra y se pesan 37,0 g de soluto no disuelto. Determinar la masa de soluto utilizada.

Dato: Solubilidad del KNO_3 a $75,0^\circ\text{C}$ es de 155 g / 100 g de agua

¿Cómo lo resolvió Tomás?

100 g Agua-----155 g de soluto

250 g Agua-----X= 388 g de soluto

$388\text{ g} - 37,0\text{ g} = 351\text{ g}$

La masa de soluto necesaria es 351 g

Consignas

- Formulen dos preguntas a realizar a Tomás para ayudarlo a entender que no “es una pavada”.
- ¿Qué elemento del pensamiento falló? ¿Por qué?
- ¿Qué estándar intelectual universal debe fortalecerse? ¿Por qué?
- ¿Qué sugerencias le darían a Tomás para prepararse para sus próximos exámenes?

Resolución

a) “Preguntas para hacerle entender a Tomás que no es una pavada

- ¿Entendés qué significan los 37g de soluto filtrados?
- Veamos el ejercicio de la guía.
- Más allá de ser “igual al de la guía”, ¿hubo otro motivo por el cual lo resolviste restando? (Esta pregunta sirve para ver si era un tema de resolver mecánicamente o un tema conceptual)
- ¿Entendés bien el concepto de solubilidad?

b) Elementos del pensamiento que fallaron

- **PREGUNTA:** no se cuestiona realmente, sino que lo resuelve de una forma mecánica, no va mucho “más allá”.
- **INFORMACIÓN:** se basa en información que no le sirve para este ejercicio por el motivo anterior.
- **INTERPRETACIÓN:** no interpretó bien el ejercicio.
- **TEORÍA:** falló al formular mal el ejercicio, la teoría que utiliza no la tiene del todo clara.
- **CONSECUENCIAS:** lo resuelve de forma errónea y mecánica sin pensarlo conceptualmente.
- **PUNTOS DE VISTA:** piensa que falló en una pavada cuando en realidad era un error conceptual grave.

c) Estándares intelectuales universales a reforzar

- **CLARIDAD:** no se hace una pregunta clara sobre el ejercicio.
- **PROFUNDIDAD:** ídem anterior.
- **IMPORTANCIA:** no le da importancia al entendimiento del CONCEPTO.

d) Sugerencias

- Estudiar bien los conceptos.
- Practicar ejercicios y variantes de esos ejercicios.
- Resolverlo a consciencia y no de forma mecánica.

Observación: Tomás falla en pensar que su error es una pavada y no entiende realmente lo que el profesor interpretó o puede haber interpretado.”

En la segunda parte, se trabajó sobre *Responsabilidad y Compromiso Social*, primeramente, aplicados al rol de ayudante y luego, sobre el ámbito profesional. Se presentan las respuestas textuales de un grupo a la actividad de apertura del tema.

¿Qué es el bien común para cada uno? ¿Y para el grupo?

- “Condiciones que se dan en una sociedad para que las personas se puedan desarrollar, realizar, perfeccionar → cultura, paz, justicia, seguridad...”
- Todos deben “tirar” para el mismo lado.
- No es la suma de los objetivos individuales, sino que es general.

¿Por qué y para qué quiero ser ayudante?

- Devolver a la facultad “un poco” de lo que me dio a mí.
- Gusto por la materia y querer desarrollarse y aprender más de la misma.
- Desarrollar competencias personales: aprender a explicar de distintas maneras.

¿Cuáles son los principales problemas éticos en el comportamiento de los argentinos?

- *Corrupción.*
- *Falta de respeto.*
- *Poca cultura de esfuerzo: vagancia, falta de iniciativa, tomar el “camino fácil”.*
- *Egoísmo.*
- *Violencia y resentimiento.*
- *Individualismo.*

¿Cuáles son los principales problemas-dilemas éticos en el desempeño del encargo (Ayudantía)?

- *Cómo manejar el tema de las copias.*
- *Cultura de “zafar”.*
- *Aprender las cosas mecánicamente sin querer entenderlo.*
- *Poca iniciativa al desafío personal.*
- *Amistad con el alumno: puede generar alguna discordia.*
- *Disposición del tiempo y compromiso con lo que hay que hacer.*

¿Cuáles son los valores personales más importantes de un ayudante ideal?

- *Responsabilidad/compromiso.*
- *Paciencia/Humildad.*
- *Veracidad.*
- *Dedicación/Servicio/Empatía con los alumnos.*
- *Mente abierta/ Capacidad de explicar las cosas de distintas maneras”.*

3.3 Evaluación de las Jornadas por parte de los alumnos y profesores participantes

Al finalizar ambas Jornadas se les pidió a los ayudantes que completen una breve encuesta, conformada de preguntas cerradas y abiertas. Los resultados de las preguntas cerradas se muestran en las figuras 5 y 6. Como puede observarse ambas Jornadas fueron calificadas muy favorablemente en sus distintos aspectos.

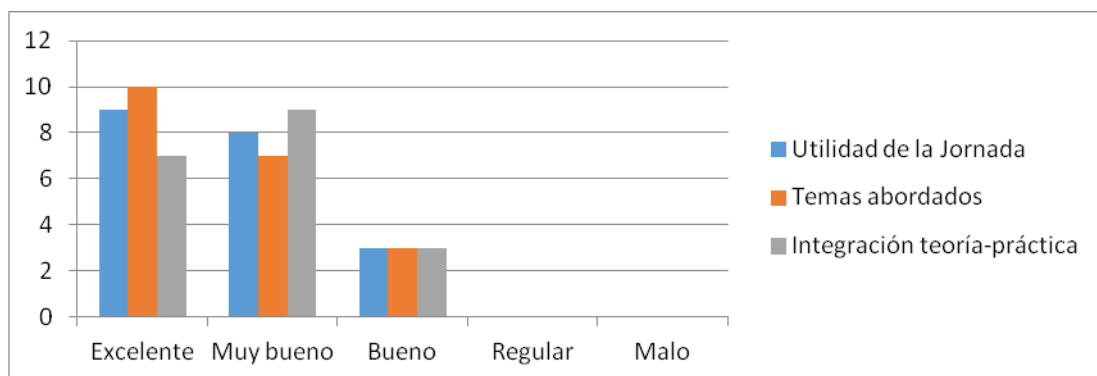


Figura 5. Evaluación primera Jornada (Fuente: elaboración propia)

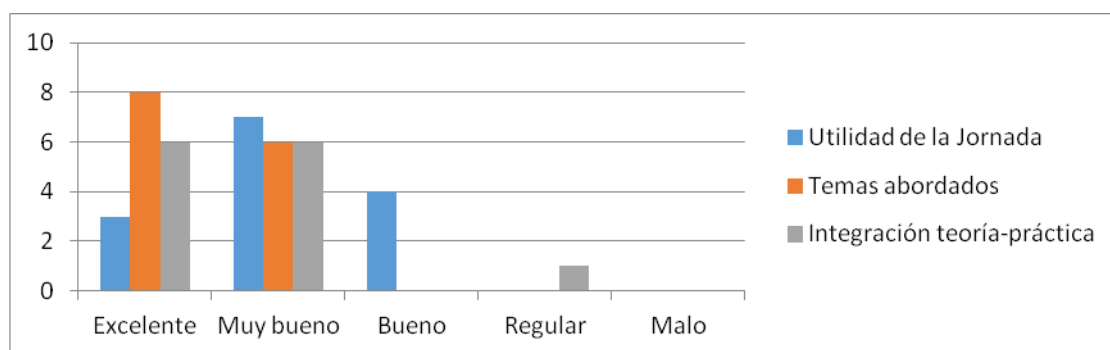


Figura 6. Evaluación segunda Jornada (Fuente: elaboración propia)

La principal diferencia de satisfacción se manifiesta en el ítem utilidad de segunda jornada, lo cual se atribuye a que los temas abordados no resultaron tan atractivos como en la primera (copia y fraude).

A continuación, se presenta una selección representativa de comentarios textuales de los ayudantes brindados en las repuestas abiertas de la encuesta, los cuales serán tenidos en cuenta para las próximas jornadas.

3.3.1 Primer Jornada: Aprendizaje activo – Verdad y sus implicancias

Aspectos más útiles de la Jornada

- “Métodos de enseñanza, compartir con personas de la universidad formas de que los alumnos capten o aprehendan los contenidos; concientización de la importancia de la ayudantía, responsabilidad que tenemos con la Facultad, las materias y ser capaces de ayudar mejor”
- “Las estrategias de enseñanza, porque a veces me pasa que no logro mi objetivo de transmitir un conocimiento o aclarar una duda de manera efectiva”.
- “Reflexionar sobre la verdad y la coherencia, creo que son temas actuales en la facultad que hay que atender con urgencia”
- “El debate y la interacción entre ayudantes nuevos y experimentados, seriedad con la que se aborda la actividad.”
- “El método del caso resuelto en grupo y luego su exposición oral, permite una retroalimentación de ideas y compartir experiencias en equipo.”
- “El planteo del método ideal de enseñanza, nuestro principal objetivo es ser el puente entre el conocimiento y el alumno, es vital buscar la manera de perfeccionar nuestra labor.”
- “Seguir mejorando las supervisiones de los exámenes y poner en práctica los temas tratados”.
- “La posibilidad de algunos profesores escuchen algunos consejos”.
- “Me gustó mucho la Jornada, las charlas me parecieron acertadas y muy aplicadas a las necesidades actuales como ayudantes”.

3.3.2 Segunda jornada: Pensamiento crítico – Responsabilidad y compromiso social

Aspectos más útiles de la Jornada

- *“Los temas abordados en la Jornada, que no sólo nos forman como ayudantes sino como personas. Muestra el interés de la Universidad para formar personas de bien y excelentes profesionales”*
- *“Me gustó aprender sobre pensamiento crítico, no estaba al tanto de su importancia. Me gustaron mucho ambas charlas.”*
- *“Los temas abordados, en especial cuando se habló de formación profesional, por la importancia que tiene en equilibrio, establecer el fin y las prioridades”*
- *“Los valores que debe tener un alumno ayudante, un buen ayudante puede realmente ser de mucha ayuda si sabe cómo hacerlo.”*
- *“La puesta en común de los trabajos por grupos, porque pude ver diferentes puntos de vista en los diferentes temas.”*
- *“Aprender a ver más allá de la sola presencia en la ayudantía, es decir no quedarse sólo con la presencia y saber, que es muy importante nuestro comportamiento en ésta.”*

3.3.3 Comentarios de algunos Profesores que participaron de las Jornadas

- *“Primero agradecer no solo la participación en el caso sino también la actitud proactiva con que consideraron el caso copia. Cada grupo emitió sus opiniones con absoluta libertad lo que indica un acercamiento a la madurez profesional que deseamos logren en su paso por la FI.”*
- *“Me pareció excelente el “clima” de trabajo conjunto entre docentes y alumnos-ayudantes. Diría un “microclima” que es un claro ejemplo de lo que vivimos día a día en nuestra querida Facultad. Debemos seguir fomentando actividades de este tipo y cada vez más darles participación activa a nuestros estudiantes.”*
- *“Tanto en la primera como en esta segunda Jornada, uno salió reconfortado.”*
- *“Uno tuvo oportunidad de colaborar o interactuar con compañeros docentes a los que conoce poco, especialmente de otras áreas”*
- *“Todo esto muestra a nuestro entender, el gran compromiso demostrado, tanto por los alumnos, como por los profesores que pudieron asistir. Y la gran oportunidad de aprehender alumnos y profesores el arte de enseñar, de escuchar y ser escuchado. Un espacio donde se puedan compartir experiencias que resultan de gran utilidad para los alumnos, y también para los profesores.”*

4. Conclusiones y recomendaciones

Los estudiantes actuales de la FI Facultad pertenecen a la llamada “Generación Y”, y como tales se desempeñan con entusiasmo cuando encuentran una actividad que los atrae particularmente, que los interpela y los anima a actuar. Las actividades de la Escuela de Ayudantes, diseñadas contemplando esta particularidad y buscando desarrollar en ellos conocimientos, actitudes, aptitudes y criterio que los formen profesionalmente como ayudantes y como futuros profesionales, están dando los resultados esperados.

Los ayudantes participan activamente aportando nuevas miradas, nuevas formas de enseñar y nuevas soluciones a diversos problemas. A estos jóvenes, los testimonios y situaciones concretas cercanas los movilizan especialmente y les brindan herramientas de aplicación inmediata. Los impulsan a participar con seriedad y profundidad en la discusión de casos y en la búsqueda de mejores formas de llevar adelante su tarea.

Las actividades hasta ahora desarrolladas han provisto a los ayudantes herramientas concretas para mejorar sus tareas de ayudantía, y los han llevado a reflexionar que ellos pueden, desde su lugar, enseñar a resolver un problema específico y también ir más allá, orientando a los alumnos para que sean ellos mismos quienes desarrollen los elementos de pensamiento que les permitan resolver otros tipos de problemas. Es decir que comienzan a descubrir lo que es la verdadera labor docente, ayudar a pensar y a formar criterio propio. En este sentido merece destacarse la reflexión de un ayudante de segundo año de una asignatura de ciencias básicas. Él expresó su preocupación en el modo de hacer su tarea. Concretamente explicó que podía hacerse de dos modos, “bien”, es decir explicar al alumno el problema en cuestión, o de un modo “excelente”, brindando orientaciones para desarrollar los elementos de pensamiento de manera que el alumno resuelva él mismo el problema.

Sin embargo, para lograr extraer todo el potencial de los ayudantes, se debe lograr involucrar aún más a los profesores con quienes estos ayudantes trabajan, para que sean ellos quienes los valoren, motiven y les den participación, incentivándolos a dar lo mejor de sí. Algunos casos reales trabajados, tal como el que evidenció la resolución mecánica de un ejercicio sin el suficiente cuestionamiento por parte del alumno, señalan la necesidad de trabajar articuladamente ayudantes y profesores para identificar las causas que propician esta actitud, absolutamente contraria al pensamiento crítico (presentación poco clara del enunciado, falta de tiempo, dificultad de comprensión de conceptos, etc.).

A los ayudantes los convocan los ideales de verdad y honestidad y su responsabilidad frente a los demás alumnos, así como el saberse necesitados y útiles en su tarea. Han podido también descubrir que su tarea docente no se limita solamente a las explicaciones que dan en clase, sino que también enseñan y son ejemplo para otros a través de su comportamiento, de sus actitudes, en definitiva y al decir de uno de los profesores que participó de la segunda Jornada “los ayudantes salieron de la Jornada, valorando más que antes su tarea, su función docente”.

Lo antedicho es muy importante por lo provechosas que les resultan a los alumnos las horas de consulta brindadas por los ayudantes, porque hablan un mismo idioma, porque pueden proyectarse en ellos, porque han pasado por experiencias muy similares hace muy corto tiempo. Todo esto hace que los alumnos se sientan más cómodos y que los ayudantes puedan empatizar naturalmente con ellos.

En la primera Jornada resultó de sumo interés el tema de la honestidad en la tarea diaria (Verdad y sus implicancias), y disparó entre los ayudantes la cuestión de cómo prevenir el tema del fraude y la copia, y su rol en esta tarea. Es un tema que viven muy de cerca y que los hace cuestionarse a sí mismos y en relación con sus compañeros, y por ello se notó en las encuestas realizadas un interés levemente mayor en esa Jornada respecto a la siguiente.

Se detectó como oportunidad de mejora para las futuras Jornadas lograr una mayor asistencia de los ayudantes, especialmente de años superiores quienes trabajan por la mañana. Para ello, las próximas Jornadas se realizarán por la tarde.

El 80% de los alumnos ayudantes está en 2do año de la carrera, lo cual permite pensar que podrían seguir siendo ayudantes durante 2 o 3 años más, y quizás continuar ejerciendo la docencia, una vez graduados. Esto significa que se podrá seguir formándolos y preparándolos

durante algunos años en esta labor, para el día de mañana tener un semillero de posibles docentes de la FI Austral provenientes de la Escuela de Ayudantes de la Facultad.

Tal como se ha explicado el Plan de Formación de Ayudantes 2016 finalizará con un trabajo final, es decir con un producto “entregable”. Éste está destinado a contribuir a una mejora concreta en la cátedra o proyecto, que se trabajará en conjunto entre el profesor a cargo y su ayudante. Una vez finalizado el año 2016 podrán evaluarse de un modo completo las actividades realizadas y los resultados alcanzados.

5. Referencias

- [1] GIORDANO-LERENA R.; CIRIMELO S. (2013), Competencias en ingeniería y eficacia institucional. *Ingeniería Solidaria*, Vol. 9, No. 16, pp. 119-127, Dic., 2013. ISSN 1900-3102 / e-ISSN 2357-6014
- [2] UNESCO (1998). *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI. Visión y acción y marco de acción prioritaria para el cambio y el desarrollo de la educación superior*.
URL: http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm (20/7/15)
- [3] FRANICHEVICH, A; MARCHIORI, E. (2010). *Conexión Intergeneracional*, 1era Edición, Buenos Aires. Temas Grupo Editorial, p. 33.
- [4] PINDER-GROVER, T.; GROSCURTH, C. (2009). Principles for Teaching the Millennial Generation: Innovative Practices of University of Michigan. *Faculty Center for Research on Learning and Teaching at the University of Michigan*. CRLT Occasional Paper No. 26, p. 1 y 2.
URL: http://www.crlt.umich.edu/sites/default/files/resource_files/CRLT_no26.pdf (23/7/15).
- [5] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE) (2005). *La definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo (DeSeCo)*, p.3.
URL: <http://es.slideshare.net/primariaraceli85/competencias-clave-deseco> (23/05/16)
- [6] TOBÓN, S. (2006). *Formación basada en competencias*. Ecoe Ediciones Ltda. Segunda Edición. Bogotá, p.XVI.
- [7, 9] MASTACHE A. (2007). *Formar personas competentes. Desarrollo de competencias profesionales y psicosociales*. Editorial Noveduc. Colección Educación y Trabajo. Buenos Aires, p.82.
- [8] AMARANTE, A.M.; MOYA, M.A.; DAURA, F.; LOITEGUI, J.F. (2010). Una experiencia de formación por competencias con profesores de la Universidad Austral y memoria de una Visita Técnica con alumnos aplicando aprendizaje por competencias. *IX Jornada de Didáctica del Nivel Superior. El aprendizaje por competencias en la Educación Superior*. Pontificia Universidad Católica. Buenos Aires, Argentina, p.7.
URL: http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo18/files/Una_experiencia_de_formacion_por_competencias.pdf (5/9/ 2013).



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE COMPETENCIAS EN LAS PRÁCTICAS PROFESIONALES SUPERVISADAS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Juan Carlos García, Universidad Nacional de Mar del Plata – Facultad de Ingeniería,
jgarcia@fi.mdp.edu.ar

Alicia Inés Zanfrillo, Universidad Nacional de Mar del Plata – Facultad de Ciencias
Económicas y Sociales, alicia@mdp.edu.ar

Resumen

El propósito del trabajo consiste en caracterizar las competencias que el estudiante adquiere en el transcurso de las prácticas profesionales supervisadas en las diferentes especialidades de las Ingenierías. El estudio de mecanismos para la aplicación de un enfoque por competencias en los diseños curriculares, efectuado por organismos de acreditación en nuestro país, expone la importancia de disponer de diferentes instrumentos que propicien su diagnóstico, desarrollo y evaluación en la vida académica. Por otra parte, la complejidad inherente al ejercicio profesional en la actualidad, necesita del seguimiento de las modalidades que la institución plantea para la interrelación con diversos agentes y sectores. Ello implica articular el diseño curricular, las innovaciones científicas y tecnológicas y las demandas del medio socio-económico, cuyas expresiones pueden manifestarse por ejemplo, a través de las prácticas en ambientes externos a la institución educativa, en un saber hacer, saber estar y saber ser, al que el estudiante accede como parte esencial de su formación académica.

Palabras clave— *prácticas profesionales supervisadas, competencias, ingeniería*

1. Introducción

La coordinación del *Practicum* en el Departamento de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata tiene ya una amplia trayectoria desde su incorporación como carrera en el año 2003, por lo cual, las primeras experiencias se sitúan en el año 2006. Se inicia a partir de ese momento una amplia tradición de seguimiento de las prácticas a través de las tutorías por parte del profesorado y de los informes de actuación presentados por los estudiantes. La incorporación a las prácticas académicas de centros de formación externos y el nuevo rol que se ejerce desde el profesorado en la evaluación de su desempeño, dan cuenta de una nueva identidad en el ejercicio pre-profesional que desarrollan en sus últimos años dentro de la institución educativa en contacto con los requerimientos del medio y desde la reflexión de su accionar.

El análisis efectuado de las prácticas profesionales supervisadas desde diferentes enfoques ha llevado a plantear la necesidad de responder a interrogantes que se basan en el tipo de

evaluación que se lleva a cabo tanto en las instancias de seguimiento previstas para el transcurso de este tipo de trayecto formativo como en los informes de actuación presentados al concluir el período previsto. Esta evaluación requiere de una perspectiva que incorpore el desarrollo profesional de los estudiantes en el medio donde realizan su formación práctica. Así, uno de los interrogantes que guían la investigación se inscribe en: ¿cuáles son las competencias que se desarrollan en el desarrollo de la formación práctica de los estudiantes en los centros de formación externa?

A efectos de ofrecer respuesta a este interrogante en este trabajo abordaremos el concepto de competencia en sus diversas acepciones. Se continuará con una breve descripción sobre la evolución de los enfoques que orientan la clasificación de competencias a seleccionar. Posteriormente se realizará el análisis sobre los informes de actuación sobre las líneas teóricas propuestas a fin de reseñar las competencias desarrolladas en los productos principales que resultan como objeto de transferencia entre el centro de formación externo y el estudiante que realiza la práctica. Se espera que los resultados de la investigación se conviertan en insumos para la formulación de los planes de trabajo de los estudiantes de la carrera, atendiendo a la reflexión sobre la formación práctica que se desea lograr en la institución.

2. Materiales y Métodos

En los últimos años el término competencias se incorpora en el ámbito de la gestión de recursos humanos, en la definición de sus políticas de formación y evaluación, figurando de forma reiterada en los procesos de selección y capacitación aludiendo a instancias innovativas y profesionales [1] Aneas Álvarez,. En las instituciones de educación superior se inserta en la definición de los planes de estudio y genera tanto controversias como adhesiones, ya sea por su concepción original cercana a la calificación para el puesto de trabajo así como en la visión actual del desempeño profesional en escenarios complejos.

El término competencias, tiene un carácter polisémico por la diversidad de conceptualizaciones en que se lo ubica desde diferentes disciplinas, las cuales dificultan su utilización. Se lo define refiriéndose tanto a las capacidades de resolución de problemas como a las "... capacidades fundamentales para la convivencia, en un mundo donde el individuo hace uso del conocimiento para desempeñar un rol social" [2], es decir que pueden ser desarrolladas, resultantes de procesos formativos formales e informales. Las competencias profesionales comprenden según Tejada [3] "... un conjunto de conocimientos, procedimientos y actitudes combinados, coordinados e integrados en el ejercicio profesional, definibles en la acción, donde la experiencia se muestra como ineludible y el contexto es clave". Así, tanto la experiencia como el contexto constituyen dos elementos de gran relevancia en la caracterización de las competencias.

Las competencias, son características potenciales que se adaptan a las circunstancias en que discurre la actuación profesional en un desempeño efectivo frente a un trabajo o situación, es decir son las que permiten desarrollar una actividad profesional en los niveles requeridos por la tarea. [4] Pérez Escoda realiza una síntesis de los atributos o características de las competencias que expresan el desempeño de una persona frente a las demandas de su puesto de trabajo que resultan significativas frente a la proliferación de definiciones disponibles para el término:

- El concepto es aplicable a las personas (individualmente o en forma grupal).
- Implica unos conocimientos "saberes", unas habilidades "saber hacer", y unas actitudes y conductas "saber estar" y "saber ser" integrados entre sí.

- Incluye las capacidades y procedimientos informales además de los formales.
- Es indisoluble del concepto de desarrollo y de aprendizaje continuo unido al de experiencia.
- Constituye un capital o potencial de actuación vinculado a la capacidad de movilizarse o ponerse en acción.
- Se inscribe en un contexto determinado que posee unos referentes de eficacia y que cuestiona su transferibilidad.

Estas características se centran en un desarrollo inherente a las personas, integrando el saber, el saber hacer, saber estar y saber ser en ámbitos formales e informales como un continuo desde la experiencia, la acción y un contexto en particular. Sin embargo, el concepto no es estático, sino que, por el contrario, ha cambiado con el transcurso del tiempo. La evolución del concepto de competencia ha sido sintetizada por Aneas Álvarez a través de un trayecto que involucra diferentes enfoques: desde el enfoque centrado en la tarea, continuando con el que se encuentra enfocado en perfil profesional y finalmente, aquel que se orienta hacia la naturaleza holística y compleja tanto del desarrollo profesional como del entorno.

Según el enfoque que pretende dar respuesta a los requerimientos del mercado laboral, diferentes concepciones tienen lugar, así la primera se refiere a la capacidad de las personas para desempeñar las tareas propias de su puesto de trabajo, denominándose enfoque de competencias centrado en la tarea. Más adelante, se prestó atención a aquellos rasgos distintivos de un profesional excelente, es decir a aquellas cualidades que mediaban entre el cumplimiento de la tarea y el cumplimiento significativo de las expectativas depositadas en la actividad, bajo la denominación de enfoque centrado en el perfil. Por último, el enfoque de competencias adopta un carácter holístico que pretende incluir todos los elementos que caracterizan a la función profesional de excelencia como la adaptación al entorno.

Diversas clasificaciones abordan distinciones entre las competencias desde una perspectiva holística como las cuatro categorías analíticas propuestas por [5] Bunk (i) competencia técnica, la cual implica un dominio experto de actividades y contenidos inherentes al espacio laboral, (ii) competencia metodológica, que supone una aplicación apropiada de los procedimientos al desarrollo del quehacer profesional, (iii) competencia social, que implica la colaboración con otras personas de forma comunicativa y constructiva, con un comportamiento orientado a la consolidación de los vínculos de los integrantes del equipo de trabajo, y (iv) competencia participativa, la cual denota la integración con el entorno de trabajo, la capacidad organizativa y decisoria así como la aceptación de responsabilidades.

Otra clasificación que se enmarca bajo el mismo enfoque holístico es la proporcionada por el Proyecto Tunning [6], divide a las competencias en dos categorías analíticas, las genéricas que resultan comunes a todas las disciplinas y las específicas relacionadas con un área particular del conocimiento, las cuales se subdividen en tres grupos: (i) competencias instrumentales, que responden a capacidades de tipo cognitivo, metodológico, tecnológico y lingüístico que otorgan el desempeño básico al estudiante, (ii) competencias interpersonales, las cuales determinan la capacidad de emplear habilidades de comunicación, críticas y de trabajo en equipo y (iii) competencias sistémicas, las cuales facilitan un acercamiento a la realidad como un espacio de relaciones y no como hechos desvinculados entre sí.

En educación superior, la definición de competencias implica la determinación de los resultados de aprendizaje que obtendrá el estudiante al concluir el período establecido para la adquisición de los contenidos previstos por el plan de estudios en el que está inscripto. [7] Rodríguez Esteban y Vieira Aller.

Las competencias así como los contenidos propuestos en los trayectos curriculares se evalúan a la finalización del ciclo lectivo y constituyen una expresión de los logros del estudiante en términos de comprensión y aplicación. Dichas evaluaciones se encuentran normadas en las instituciones de educación superior bajo diferentes modalidades sin embargo, el *Practicum* presenta características que resultan distintivas por el desarrollo de productos que ejecutan los estudiantes asociados a un conjunto de capacidades que desempeñan en un centro de formación externo perteneciente al medio socio-productivo.

Afirma [8] Zabalza que el *Practicum* adopta un carácter transversal, no resulta un elemento anexo al plan de estudios sino que en él se integran los espacios curriculares del plan de estudios. Esta integración debería tener un carácter bidireccional: se ve afectada por los espacios curriculares desde la síntesis de contenidos teóricos y prácticos que se combinan en el trayecto formativo y también, afecta a dichos espacios, en el sentido que no es un componente aislado sino que dicha práctica se vincula con el resto de las áreas temáticas y metodologías que se referencian en la disciplina.

[9] Schön (1992) ha realizado un aporte sustantivo al *Practicum* en la superación de la racionalidad tecnocrática para explicar los fundamentos de las decisiones en contextos de incertidumbre o en situaciones dilemáticas, lejos de una perspectiva de mera aplicación de la teoría a la situación práctica, sino desde la reflexión en la práctica, es decir que el conocimiento que se genera sobre esa práctica es fundamental para la resolución de los problemas dada su singularidad pues requieren de un conjunto de acciones específicas de la situación para abordar a su solución [10] Sanjurjo. La autora señala esta posición a partir de la reflexión sobre la práctica propuesta por [9] Schön a efectos de facilitar la comprensión del proceso de construcción de conocimiento profesional.

El estudio se efectúa sobre las PPS de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata bajo el formato de informes escritos en el período 2012-2014. El relevamiento abarca 30 documentos los cuales disponen de una estructura que puede contemplar las siguientes secciones: introducción -objetivos y planificación-, contexto de la organización, desarrollo de la PPS, conocimientos aplicados, limitaciones de la práctica, conclusiones y opinión personal.

El informe constituye un elemento de la actividad formativa en una instancia de evaluación [11] Colmenares y Piñero, la cual es valorada por los tutores asignados por el Departamento en conjunto con la empresa y presentada al finalizar el desarrollo de la PPS. A posteriori del trayecto formativo que supone la PPS, los estudiantes presentan un informe pautado al Departamento de Ingeniería Industrial con los que se constituye la muestra para el presente trabajo.

Las líneas teóricas sobre las que se realiza el análisis se inscriben en la clasificación de competencias de Bunk y la clasificación propuesta por el Proyecto Tuning (2004), desde esta última distinción de competencias tanto genéricas –instrumentales, interpersonales y sistémicas– como específicas. Estas líneas se adoptan para abordar el estudio cualitativo sobre las opiniones personales de los estudiantes inscriptas en sus informes de actuación. Dicho análisis posibilita, a través de un proceso inductivo en una sucesión progresiva de definiciones, relacionar los conceptos que se identifican en las secciones del citado informe con la práctica en el centro externo de formación.

El análisis efectuado emplea categorías conceptuales enmarcadas en las guías teóricas propuestas para el fenómeno en estudio. En el análisis se adopta una serie de etapas que recorren la codificación de las opiniones sistematizadas procedentes de los informes de

actuación a partir de su transcripción a un documento y su posterior categorización, relación, integración, modelización y teorización [12] Mendicoa.

3. Resultados y Discusión

El *Practicum* en el Departamento de Ingeniería Industrial se desarrolla a través de las estancias que realizan los estudiantes en organizaciones que actúan como centros de formación para el cumplimiento del requisito curricular conforme lo establecido en el plan de estudios de la carrera. Las organizaciones pertenecen al sector público y al privado tanto en el ámbito nacional como internacional. Las prácticas se ubican preferentemente en el sector privado, donde se observa una reincidencia de dos empresas locales en la búsqueda de estudiantes en la Unidad Académica, cuyas actividades económicas se definen en el sector primario para una y en el sector secundario para la otra.

En los dos años analizados sobre las PPS, 2012-2013, si bien se registra una mayoría de estudiantes de género masculino, el 60%, la presencia femenina tiene un porcentaje que se corresponde con valores similares en la matrícula de la carrera, a partir del creciente número de incorporaciones de dicho género que se observa en los últimos años. Las convocatorias de prácticas son realizadas tanto por medio del Departamento bajo la forma de convenios con empresas y otras entidades, como a través de propuestas presentadas por los estudiantes en la determinación del centro de formación externo, avaladas igualmente por la institución educativa.

Las prácticas de los estudiantes se evalúan a través del Informe final que presentan al concluir la estancia en la organización donde desarrollan su plan de trabajo. Dicho informe, si bien no tiene una estructura pre-establecida, registra las materias que están relacionadas con el cumplimiento de la práctica entre las cuales se destacan por el número mencionado, aquellas correspondientes al Área de Desarrollo Profesional debido a la incorporación de materias optativas y requisitos curriculares. Se reconocen además, el plan de actividades, las acciones llevadas a cabo, las conclusiones sobre la labor realizada y una opinión personal.

Como señala Zabalza, el carácter transversal del *Practicum* se observa no como un componente adicional sino como un vehículo de integración para las materias del plan de estudios. La naturaleza de esta práctica supervisada se encuentra ligada a los contenidos de los espacios curriculares, a las metodologías y modelos que se desarrollan en la disciplina específica que concierne a la Ingeniería Industrial desde el lugar de experiencia que le proporciona el centro de formación externo.

Las opiniones de los estudiantes sobre la dinámica del *practicum* en los centros de formación externos se expone en un esquema de tres categorías de análisis y subcategorías según la definición de competencias genéricas del Proyecto Tunning [6] González y Wagenaar. Se comienza con la descripción de las competencias genéricas distinguiendo entre instrumentales –cognitivas, metodológicas, lingüísticas, tecnológicas–, interpersonales –individuales, sociales– y sistémicas.

Análisis de competencias

Las competencias genéricas que se observan en la reflexión del estudiante sobre la práctica realizada se agrupan en instrumentales, interpersonales y sistémicas constituyendo elementos

comunes a la gran mayoría de las titulaciones de educación superior. En la carrera de Ingeniería Industrial, estas competencias se reconocen tanto en el plan propuesto de la PPS como en los resultados expuestos por el estudiante en su informe final. El estudiante reconoce a manuales de procedimientos y procesos obtenidos a través de diversas técnicas de relevamiento que dan cuenta del conocimiento aplicado. Entre las competencias instrumentales cognitivas como la capacidad de comprensión y el empleo de ideas y pensamientos se encuentran los argumentos que sostienen la reflexión del futuro profesional sobre el conocimiento de las operaciones de las organizaciones y la relación entre la teoría y la práctica.

- “ha ampliado mi comprensión en cuestiones prácticas de trabajo”
- “al ser mi primera experiencia laboral relacionada a mi carrera y en una organización de gran magnitud, me permitió comprender como funciona la estructura organizacional de la empresa: la descripción en detalle de los procesos, hasta el completo acceso a la información requerida”
- “me permitió establecer la conexión entre los conceptos académicos y su aplicación en el campo laboral”
- “nunca había tenido contacto con la industria pesquera, pude conocer en forma personal las operaciones que realizan en el puerto de Mar del Plata”
- “el trabajo me permitió ver en la práctica conceptos teóricos vistos en la facultad”
- “desenvolverme en un ambiente de trabajo con ingenieros y, fundamentalmente, con profesionales, con profesionales de otras disciplinas lo que hizo que aplicara una mirada más multidisciplinaria”
- “se espera que la labor realizada sirva como guía y base para su continuo desarrollo y futura implementación de las mejoras propuestas”
- “adquirí nuevos conocimientos sobre metodologías ágiles y programas para gestionar proyectos en desarrollo”
- “me posibilitó relacionar mucho más los conceptos de las distintas materias y darle un sentido más práctico a todo el marco teórico que presentan las asignaturas en la facultad”
- “se logró un mejor entendimiento de todos los conocimientos y herramientas aprendidas”

Entre las competencias instrumentales metodológicas se localizan la capacidad para organizar el tiempo de trabajo, la aplicación de estrategias para responder a situaciones de aprendizaje y adopción de decisiones o la resolución de problemas. Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial exponen los procedimientos desarrollados, las instancias de aprendizaje y valoran además, la posibilidad de tomar sus propias decisiones expresando su grado de satisfacción en el cumplimiento de esta tarea.

- “los profesionales a cargo me guiaron adecuadamente en todo momento para poder cumplir los objetivos pero dejándome a su vez la posibilidad de tomar decisiones por mi cuenta”

- “me llevo a aprender a como trabajar en un grupo de trabajo interdisciplinario, y ver al mismo como un todo para lograr sinergia y no solo como la suma de opiniones diferentes pertenecientes a sectores independientes”
- “fue una gran satisfacción ver la aplicación de las mejoras por parte de la directiva de la planta lo cual significa que los análisis realizados fueron bien planteados y analizados”
- “la gran flexibilidad y trato respetuoso por parte de la empresa, desde el tutor a cargo como de todo el personal. Se permitió desde el principio trabajar con otros pasantes resultando ser una experiencia positiva que puso a flote puntos de vistas, ideas y soluciones diferentes a los problemas o inconvenientes que se iban presentando, pudiéndose así resolverlo de una mejor manera que si se hubiera trabajado individualmente”
- “también me enseñaron sobre cómo manejar situaciones que se presentan día a día en la empresa tales como imprevistos o situaciones conflictivas”

Entre las competencias instrumentales del tipo lingüística, como la capacidad de comunicarse ya sea en forma oral o escrita y el conocimiento de una segunda lengua no se presenta con gran relevancia entre las reflexiones vertidas por los estudiantes, sino que resulta una competencia elusiva en la presentación de sus informes, es decir una competencia invisible de la propia tarea que realizan sobre el final de la práctica.

- “la posibilidad de aplicar mis conocimientos de inglés por primera vez en un ambiente laboral, poniéndolos a prueba y mejorándolos”

Entre las competencias instrumentales, la tecnológica se define a través del uso de la tecnología. Si bien podría esperarse que en este ámbito el desempeño de esta competencia resultara de gran importancia frente al resto, por el contrario, su registro resulta a nivel superficial sin ahondar específicamente en los destinos propios de su empleo ni en las características de herramientas o tecnologías innovadoras.

- “me atrajeron no solo el tema de trabajo, que incluía cuestiones que me resultan de interés, como tecnología e innovación”
- “a partir del desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje sustentadas por la incorporación de las tecnologías de la información y de la comunicación”

Otra categoría de competencias genéricas está constituida por las interpersonales que se relacionan con las habilidades comunicativas y críticas que el estudiante emplea en su interacción con las personas que integran el ámbito de trabajo. Entre estas se distinguen las individuales, evidentes a través de la autocrítica y la capacidad de manifestar sus emociones, las cuales son ampliamente mencionadas por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial.

- “el 100% de los casos el personal eran mayores que yo y así y todo siempre me escucharon”
- “siempre permitieron que exprese mis opiniones e ideas y me hicieron sentir que las tomaban en cuenta”

- “la práctica profesional supervisada sirve de motivación para finalizar la carrera y comenzar, finalmente nuestra carrera profesional para la que uno tanto se esfuerza”
- “ha enriquecido mi experiencia en el ámbito laboral, dado que para el joven profesional de la actualidad en muy ardua la tarea de insertarse en el mercado empresarial”
- “me ayudó a tomar dimensión de lo que implica trabajar dentro de un grupo de personas en un ámbito relativo a la carrera de Ingeniería Industrial”
- “esta experiencia me sirvió para comprender la importancia de un ambiente agradable de trabajo, donde existen ciertas libertades para opinar e intercambiar ideas con los compañeros”
- “Hablar con personal de distintas áreas de la compañía para poder conocer las tareas que realizan”

Entre las competencias interpersonales, las sociales se relacionan con la capacidad del estudiante de integrar equipos de trabajo o su compromiso ético y social. El estudiante en el desarrollo de sus prácticas reflexiona ampliamente sobre este apartado, dejando constancia de la importancia asignada al trabajo en equipo, a la colaboración, al trato interpersonal, a la relación interdisciplinaria y de diferente experticia que llevó a cabo en el transcurso del trayecto formativo.

- “la mayor ganancia obtenida en la práctica, fue el trabajo en equipo con el personal de la organización”
- “Conocer gente de distintas especialidades y edades de todas partes del país”
- “me sentí bien recibido desde un principio en la oficina en la cual se me dio espacio para que pregunte todas las dudas”
- “me motivó mucho formar parte de este grupo de investigación, un ámbito totalmente diferente”
- “destacar la colaboración y excelente predisposición recibida por todos los integrantes de la empresa”
- “la calidez, apertura y buena predisposición del grupo me permitieron expresar mis opiniones e ideas libremente”
- “en el plano social la práctica me permitió conocer personas que hoy considero amistades. La convivencia fue excelente y la integración notable”
- “no solo me permitieron asistir a reuniones de negocios, sino que me incentivaron a participar en forma activa “
- “además de alcanzar otras metas de índole personal para una práctica profesional supervisada , respecto a tomar responsabilidades y cumplirlas, trabajar en equipo”

Finalmente, las competencias sistémicas son aquellas que posibilitan al estudiante el entendimiento de la práctica como un conjunto complejo, como un espacio de vínculos, alejado de una perspectiva de hechos aislados. En el desarrollo de las prácticas estas se manifiestan en la comprensión de los procesos organizacionales y en la relación con los

conocimientos adquiridos y reconocer la diferencia con una visión integral en la red de relaciones que se establecen entre los sujetos y la empresa.

- “al ser mi primera experiencia laboral relacionada a mi carrera y en una organización de gran magnitud, me permitió comprender como funciona la estructura organizacional de la empresa”
- “pude aplicar conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera lo cual me generó una gran satisfacción personal”
- “al trabajar en planta me encontraba cerca de los procesos productivos”
- “me brindó la experiencia de trabajar en una empresa organizada que busca mejorar en medio de un entorno dinámico e incierto”
- “me posibilitó relacionar mucho más los conceptos de las distintas materias”
- “me llevo a aprender a como trabajar en un grupo de trabajo interdisciplinario, y ver al mismo como un todo para lograr sinergia y no solo como la suma de opiniones diferentes pertenecientes a sectores independientes”

Se observa una asimetría en el reconocimiento de las opiniones de los estudiantes para las categorías y subcategorías que componen el análisis. Esto implica que algunas de las competencias identificadas tienen una mayor densidad que otras, es decir, que algunas se muestran más diversas y profundas a partir de las reflexiones de actuación ofrecidas por los estudiantes en sus informes sobre la práctica desarrollada.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se puede destacar en el análisis de competencias genéricas efectuado sobre las prácticas una mayor amplitud de opiniones sobre las competencias instrumentales cognitivas, las metodológicas y las interpersonales, tanto sociales como individuales. Por otra parte, resulta notoria la escasa mención que se efectúa sobre las competencias instrumentales lingüísticas y tecnológicas. Las competencias sistémicas se centran básicamente en interpretar las relaciones desde una visión holística y reconocer el impacto que genera esta visión en el desarrollo de la organización.

Se observa la importancia que conceden los estudiantes a través de sus informes en las competencias que no se basan en el uso o desarrollo tecnológico sino en aquellas que más se requieren en estos nuevos entornos, complejos y dinámicos, específicamente las competencias interpersonales, tanto sociales como individuales. La pluralidad de opiniones así como la profundidad de las mismas expone el interés de los estudiantes en expresar sus opiniones y sentimientos sobre el cumplimiento de las tareas asignadas así como la interacción que manifiestan en la integración de grupos o equipos de trabajo a través de la cooperación y colaboración entre los miembros. En suma, los estudiantes se identifican en general, como un miembro del grupo, con una presencia relevante donde su opinión es requerida y valorada.

Si bien el estudiantes ingresa a las PPS con un bagaje de conocimientos procedente de su trayecto formativo en la institución educativa, es en este ámbito donde tiene que aplicar dichos conocimientos y estrategias de abordaje para el cumplimiento de los objetivos previstos en sus plan de trabajo en relación con un conjunto de personas que trabajan en la organización que opera como centro de formación externo. Como se ha registrado, el

estudiante valoriza la práctica desde múltiples subcategorías de las competencias genéricas, en particular, desde las competencias sistémicas, las cuales le permiten visualizar la magnitud de la realidad en la complejidad de las relaciones en el ámbito donde desarrolla el *Practicum*.

Se observa a través del estudio que las competencias genéricas son desarrolladas a través de los centros de formación externa, si bien como las competencias específicas de las titulaciones se adquieren en las instituciones educativas, las instancias realizadas a través del *Practicum* son facilitadoras de la consolidación y desarrollo de estas competencias en particular. Los estudiantes perciben no necesariamente bajo la clasificación utilizada en este estudio, los diferentes logros a los que acceden a través de esta formación que se realiza fuera del aula universitaria. La información que aportan los estudiantes desde el análisis de competencias genéricas puede resultar de utilidad en la definición de los futuros planes de trabajo de PPS y retroalimentar el plan de estudios de la carrera.

5. Referencias

- [1] Aneas, A. (2003) Competencias interculturales transversales en la empresa: un modelo para la detección de necesidades formativas. Tesis doctoral. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Barcelona.
- [2] CORREA-BAUTISTA, J. E. (2007). Orígenes y desarrollo conceptual de la categoría de competencia en el contexto educativo. Borradores de Investigación: Serie documentos Rehabilitación y Desarrollo Humano, 25. Disponible en:
<http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/3768>
- [3] TEJADA, J. (2005). El trabajo por competencias en el practicum: cómo organizarlo y cómo evaluarlo. Revista electrónica de Investigación educativa, 7 (2). Consultado el 11 de octubre de 2008, en: <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenidotejada.html>
- [4] PÉREZ ESCODA, N. (2001). Formación Ocupacional. Proyecto docente e investigador. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en la Educación. Barcelona: Universidad de Barcelona. p. 138.
- [5] BUNK G.P. (1994). La transmisión de las competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA. Disponible en:
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/131116.pdf>
- [6] GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. (2003). Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final. Bilbao: Universidad de Deusto. p 33 – 43.
- [7] ESTEBAN, A. R., & ALLER, M. J. V. (2009). La formación en competencias en la universidad: un estudio empírico sobre su tipología. Revista de investigación educativa, 27(1), 27-47. Disponible en:
<http://revistas.um.es/rie/article/download/94261/102911>
- [8] ZABALZA, M. A. (2002). La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas. Madrid: Narcea.
- [9] SCHÖN, D. (1992). La Formación de profesionales reflexivos hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones. Barcelona: Paidós.
- [10] SANJURJO, L. (2012). Socializar experiencias de formación en prácticas profesionales: un modo de desarrollo profesional. Praxis Educativa, 16(1), 22-32. Disponible en:
<http://ojs.fchst.unlpam.edu.ar/ojs/index.php/praxis/article/view/152>

- [11] COLMENARES, E., MERCEDES, A., PIÑERO, M., & LOURDES, M. (2008). LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas Laurus, Vol. 14, Núm. 27, mayo-agosto, 2008, pp. 96-114 Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Revista de educación, 14(27). Disponible en:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/551075/2016-1/Unidad_2/02_InvestigacionAccion_MetodologiaHeuristica.pdf
- [12] MENDICOA, G. (2003). Sobre tesis y tesistas: lecciones de enseñanza - aprendizaje. Buenos Aires: Espacio.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

VALIDEZ DEL CONOCIMIENTO COMPARTIDO: DEL RENIEGO A LA EDICIÓN ELECTRÓNICA

Liliana Mónica Saidon, Facultad de Ingeniería (UBA), lilianasaidon@gmail.com

Resumen— El avance de las TIC, desafía las prácticas de enseñanza. Cuando los estudiantes resuelven diversas tareas, como las de producción de textos, “espontáneamente” recurren a fuentes web-genéricas. Este hábito, posiblemente construido durante la secundaria, aparece como una práctica naturalizada. Una posible reacción docente al detectar, por ejemplo, el empleo de Wikipedia, es la de oscilar entre la descalificación y la denegación. La propuesta que se presenta, derivada de una experiencia incipiente (en el marco de un proyecto UBANEX), es dar entidad a lo que acaso cursa “clandestino” en el quehacer de las tareas de los estudiantes, supone ofrecerles que superen la posición receptora de contenidos para asumir la de control, producción y edición (apelando incluso a la bibliografía de la cátedra). Esto redundaría en la necesidad de comprender para crear y recrear versiones en una tarea de reescrituras mancomunadas, según las reglas de juego del medio, para que las auditorías no descarten lo aportado; y para que compañeros y docentes, colaboren revisando el historial, en una vívida co-evaluación. Por ejemplo: en la experiencia realizada al editar la página de Rayos X de Wikipedia, se revisaron cuestiones tan complejas como los procesos estocásticos (involucrados en publicaciones sobre los riesgos para la salud) y tan básicas como las unidades de medidas.

Palabras clave— *TIC, consultas web, publicación, extensión.*

1 Introducción

Se ha seleccionado un proyecto de extensión para analizar la modalidad basada en la edición activa como recurso de organización didáctica, disciplinar y profesional. Ese proyecto UBANEX se vincula a uno de investigación, en el marco de distintos UBACyT, en que se indaga el conocimiento sobre radiaciones, radiobiología y radio-protección de profesionales de la salud, profesores de enseñanza media y estudiantes secundarios.

Una comparación entre las categorías surgidas del análisis, mostró desconocimiento de conceptos básicos (radiación, dosis, efectos biológicos, etc.) en las tres poblaciones estudiadas. Indagaciones previas y laterales al proyecto, evidenciaron que

- de surgir consultas, son crecientemente frecuentes las recabadas en la web en general y Wikipedia en particular, además de las habituales en libros de texto, tal como lo sostiene Maggio [1] entre otros autores;
- los medios de difusión (a través de notas periodísticas, por ejemplo), impactan sobre las representaciones involucradas incluso más que los textos convencionales (lo que concuerda con lo indagado por Hanna [2] y otros);
- los requisitos que condicionan decisiones –como las que atiende en su Manual de Procedimiento Único de Catalogación y Sustentabilidad, la Oficina Nacional de Contrataciones (ONC) las de compras de equipamiento y locaciones de servicios-, se enuncian usualmente a nivel declarativo.

Al avanzar en este proyecto, a la organización de conferencias de especialistas, dictado de cursos y registro de lo que difunden las fuentes de estudio y/o consulta, se suma la decisión de introducir como cambio oportuno (en la línea a propuestas de Hargreaves, Moore y Manning [3]) el de

- revisar los textos sobre los temas tratados y editar contenidos en los medios que habilitan esta medida y
- dirigir mensajes además de cartas de lectores o comentarios virtuales a los que cuentan con esa posibilidad.

2 La edición como medio para la lectura comprensiva

Estas prácticas reformulan el propósito de las lecturas dado que, además de estudiar los textos para “aprender”, se los coteja (hasta con versiones en otros idiomas), controla, revisa y, eventualmente,

- ajusta apelando a fuentes mejor autorizadas y/o más actualizadas desde el punto de vista de los contenidos;
- replantea, en pos de una mejor comunicación en términos disciplinares y didácticos acorde a diversos destinatarios potenciales.

Los participantes del proyecto, al volcarse a estas tareas, reformulan su posición al conjugar las de lectura con las de escritura y sumar las de navegación y vinculación entre los temas, fuentes de referencia, ilustraciones y evaluaciones de las elaboraciones propias y ajenas con modalidades que los llevan a un rol protagónico respecto del saber en juego.

A su vez, se considera cómo se podrían ampliar los criterios aplicados, aunque las alternativas barajadas se posponen hasta que se integren al proyecto, los expertos correspondientes; admitir qué les resta saber a los actores (estudiantes y/o docentes), incita a recurrir a otros profesionales en fases subsecuentes.

Esto es parte de lo que comprende la formación integral y una competencia crucial aunque poco frecuentada, al dar motivo y contexto a propiciar grupos ampliados: no sólo en equipos circunscriptos, sino tendiendo redes para mejorar las fuentes de consulta generales, en lugar de quedar meramente sometidos a lo que ofrecen las de referencia accesibles.

3 Emergentes en Desenvolvimiento

Durante el desenvolvimiento de este tipo de propuestas, surgen actividades como las de resolución de problemas, de búsqueda de información, lectura comprensiva y crítica en medios virtuales de amplia consulta (como Wikipedia) y su posterior edición. Edición que implica ajustes decididos en colaboración y análisis de documentación institucional para indagar respecto de lo que se vincula y relaciona con lo involucrado en el proyecto.

Tareas que integran tanto a los estudiantes del grupo de trabajo como a los docentes y que se caracterizan por dar entidad, en las prácticas

- a lo conceptual, desde otra perspectiva: la de revisores además de lectores. Incluso cuando se deciden posponer los ajustes hasta asegurarse que se cuenta con saber y acceso a referencias más rigurosa, como sucedió con las de Procesos Estocásticos cuya edición en las secciones correspondientes a riesgos biológicos de la radiación en Wikipedia, quedó diferida;
- a los requerimientos impuestos para compras estatales o de interés público que ponen en juego desde riesgos para la salud de los actores y pacientes a factores de sustentabilidad y sostenibilidad en general. Especificaciones que si bien se registraron como asociadas al proyecto, requerían tal profundización que se pospuso la incursión en el tema.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Este tipo de actividad en que tópicos de estudio se encarnan en cuestiones que les dan contexto y motivo, suscitan un peculiar entusiasmo en participantes que encaran la resolución participativa de desafíos que perciben auténticos y se perciben integrantes de un grupo en acción (incluso en términos de Rogoff [4]).

Tan genuinos que dando lugar al aprendizaje experiencial, ponen en contacto virtualmente al grupo para consensuar acciones y/o para una comprensión mancomunada del problema que se enfrenta. Un caso típico, del estilo de los que analizan es el que implica:

- indagar cuáles son los medios habituales de consulta de estudiantes y hasta de docentes de media para actualizar conocimientos en torno a los temas del proyecto;
- aceptar, en lugar de sólo deplorar, que además de los textos, los destinatarios del proyecto se nutren de lo que les ofrece la web en particular, de la versión “en español” de Wikipedia;
- leer comprensiva y críticamente lo que esos medios presentan, sus enlaces, gráficos, diferencias con versiones en otros idiomas y registrar lo que podría requerir ajustes y ampliaciones;
- encontrar referencias aceptables para cambiar los contenidos de las secciones de Wikipedia (de no ser así, se “deshacen” casi robóticamente) y ajustar las explicaciones adecuadamente;
- argumentar frente a quienes monitorean la edición (se trate o no de expertos en el tema);
- revisar con frecuencia el estado de lo editado y sumar referencias de resultar necesario.

3.1 Requerimiento de trabajo en equipo

En este estilo de trabajo, se coopera en un proceso de carácter iterativo de resolución colaborativa que requiere ajustes sobre la marcha y reparto de tareas, compartiendo recursos con otros. Desencadena una suerte de “capacitación recíproca”. Si obra el compromiso con el desenvolvimiento del proyecto, a cada responsable de alguna de las tareas se le solicita que informe con regularidad sobre las contribuciones realizadas o propuestas para abrir lo hecho a pruebas funcionales.

Esta modalidad de desenvolvimiento requiere instancias de encuentro (acaso virtuales) para sintetizar y reflexionar dado que se procura evaluar tanto los productos como los procesos para valorar los resultados y tomar decisiones estratégicas para proseguir.

4 Concluyendo con evaluaciones alternativas

Distintos tipos de evaluación alternativa aparecen a lo largo del desenvolvimiento de un proyecto como el referido. Como el de un estilo de validación de las elaboraciones en red (acorde a menciones que compila Reigeluth [5]) que devengan en contrastaciones con múltiples puntos de vista

- incluso de desconocidos y ajenos al proyecto como otros editores y/o monitores de fuentes o
- hasta la de quienes serían potenciales participantes de cursos de formación continua o capacitación cuyos programas, contenidos y materiales habrá que ajustar para propiciar inscripciones e interés
- también los plasmados en el repertorio de criterios generales de manuales de compras o de protocolos de organismos de defensa del consumo aplicados a contextos y situaciones específicas y a las particulares involucradas en el proyecto.

Esta modalidad de trabajo deja al descubierto

- que el relevamiento es requisito preliminar a la producción y, con mayor generalidad, que el estudio es parte del quehacer profesional;
- que la formación continua al respecto implica también el registro y documentación de lo relevado y elaborado;

- que lo que se va elaborando es parte del patrimonio de conocimientos a atesorar.

Esto da entidad a

- una responsabilidad creciente asumiendo, en niveles cada vez más complejos de pensamiento, además de la necesaria autonomía técnica, las que Rué [6] denomina cognitiva y hasta de capacidad de agencia;
- un tipo de evaluación superadora de la del control del acatamiento de las prescripciones tecnocráticas: propone un desafío creativo de una tarea en que se es parte de un grupo en el cual se puede aprender con otros y de otros.

5 Referencias

5.1 Referencias sobre el Proyecto

El inicio del proyecto se encuentra en el trabajo de investigación “¿Qué sabemos sobre los efectos de las radiaciones en la salud y la vida humana?”, que recibiera el Premio Humanidades de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, durante el VIII Congreso Argentino de Técnicas en Bioimágenes (2006), y fue publicado en 2010 en la revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación en Ciencias.

Uno de los resultados más importantes fue detectar el desconocimiento de conceptos básicos. Resultados obtenidos a través de encuestas y entrevistas recabando numerosos casos (“historias de vida”) de aparición de patologías inducidas por radiaciones.

5.2 Registros previos, laterales y asociados al Proyecto

En Argentina no hay datos sobre cantidad de radiografías y tomografías computadas (TC) anuales. Sin embargo, empresas de medicina registran que en los últimos años a sus afiliados se les hicieron más estudios que los razonablemente previsibles.

El ex presidente de la Sociedad Argentina de Radiología, Dr. Adolfo Saubidet, afirma: “Hay un uso exagerado e innecesario de las radiografías y las TC. Es peligroso hacerlas porque sí. No son un juego” y señala que siendo imprescindibles en muchísimos casos y campos, debe evitarse el abuso o práctica indiscriminada que se registra. Explica que este exceso de estudios diagnósticos proviene de la actitud errónea presentada por médicos (y pacientes; de hecho, en algunas oportunidades son los que exigen que se les ordene determinado estudio). Esta situación no es exclusiva de nuestro país. David Brennet, de la Universidad de Columbia, afirma que: “Cerca de un tercio de las TC que se hacen en estos momentos en los Estados Unidos son innecesarias desde el punto de vista médico”.

En el contexto del proyecto, en entrevistas personales, se han recogido valiosos testimonios de otras personalidades destacadas en este campo. Como el del Dr. Alberto Boveris, ex decano de la Facultad de Farmacia y Bioquímica (UBA): “en la investigación biomédica actual faltan trabajos sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes”.

Para el Dr. Danishevsky, especialista en mamografías, el exceso de estudios diagnósticos se debe: “...en algunos casos a la falta de idoneidad, y en otros, al temor de los juicios por mala praxis. Terminan ordenando una radiografía nada más que para asegurarse... porque perderían una fortuna en el juicio”. Investigaciones recientes afirman que, en las mamografías, el beneficio de practicarse a edades muy tempranas, como se están llevando crecientemente a cabo, debiera investigarse.

De acuerdo con un estudio realizado, “Condiciones medio ambientales vinculadas a radiación ionizante y medidas preventivas” (UNC, 2012), para el personal de Enfermería, existe una imperiosa necesidad de capacitación.



III CADI
IX CAEDI
2016



El ex presidente de ACETIA (Asociación Civil de Enfermeros y Técnicos Intervencionistas de Argentina), en una entrevista personal, agrega que tal capacitación debería extenderse a técnicos en hemoterapia, intervencionistas, etc. De hecho, la educación de todos, profesionales y pacientes (actuales o posibles, es decir, la población en general) es crucial.

5.3 Referencias bibliográficas

- [1] MAGGIO, M. (2012) *La enseñanza enriquecida como desafío de la tecnología educativa*. Diario Los Andes, Programa Medios en la Educación.
- [2] HANNA, D. (2002) *La enseñanza universitaria en la era digital*. Barcelona: Octaedro EUB.
- [3] HARGREAVES, A.; EARL, L.; MOORE, S.; MANNING, S. (2001) *Aprender a cambiar*. Barcelona: Octaedro.
- [4] ROGOFF, BARBARA ET AL (2003) *Firsthand Learning Through Intent Participation*. Annual Review of Psychology Vol. 54. Buenos Aires: Access provided by Universidad de Buenos Aires on 02/10/16.
- [5] REIGELUTH, CHARLES M. (coordinador) (2000). *Diseño de la instrucción: teorías y modelos*. Madrid: Santillana. [Cap. 11, La resolución de problemas en colaboración, Laurie Miller Nelson].
- [6] RUÉ, J. (2007). *Enseñar en la Universidad. El EEES como reto para la Educación Superior*. Narcea: Madrid



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

PROBLEMAS ABIERTOS EN ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN EN LA CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Franco Emanuel vasile, Universidad Nacional del Chaco Austral, CONICET,

francovasile@uncaus.edu.ar

Ricardo Alejandro Fogar, Universidad Nacional del Chaco Austral, rfogar@uncaus.edu.ar

Mirtha Marina Doval, Universidad Nacional del Chaco Austral, doval@uncaus.edu.ar

Ana María Romero, Universidad Nacional del Chaco Austral, amr@uncaus.edu.ar

María Alicia Judis, Universidad Nacional del Chaco Austral, majudis@uncaus.edu.ar

Resumen

En los últimos años y como exigencia del plan de estudios de Ingeniería en Alimentos se llevó a cabo la implementación de Prácticas de Laboratorios Integradas (en las que participan dos o más asignaturas) y la Resolución de problemas abiertos. Estos últimos, si bien produjeron aprendizajes más profundos en los estudiantes, fueron abordados desde la perspectiva disciplinar, es decir que, aunque involucraron conocimientos multidisciplinarios, se llevaron a cabo sólo en el contexto de cada materia. Por lo tanto en este trabajo, se presenta la experiencia recogida en la aplicación de una estrategia de enseñanza que implica la interacción cooperativa e integrada de alumnos de varias asignaturas del ciclo específico de la carrera de Ingeniería de Alimentos en la resolución de problemas abiertos complejos. Las cátedras involucradas Operaciones Unitarias II, Química Biológica y Preservación de Alimentos y Envasado de corresponden al cuarto y quinto año respectivamente de la Carrera y se desarrollan simultáneamente en el primer cuatrimestre y la estrategia incluye los siguientes eventos: Diseño en conjunto de un problema concreto por parte de los docentes de las asignaturas (situación real), presentación al grupo completo, apropiación del problema por parte de los estudiantes, resolución del mismo y fundamentación de la sustentación teórica aplicada en la o las posibles soluciones.

Palabras clave— ABP, estrategia didáctica, aprendizaje cooperativo.

1. Introducción

Resulta indudable que la enseñanza universitaria atraviesa un momento de transformación y búsqueda de nuevas formas de transmitir el conocimiento sin alterar la calidad impartida. La universidad está dejando paso a un espacio curricular más abierto y flexible que incluya la formación personal y profesional del estudiante preparándolo para dar respuesta a los problemas que enfrenta la sociedad actual [1].

Partiendo de esa necesidad de cambio, se hace precisa la búsqueda de nuevas metodologías susceptibles de aplicación en el contexto universitario. En el marco de las actividades de integración (intercátedras o experiencias integradas) los docentes deben plantear propuestas que, en principio, suponen apartarse de los enfoques tradicionales privilegiando trabajar con abordajes interdisciplinarios y desdibujando las fronteras de cada cátedra para poder pensar en conjunto.

Hasta el momento, en la mayoría de los casos, en la Universidad se ha privilegiado el aprendizaje a través de la adquisición y acumulación de conocimientos. Proponer nuevas modalidades implica la necesidad de incorporar también el desarrollo de competencias que deben ser formadas y evaluadas. Si el docente era un transmisor del conocimiento, en el futuro su función primordial será la de orientar y guiar al alumno, pasando de un papel central a uno periférico. Mientras que el alumno cambiará su rol de receptor pasivo para asumir un papel activo, responsable y autónomo, adoptando criterios para seleccionar y clasificar los conocimientos que le han sido impartidos [2].

Desde este contexto los docentes buscan permanentemente estrategias innovadoras que propicien, entre otros aspectos, el desarrollo de capacidades y habilidades de creación, interacción, elaboración, competencia comunicativa, argumentación para expresar y defender los propios puntos de vista, trabajo colaborativo, etc.

En los últimos años y como exigencia del plan de estudios de la carrera de Ingeniería en Alimentos se implementaron, como nuevas estrategias mejoradoras del proceso de enseñanza y aprendizaje: Prácticas de Laboratorios Integradas (entre dos o tres asignaturas cuyos contenidos curriculares se integran horizontal o verticalmente) y Problemas Abiertos en cada asignatura donde son abordados desde la perspectiva de cada área.

Por otra parte las bases teóricas del aprendizaje basado en problemas (ABP), son tributarias de las teorías constructivistas del aprendizaje que fomentan el pensamiento complejo y el aprendizaje centrado en la práctica mediante el afrontamiento de problemas significativos, situados en el contexto de las comunidades [3].

El ABP es una experiencia pedagógica práctica donde la situación problemática (conectada a la realidad) organiza el curriculum, atrae y sostiene el interés de los estudiantes en la indagación, y ellos determinan las condiciones necesarias para encontrar una buena solución. Los docentes, en esta estrategia, son preparadores cognitivos que promueven la creación de una atmósfera de investigación abierta.

Según Díaz Barriga (2005) los usos más interesantes de la metodología de aprendizaje basado en problemas, con sus variantes y modalidades, residen en la posibilidad de promover no sólo la adquisición de conocimiento disciplinario, sino también en la de promover incorporación de habilidades complejas.

En resumen, la resolución de problemas complejos, es un procedimiento dinámico del aprendizaje, que permite el cambio conceptual (modificando las ideas previas) y desarrolla conceptos y teorías basadas en la investigación científica, favoreciendo la construcción del conocimiento y generando en los estudiantes motivación, creatividad y perseverancia. Está centrado en el aprendizaje, concebido desde un enfoque constructivista como un proceso complejo que incluye tanto la adquisición de saberes disciplinarios como la movilización de esos saberes mediante la demostración de competencias que le permiten al individuo resolver problemas parecidos a los que se encontrará en su ejercicio profesional.

En la estrategia basada en problemas abiertos la situación que se presenta al alumno se relaciona también con la toma de decisiones, y por lo tanto se inician otras series de cuestionamientos como son ¿de qué manera se plantea la situación y las eventuales soluciones?, ¿desde qué perspectivas? ¿la del empresario, la del científico, la del técnico, la del ambientalista, o la del pequeño emprendedor de una comunidad local? ¿qué tipo de información tiene que conocer el estudiante para abordar los distintos ángulos de esta situación?, ¿cómo abordar las controversias que surjan entre la rentabilidad empresarial, las políticas del desarrollo sustentables, los derechos ambientales y los intereses económicos de ciertos sectores? Como se ve, este tipo de problemas son complejos y no tienen una solución

única ni sencilla; plantean situaciones cargadas de incertidumbre y conflicto de valores, y constituyen el tipo de problemas que la sociedad demanda a los profesionales resolver (y para los que menos se les prepara a lo largo de toda su formación académica) [4].

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue realizar una actividad integradora entre cátedras del ciclo superior de la carrera de Ingeniería en Alimentos partiendo de la resolución de un problema abierto complejo.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño del problema

Para formular un problema que sea significativo y que integre los conocimientos de las asignaturas involucradas se llevó a cabo una reunión entre los docentes de las cátedras Química Biológica, Operaciones Unitarias II y Preservación de Alimentos y Envasado. Se decidió plantearlo teniendo en cuenta una situación laboral real que les exigiera a los estudiantes poner en práctica contenidos abordados en dichas asignaturas y que les ofreciera la posibilidad de adquirir habilidades cognitivas complejas o competencias específicas.

El enunciado del problema a utilizar quedó redactado de la siguiente manera: “La Empresa Dovalini SA desea introducir al mercado regional un producto vegetal alimenticio deshidratado que pueda ser incorporado en formulaciones instantáneas funcionales (por ejemplo sopas y salsas). Dispone de las siguientes materias primas: pimientos morrones, zanahorias, cebollas y perejil. Y solicita para ello asesoramiento profesional sobre el proceso de elaboración”.

Las expectativas docentes de la implementación de la estrategia didáctica integrada con respecto a los estudiantes involucró la presentación de un informe escrito y la exposición oral del problema y de su o sus resoluciones con la sugerencia del diseño del proceso de producción que contemple los tratamientos a realizar sobre la materia prima, los resultados encontrados en los ensayos experimentales necesarios para decidir los tipos de operaciones a realizar y la correspondiente fundamentación teórica.

2.2 Presentación del problema a los alumnos y formación de grupos de trabajo

Una vez planteada la situación problemática se llevó a cabo la reunión con todos los alumnos cursantes de las tres cátedras, donde la manera de presentarles el problema de la Empresa fue solicitándoles su asesoramiento profesional para resolverlo, dejando establecido de forma clara el compromiso y el papel de los actores involucrados en ello. Formaron entonces equipos de trabajo con integrantes de los cursos de cada una de las asignaturas involucradas, ya que las condiciones de los procesos de deshidratación del alimento y la conservación de sus propiedades físico-químicas y funcionales así lo ameritaban.

Los estudiantes de cada grupo asumieron el rol de interesados en la situación problemática y se involucraron con la situación de aprendizaje. Cada grupo, después de haber elegido la materia prima a procesar, confeccionó con los docentes el cronograma de encuentros tutoriales para la orientación y selección de la información a utilizar.

2.3 Reuniones tutoriales

En el trabajo colaborativo, el grupo en principio leyó y analizó el escenario en el que se presentó el problema, y discutió los puntos necesarios para establecer un consenso sobre la situación. Luego de reconocer la información con la que contaban e identificar lo que necesitaban saber, programaron la búsqueda de los conocimientos, habilidades, procedimientos y actitudes que debían adquirir.

En encuentros posteriores analizaron la información obtenida, buscaron opciones y posibilidades de resolución y en algunos casos, se replantearon la necesidad de buscar más información para proponer, diseñar y realizar las actividades experimentales que comprobarían las operaciones de procesos más adecuadas para la resolución del problema. El docente tutor acompañó y supervisó las reuniones cumpliendo el papel de referente cognitivo.

2.4. Experimentación

Las actividades de experimentación se llevaron a cabo en el laboratorio de Industrias Alimentarias II y en la planta piloto, y los resultados se analizaron con planillas de cálculo y el software estadístico que posee la institución.

2.5 Resolución del problema

Los alumnos evaluaron varias soluciones posibles y determinaron cual era la más conveniente: conceptualizando el problema real e identificando los elementos definitivos y de valor para determinar la solución más aceptable. Luego expusieron sus hallazgos y fundamentando sus decisiones

Confeccionaron un informe escrito según las pautas establecidas en las normas de cursado de la carrera de Ingeniería en Alimentos y elaboraron una presentación en un soporte informático (PowerPoint, Prezi, etc.) que presentaron en forma grupal en una última reunión conjunta, recibiendo después de cada exposición oral, de aproximadamente 20 minutos, las opiniones de los docentes a cargo de las asignaturas y la calificación asignada a la actividad académica.

2. 6. Criterios de evaluación

La evaluación del trabajo realizado por los alumnos se basó en cuantificar en una escala del 1 al 10 asignando notas individuales, teniendo en cuenta para ello los datos obtenidos en entrevistas formales e informales y de acuerdo a los siguientes aspectos: 1) Búsqueda bibliográfica (cantidad y calidad de la fuente) 2) Gestión del tiempo (puntualidad y desempeño) 3) Capacidad de aprendizaje individual 4) Trabajo colaborativo en equipo 5) Desempeño en las experiencias de laboratorio 6) Argumentación teórica 7) Expresión oral y 8) Presentación del informe [5]

3. Resultados y Discusión

En la primera reunión llevada a cabo con los alumnos y docentes de todas las cátedras involucradas en la actividad, se expuso el enunciado del problema, junto a una breve descripción de la metodología a seguir. Se formaron los grupos de trabajo utilizando criterios de libre elección y de acuerdo con la exigencia de pertenencia a cada una de las asignaturas. Cada grupo eligió el vegetal que iba a utilizar como materia prima para el diseño, experimentación y propuesta del proceso tecnológico de elaboración y así dar respuesta al problema planteado.

En esa misma jornada los alumnos se plantearon las siguientes preguntas: ¿Qué debemos resolver? ¿Qué datos necesitamos? ¿Qué sabemos? ¿Qué debemos aprender? ¿Dónde buscar la información?

Luego de varios encuentros en los que seleccionaron, analizaron y complementaron los conocimientos previos con la información recabada; debatieron en el seno del grupo varias alternativas de procesos de elaboración. Eligieron las propuestas de operaciones que llevarían a cabo para obtener el producto vegetal deshidratado que conserve sus propiedades tecnológicas y funcionales, y diseñaron la experimentación y los análisis químicos y bioquímicos necesarios para evaluar la efectividad de los procesos elegidos.

Una vez supervisadas las operaciones y los ensayos de laboratorio llevaron a cabo las experiencias programadas, recogieron los datos y los analizaron estadísticamente, evaluando la factibilidad y decidiendo el proceso de elaboración, dando respuesta así al problema planteado.

Para finalizar los alumnos presentaron por grupos el informe escrito según las Normas de presentación de informes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos y realizaron la exposición oral utilizando el software PowerPoint, argumentando las soluciones ofrecidas.

A modo de ejemplo se exponen los resultados del grupo que eligió pimientos morrones para la actividad.

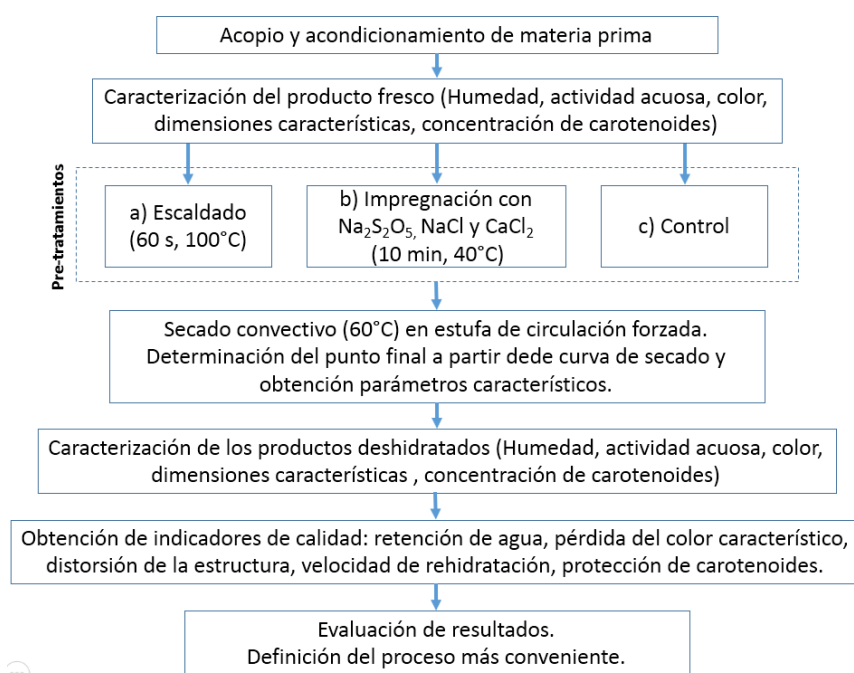


Figura 1. Secuencia metodológica propuesta para la resolución del problema abierto complejo. Fuente: elaboración propia.

Breve descripción de la metodología:

Pimientos morrones adquiridos en comercio local, se conservaron a 4°C antes del procesamiento. Las muestras se lavaron con agua potable y posteriormente se sometieron a un mínimo acondicionamiento (separación de extremos, tallos y semillas). Los morrones se dimensionaron en láminas de aproximadamente 7 x 5 cm.

Las muestras destinadas a los distintos pre-tratamientos fueron debidamente identificadas con el objeto de comparar directamente las variables de análisis antes y después del tratamiento térmico.

La caracterización del producto fresco incluyó:

- Determinación del contenido de humedad por diferencia de peso a 105°C hasta peso constante.
- Determinación de la actividad de agua a 25°C utilizando un higrómetro de punto de rocío TESTO 450.
- Evaluación de las coordenadas cromáticas $L^*a^*b^*$ en un fotocolorímetro de reflectancia difusa.
- Determinación de las longitudes características largo (cm) y ancho (cm).

- Cuantificación espectrofotométrica de la concentración de carotenoides, por extracción con metanol y posterior lectura de la absorbancia a 450 nm.

Las muestras se sometieron a los siguientes pre-tratamientos:

- Escaldado: Inmersión en baño de agua a 100° C durante 5 min y posterior baño de agua con hielo durante 10 min, para evitar la sobre cocción.
- Impregnación con sales: Inmersión en solución de Na₂S₂O₅ (0,3 % p/p), NaCl (20,0 % p/p) y CaCl₂ (1,0 % p/p) a 35°C durante 10 min.
- Control: Sin pre tratamiento.

Las muestras pre-tratadas y control se deshidrataron en estufa con circulación de aire forzado a 60°C. La definición de la temperatura de secado se determinó en base a reportes bibliográficos referidos al material vegetal en cuestión. El proceso de secado se monitoreó mediante el trazado de la curva de secado la cual requirió el registro de la variación del peso de las muestras en función del tiempo. Se utilizó para ello un secadero con control de temperatura y velocidad de aire, provisto con balanza y sistema de recolección de datos en tiempo real. El tiempo de secado se definió en 5 h, condición en que la masa del producto se mantuvo constante.

Las muestras deshidratadas se caracterizaron de igual manera que en estado fresco. A partir de los datos obtenidos se calcularon los siguientes parámetros de calidad:

- Retención de humedad.
- Actividad de agua final.
- Diferencia total de color ΔE , de acuerdo con:

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_o - L^*_t)^2 + (a^*_o - a^*_t)^2 + (b^*_o - b^*_t)^2}$$

- Porcentaje de encogimiento, de acuerdo con:

$$\%Encogimiento = 100 * \frac{(longitud\ inicial - longitud\ final)}{(longitud\ inicial)}$$

- Protección de carotenoides

$$\%Protección = 100 * \frac{(concentración\ inicial - concentración\ final)}{(concentración\ inicial)}$$

Donde las respectivas concentraciones se calcularon en relación a la masa seca del producto a los efectos de evitar interferencias en la apreciación por concentración de la fracción de sólidos. Los resultados de esta experiencia se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de calidad de pimientos morrones pre-tratados y control, sometidos a deshidratación convectiva (60°C, 5h)

Objetos	Escaldado	Impregnación con sales	Control
Retención de humedad, %	13,42	24,44	12,44
a _w final	0,43	0,39	0,43
ΔE	8,62	8,09	15,02
Encogimiento, %	9,46	11,11	18,49
Vel. rehidratación, g agua/min	4,21	3,87	3,44
Máx. absorción de agua, g agua/g sólido	15,41	14,00	11,00
% protección de carotenoides	58,87	37,90	31,45

Finalmente, los alumnos informaron los resultados obtenidos utilizando herramientas de estadística descriptiva y comparación entre grupos (ANDEVA) a los efectos de concluir sobre el impacto de los distintos pre-tratamientos en la calidad final del producto.

Entre las conclusiones más importantes se mencionaron las siguientes:

- Los pre-tratamientos afectaron los parámetros de calidad fisicoquímicos y sensoriales investigados.
- El seguimiento del secado permitió definir adecuadamente el tiempo de proceso, evitando la sobreexposición del producto y reduciendo así valores fundamentales en ingeniería como lo son el costo y el tiempo.
- Todas las muestras deshidratadas resultaron seguras desde el punto de vista microbiológico ($a_w < 0,62$), sin embargo la mayor retención de agua en las muestras impregnadas con sales podría favorecer reacciones de deterioro como pardeamiento enzimático u oxidación de pigmentos asociados a la fracción lipídica (carotenoides, por ejemplo) durante el almacenamiento.
- La muestra sin tratamiento experimentó el mayor cambio en la coloración y esto se correspondió con la menor protección de carotenoides, importantes por su actividad biológica como antioxidante natural. Se consideró este hecho decisivo en la selección de un pre-tratamiento por ser el color un atributo de notable importancia entre las características de este vegetal.
- Las muestras escaldadas presentaron la menor distorsión de la estructura (menor porcentaje de encogimiento) y esto se relacionó con la disrupción celular ocasionada durante el tratamiento de escaldado, lo cual facilitaría la extracción de agua disminuyendo los fenómenos de tensión interna provocados por variaciones locales del contenido de agua durante la deshidratación. Este cambio en la estructura celular contribuye además a explicar las mejores velocidades de rehidratación y mayor cantidad de agua absorbida en el equilibrio, haciendo de los morrones escaldados y deshidratados productos con buenas propiedades si se pretende su introducción en salsas instantáneas, donde interesa la percepción del producto en trozos o tiras.
- Las muestras escaldadas presentaron la mayor retención de carotenoides y esto se atribuyó a la inactivación de enzimas.

Considerando estos resultados los alumnos diseñaron y propusieron el proceso de elaboración más adecuado que presentarían a la empresa para obtener pimientos morrones deshidratados que puedan ser incorporados a formulaciones instantáneas manteniendo sus propiedades funcionales y buenas características tecnológicas.

4. Conclusiones y recomendaciones

La actividad integradora como práctica docente favoreció al alumnado con una mayor motivación por aprender, y en el desarrollo de la capacidad para relacionar los contenidos y sus aplicaciones, y así resolver problemas de práctica profesional complejos y reales.

A su vez, ha contribuido a un mejor ambiente de trabajo, participación e interacción entre los alumnos y alumnos y profesores.

Se han obtenido también competencias que corresponden a necesidades de la sociedad del conocimiento y que son de especial relevancia para su futura profesión de Ingenieros (autonomía, análisis crítico, trabajo en equipo, comunicación, etc.), competencias que difícilmente se logran con enfoques instructivos no activos.

5. Referencias

- [1] TORRE, S. Y V. VIOLANT (2002) Estrategias creativas en la enseñanza universitaria. Una investigación con metodología de desarrollo. *Creatividad y Sociedad. Red-U. Revista de Docencia Universitaria*, v. 3: p. 21-38. Recuperado de: http://www.ub.edu/sentipensar/pdf/saturnino/estrategias_creativas_universitaria.pdf
- [2] EGIDO GÁLVEZ, I.; ARANDA REDRUELLO, R.; CERRILLO MARTÍN, R.; DE LA HERRÁN GASCÓN, A., DE MIGUEL BADESA, S.; GÓMEZ GARCÍA, M., REYES HERNÁNDEZ, C.; IZUZQUIZA GASSET, D.; MURILLO TORRECILLA, J.; PÉREZ SERRANO, M. Y RODRÍGUEZ IZQUIERDO, R. (2007). La universidad: posibilidades y limitaciones. *Educación y Futuro. Universidad Autónoma de Madrid*, v. 16, p. 85-100. Recuperado de: tecnologiaedu.us.es/mec2011/htm/mas/4/41/4.pdf
- [3] DÍAZ BARRIGA, F. (2005). Aprendizaje basado en problemas. Método de casos. En: *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw Hill. p. 8-33
- [4] SCHÖN, D. (1992) La preparación de profesionales para las demandas de la práctica. En *La formación de profesionales reflexivos*. Paidós. Barcelona. p. 1-15
- [5] SÁEZ DE CÁMARA OLEAGA, E.; GUIASOLA ARANZABAL, J; GARMENDIA MUJICA, M. (2013). Implementación y resultados obtenidos en una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas en el Grado en Ingeniería Ambiental. *Revista de Docencia Universitaria*. España v.11, p. 85-112.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ENFRIAMIENTO DE AGUA

EQUIPO DE CONTACTO GAS-LÍQUIDO

Hugo Alberto Flores; Facultad de Ingeniería Química UNL – hflores@fiq.unl.edu.ar
Maximiliano Amherdt; Facultad de Ingeniería Química UNL – maxiamherdt@gmail.com

Resumen—

El objetivo del trabajo fue montar y poner en marcha un equipo de contacto continuo para ser utilizado como servicio de enfriamiento en equipos usados en proyectos de investigación, y en trabajos prácticos de la asignatura Transferencia de Materia y Operaciones, colaborando con la formación de la educación en la ingeniería para los estudiantes de la cátedra

El primer propósito apunta a la necesidad de llevar a cabo un uso más eficiente y racional de un recurso no renovable como el agua utilizada como medio refrigerante.

El segundo a reformular un trabajo práctico e implementar otro en la asignatura Transferencia de Materia y Operaciones, Facultad de Ingeniería Química, UNL.

Para tales fines, se utilizó equipamiento en desuso, con el consiguiente ahorro en inversión. En distintas experiencias se determinaron los parámetros óptimos de funcionamiento del equipo en cuanto a la fluidodinámica del mismo y se relevó información experimental relacionada con las operaciones de enfriamiento de agua y dehumidificación de aire.

Como conclusión, se deriva por un lado que se produjo un importante ahorro en el consumo de agua, por un lado, y por otro se obtuvieron valores consistentes en las experiencias. Ello permitió adecuar el trabajo práctico “Pérdida de carga en torre rellena”, por un lado e implementar la experiencia “Acondicionamiento de aire” por el otro, con el consiguiente beneficio en la enseñanza de la asignatura

Palabras clave— *ahorro de agua, torre contacto continuo, docencia*

1 Introducción

En los intercambiadores de calor donde se condensan vapores producidos en otros equipos, se utilizan grandes cantidades de agua como fluido refrigerante, debido a que es un líquido de bajo costo; pero a su vez es un recurso limitado, por lo que al volcarla al ambiente se produce un agotamiento del mismo.

Por ello es necesario realizar un uso más eficiente y racional. En consecuencia, se proyectan, diseñan y optimizan equipos que permiten, mediante el enfriamiento del agua por el contacto con una corriente de aire la recirculación del líquido al proceso.

Para llevar a cabo dicha operación se emplean equipos de contacto continuo gas – líquido. Los mismos pueden ser utilizados también como instrumentos de enseñanza.

Para llevar a cabo el ahorro de consumo de agua, se montó un sistema de enfriamiento de agua, consistente en la torre de enfriamiento y sus equipos auxiliares. Sobre el mismo se efectuaron experiencias a fines de determinar los caudales de operación (líquido y gaseoso), y su eficiencia expresada en capacidad de enfriamiento.

La extensión de los conocimientos generados permitió la reformulación de un trabajo práctico y la implementación de otro, en los que se puede estudiar por un lado la fluidodinámica del equipo, determinar los caudales de inundación, y los parámetros característicos del relleno, y por otro evaluar el comportamiento del mismo en distintas situaciones de transferencia de materia, como ser el enfriamiento de agua, y la dehumidificación de un gas.

La incorporación de nuevos trabajos prácticos a la asignatura Transferencia de Materia y Operaciones, en las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química, U. N. L., colaboró con la enseñanza de grado de las mencionadas carreras.

A su vez, el uso de los mencionados equipos produjo un ahorro considerable de consumos de agua de enfriamiento en los condensadores utilizados en el proyecto “Aceites esenciales provenientes de especies vegetales del Litoral Argentino para el mejoramiento sanitario de la ganadería bovina de Santa Fe”, en el marco de la convocatoria CAI+D 2011 que se lleva a cabo en el Área de Operaciones Unitarias, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química, U. N. L.

Marco Teórico

Funcionamiento del equipo:

Las torres rellenas son equipos de contacto continuo para transferencia de materia entre fases Gas-Líquido y Líquido-Líquido de amplia utilización en la industria química. La determinación de la capacidad de un equipo es de suma importancia e indispensable para el diseño o simulación. El análisis fluidodinámico de la torre permite estimar la misma con el conocimiento de los parámetros característicos del relleno.

Para ello se deben determinar los caudales límites de operación, asociados a la inundación del equipo, y en base a ello estimar las condiciones óptimas de trabajo. Las mismas deben contemplar por un lado un uso eficiente del relleno, trabajando con los mínimos caudales que permitan trabajar con un uso eficiente de la superficie de contacto, por un lado; y no superar los caudales máximos que aumente la caída de presión en el lecho, y alcancen las condiciones de inundación. (Perry, R. [1])

Una vez determinados esos valores, se debe evaluar su comportamiento respecto a los fenómenos de transferencia de materia.

De acuerdo a las condiciones de las corrientes, se pueden producir dos procesos. El primero, más común es el de enfriamiento de agua, y el segundo el de acondicionamiento de aire.

La operación unitaria de enfriamiento refiere al proceso de eliminación de calor y masa de una corriente de líquido por evaporación en una corriente gaseosa. El agua, utilizada como servicio en intercambiadores de calor, condensadores y similares, se enfría por contacto con el aire atmosférico para ser utilizada nuevamente. El calor latente del agua es tan grande que una cantidad pequeña de evaporación produce grandes efectos de enfriamiento. (Treybal, R. [2])

El otro proceso es el de acondicionamiento de aire, donde se pone en contacto una corriente gaseosa con agua fría, y por el mismo se dehumidifica y enfría el gas.

En ambas situaciones se evaluará la capacidad del equipo y su eficiencia en ambas situaciones, expresadas en capacidad de disipación de calor en el agua; y eficiencia en el proceso de dehumidificación del aire en el otro. También se determinarán los coeficientes de transferencia en las situaciones mencionadas. (Marcilla Gomis, A. [3])

Aplicación a la enseñanza de grado

Todas las situaciones planteadas en el ítem anterior contribuyen a la formación del estudiante de grado en las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos de esta Facultad, ya se espera que a través de la implementación de experiencias en planta piloto logren las siguientes capacidades (Coll, C. et al [4]):

- Familiarizarse en el uso de equipos similares a los utilizados en la industria y sus accesorios.
- Capacitarse en la participación en trabajo en equipo y/o su organización
- Obtener información experimental a partir de aparatos de planta piloto
- Procesar dichas mediciones, desarrollando criterios para evaluar las mismas en cuanto a alcance y validez de la información obtenida
- Desarrollar criterios de cambio de escala para diseño y/o simulación de equipos industriales.

Para lograr estos objetivos se tuvo en cuenta la mecánica de trabajo de los trabajos prácticos que se desarrollan en el área de Operaciones Unitarias, donde se incorporó una metodología novedosa en su momento. (Schneider et al [5])

La misma surgió de la observación de dos aspectos que se consideraban negativos entonces. Por un lado, la falta de motivación del docente, y por otro, la apatía del estudiante.

El primero se manifestaba en la repetición constante de una guía de trabajos prácticos estructurada, lo que limitaba la creatividad del equipo de cátedra.

El segundo se podría observar en que el estudiante se consideraba un ente pasivo, repitiendo la técnica operatoria de la guía, no visualizaba la interconexión entre los contenidos teóricos de la asignatura y la aplicación práctica, no aprendía a trabajar en equipo y la redacción de los informes de trabajos prácticos se limitaba prácticamente a un “reciclo” de trabajos similares anteriores.

Para solucionar los problemas mencionados, se trabajó sobre la motivación tanto del docente como del estudiante, cambiando la situación de agente pasivo a la el trabajo en libertad, proponiendo entre ambos la metodología de trabajo en la experiencia de planta piloto.

Se tuvo en cuenta además el incentivo natural del estudiante de Ingeniería, y se consideraron dos aspectos:

- Enfrentarlo a un problema real y conocido por el mismo. Esto lo llevó a comprometerse rápidamente con la situación planteada.
- Darle total libertad de acción, lo que se hace que cada trabajo sea persona e inédito. aun tratándose del mismo problema. Esto lleva por otro lado a enriquecer al docente con las diferentes vivencias del educando.

Como resultado de la implementación de esa modalidad se dio a los estudiantes una participación más activa en el diseño de las experiencias, en contraposición con la metodología de trabajos preparados sobre la base de una técnica operatoria detallada.

En tal sentido, se implementaron dos trabajos prácticos nuevos, tales como “Evaporación de equipo de película agitada” y “Rectificación discontinua en columna de platos”. El objetivo de los mismos, explicitado en forma resumida, consistía en determinar si un equipo determinado era apto para llevar a cabo una tarea de separación y en caso positivo, evaluar las condiciones de operación y verificar experimentalmente si las mismas se cumplían al trabajar con el equipo de planta piloto.

Respetando esa línea de trabajo, se decidió trabajar sobre el equipo descripto en el presente, recuperando y valorizando un trabajo práctico como “Pérdida de carga en torre rellena”, e incorporando otros como “Torre de enfriamiento” y “Acondicionamiento de aire” que se propusieron incorporar a la enseñanza.

El objetivo previsto era fundamentalmente que el estudiante evalúe no sólo las condiciones fluidodinámicas del equipo mencionado, sino que también obtenga los parámetros de funcionamiento para evaluarlo en distintas operaciones unitarias, y obtenga las conclusiones pertinentes en cuanto a la eficiencia del mismo.

Con esto se busca obtener que el estudiante adquiera conocimiento y manejo de un equipo similar al de planta industrial, con su accesorios, instrumental y servicios; diseñe una experiencia destinada a obtener los parámetros de funcionamiento del mismo, adoptando los valores de variables operativas, estimando semi cuantitativamente la incidencia de cada una de ellas, determine las variables a medir y programe la tarea en equipo, asignando funciones y responsabilidades; lleve a cabo la experiencia, obteniendo los datos empíricos, procese los mismos y redacte un informe final donde vuelque los resultados obtenidos y exprese las conclusiones pertinentes.

Además esta mecánica permite la evaluación completa del trabajo tanto individual como grupal del estudiante, mediante un sistema de evaluación continua utilizado en la mecánica de promoción de resolución de problemas utilizada en la asignatura Transferencia de Materia y Operaciones (Parodi et al [6]).

Para ello se tiene en cuenta la conducta del estudiante para enfrentarse a una situación problema, la capacidad de organizarse en equipo, asignando tareas, la aptitud para relevar un equipo en planta, determinar la mecánica de operación del mismo y las experiencias a llevar a cabo, capacidad de tomar información experimental, procesarla, analizarla y redacta un informe final.

Además, previo a la realización del trabajo práctico se lleva a cabo una evaluación coloquial donde el estudiante deberá acreditar los conocimientos teórico – prácticos necesarios para llevar a cabo la experiencia.

El estudiante promociona los trabajos prácticos habiendo superado las instancias mencionadas, con la aprobación de los informes técnicos correspondientes. No obstante, en la

evaluación teórica debe demostrar conocimientos acerca de la vinculación de la información obtenida en las experiencias prácticas al diseño de equipos industriales y los rangos de validez de cambio de escala.

Aspectos ambientales

El consumo de agua de enfriamiento en equipos de transferencia de calor es importante cuando se utiliza en servicios de condensación donde se ponen en juego cantidades de energía debido al calor latente puesto en juego.

Si se utiliza un servicio como agua de pozo, no sólo se consume un importante caudal de dicho fluido, sino que al devolverlo al ambiente lo hace con una carga térmica considerable, provocando contaminación muy importante.

En la provincia de Santa Fe existe desde el año 1982 la resolución N° 1089 en la cual se fija la temperatura de volcado de efluentes a menos de 45°C con la excepción de que si se utiliza para refrigeración, ésta no podrá devolverse al curso natural a más de 10°C de la temperatura a la que se extrajo.

En consecuencia, adquiere importancia el uso de equipamiento como el descrito en el presente, que permite con un bajo costo, producir un enfriamiento del servicio mencionado, para poder reciclarlo al proceso. En ese caso el único consumo de agua corresponde a la reposición de las pérdidas producidas por evaporación a la corriente gaseosa.

Por lo tanto, con las experiencias previstas se busca no sólo que los estudiantes desarrollen capacidades relativas a su desempeño profesional adquiriendo conocimientos en el manejo de equipos de contacto continuo, sino también que se involucren en aspectos ambientales, y desarrollen aptitudes para disminuir un aspecto tan importante del daño al ambiente como es la contaminación térmica.

2 Materiales y Métodos

2.1 Proceso de montaje

Inicialmente se realizó un relevamiento de los materiales y equipos auxiliares necesarios. Se recuperó un ventilador y una columna rellena con la que se llevaba a cabo un trabajo práctico de determinación de pérdida de carga. Ambos equipos se pusieron en condiciones para su montaje. Para la impulsión del fluido de intercambio se utilizó una bomba tipo turbina utilizada en otros trabajos prácticos de planta piloto. La medición de temperatura se llevó a cabo con dos sistemas en paralelo. El primero fue el uso de un par de termómetros en contacto con los fluidos en la entrada y salida del equipo y el segundo, un par de termo-transistores colocados en las cercanías de los puntos de paso de los fluidos, pegados a la pared de las cañerías y conectados a ellos, multímetros para registrar el valor de voltaje convertible a temperatura.

La medición del caudal de gas se realizó con un rotámetro acondicionado para ello; para medir el caudal de líquido se recurrió al típico sistema del recipiente graduado y el cronómetro.

La distribución del fluido frío a los equipos de intercambio se realizó por medio de un manifold confeccionado con válvulas recuperadas y los accesorios necesarios. Se colocó un manómetro de vidrio para la lectura de la pérdida de carga en el relleno y adicionó un tanque pulmón para absorber las variaciones de consumo de agua de enfriamiento.

2.2 Descriptiva del equipo

El equipo está conformado por una columna que consta de tres secciones separadas entre sí por un sistema de re-distribuidores del flujo de líquido y gas; rellenos con anillos raschig de vidrio de 6 mm de diámetro distribuidos al azar. Las dimensiones de la misma son: diámetro: 0,08 m; altura efectiva de relleno: 0,80 m; altura total del equipo: 1,20 m.

Una bomba centrífuga se utilizó para circular el agua, que se almacena en un tanque pulmón, a todos los equipos de intercambio de calor y retornar para pasar por la torre de contacto y regenerarse, regresando al pulmón antes mencionado.

El agua de enfriamiento se utiliza en los condensadores donde se procesan los vapores producidos en un extractor sólido líquido con arrastre de vapor y una columna de destilación, que operan en forma simultánea o intermitente. Los mencionados equipos forman parte del proyecto y en él se llevan a cabo experiencias de obtención y fraccionamiento de aceites esenciales a partir de aguaribay. .

Un ventilador axial introduce el aire por el fondo de la torre previo paso por un rotámetro que registra el caudal. La Figura 1 muestra el esquema de funcionamiento del equipo.

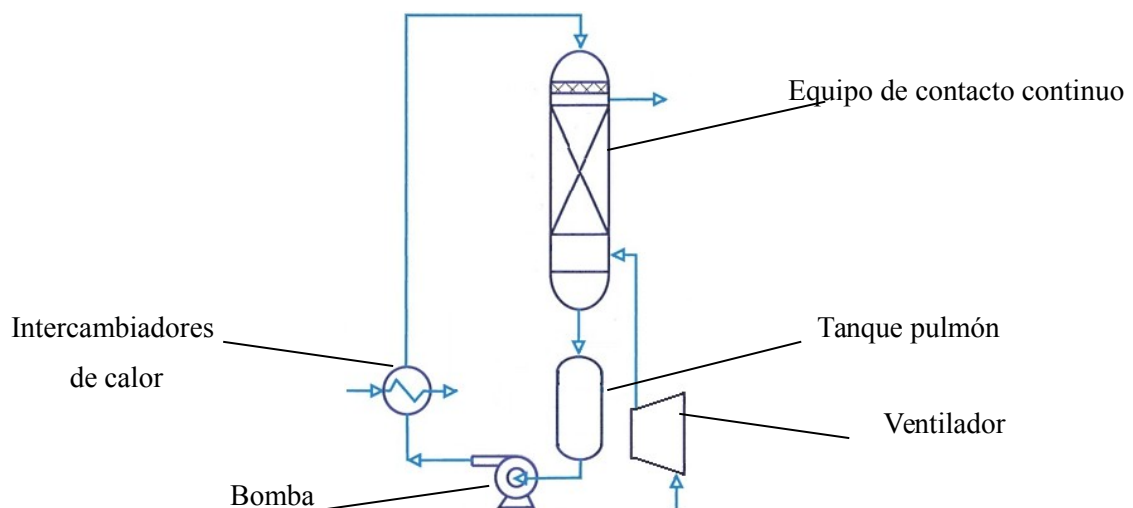


Figura 1. Esquema de funcionamiento del equipo

2.3 Diseño de las experiencias

2.3.1. Evaluación de la fluidodinámica del equipo

Los ensayos apuntaron a determinar los caudales máximos de funcionamiento del equipo, relacionados con las condiciones de inundación del relleno.

Se determinaron distintos valores de caída de presión en el lecho, variando los caudales de gas y de líquido, teniendo en cuenta las capacidades del ventilador y de la bomba.

Aparte de esas determinaciones, se detectó la inundación del relleno visualizando la acumulación de líquido en la columna, produciendo la inversión de fases (la continua gaseosa pasa a ser dispersa; y la dispersa líquida a ser continua).

Como consecuencia de esas determinaciones, se pudo calcular los distintos valores de caudales máscos superficiales de inundación para diferentes caudales de líquido, y un valor promedio del factor de empaque del relleno utilizado.

2.3.2. Evaluación del comportamiento del sistema

Se trabajó con el mismo funcionando como sistema de enfriamiento, operando alternativamente con una torre de rectificación y con un dispositivo de extracción sólido líquido con arrastre de vapor, donde el agua se utilizó como medio de enfriamiento de los condensadores respectivos. De dicho experimento se obtuvieron como dato las temperaturas del líquido en la entrada y salida de la torre y caudales de las corrientes líquida y gaseosa. No se pudo registrar las condiciones de la corriente gaseosa debido a la alta relación entre los caudales de líquido y gas.

3 Resultados y Discusión

3.1. Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en forma de tablas y gráficos. Las Tablas N° 1 y Figura N° 2 muestran los valores experimentales obtenidos en la evaluación de las condiciones fluidodinámicas del equipo.

La Tabla N° 2 indica los distintos valores de caudales máscos superficiales de inundación para diferentes valores de caudales de líquido, y al pie de la misma el valor del coeficiente característico de relleno promedio calculado.

Finalmente las Tablas N° 3 y Figura N° 3 muestran la evaluación del comportamiento de la torre de contacto continuo como sistema de enfriamiento de agua.

Se indicará a continuación la nomenclatura usada en las mismas, para una mejor comprensión de sus textos:

L: Caudal del líquido

T_2 : Temperatura del líquido al ingreso de la torre

T_1 : Temperatura del líquido al egreso de la torre

G: Caudal volumétrico del gas

G_i : Caudal volumétrico del gas en condición de inundación

G' : Caudal máscos superficial del gas

G'_i : Caudal máscos superficial del gas en condición de inundación

Δh : Caída de presión leída en el manómetro

$\Delta P/z$: Caída de presión en el lecho por metro de altura de relleno

Tabla 1. Condiciones fluidodinámicas del equipo.

L [l/h]	G [m³/h]	Δ h [cm agua]	Δ P / z [mm agua/m]	G' [kg/seg m²]
0	2,0	0,6	7,50	0,053160
0	3,0	0,8	10,00	0,089713
0	4,0	1,2	15,00	0,126109
0	5,0	1,9	23,75	0,162506
0	6,0	2,5	31,25	0,198903
0	7,0	3,2	40,00	0,235299
0	8,0	4,2	53,50	0,272696
0	8,9	5,1	63,75	0,304453
66,0	2,0	0,8	10,00	0,053316
66,0	3,0	1,4	17,50	0,089713
66,0	4,0	2,0	25,00	0,126109
66,0	5,0	3,3	41,25	0,162506
66,0	6,0	5,0	62,50	0,198903
66,0	7,0	7,5	93,75	0,235299
66,0	7,7	9,9	123,75	0,260777
102,6	2,0	1,0	12,50	0,053316
102,6	3,0	1,6	20,00	0,089713
102,6	4,0	3,0	37,50	0,126109
102,6	5,0	6,2	77,50	0,162506
102,6	6,0	9,8	122,50	0,198903
102,6	6,3	17,6	220,00	0,209822
223,50	2,0	1,2	22,50	0,053316
223,50	3,0	4,2	52,50	0,089713
223,50	4,0	8,0	100,00	0,126109
223,50	5,0	14,3	178,50	0,162506
223,50	5,2	21,7	271,25	0,169785

Fuente: Información experimental propia

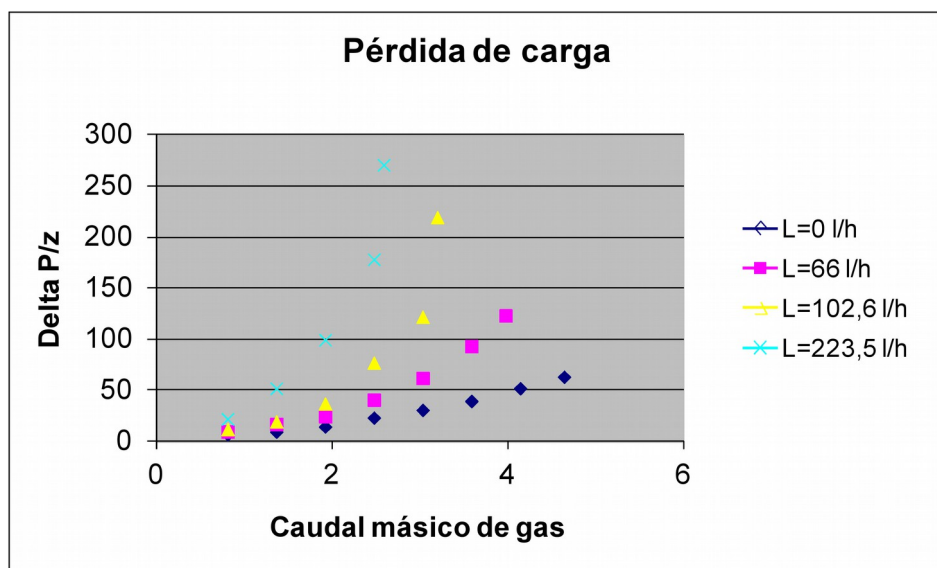


Figura 2. Caída de presión del lecho relleno en función del caudal másico superficial del gas.

Fuente: Información experimental propia

Tabla 2. Valores de caudales másicos superficiales de inundación a diferentes caudales líquidos de operación

L [l/h]	G _i [m ³ /h]	G' _i [kg/seg m ²]
66,0	7,00	0,235299
102,6	5,20	0,165492
223,5	4,50	0,144307

Fuente: Información experimental propia

Valor promedio del coeficiente característico de relleno (F_p)F_p = 6518 [m⁻¹]

Tabla 3. Datos experimentales del equipo funcionando como torre de enfriamiento

Tiempo [h]	L [l/h]	G [m ³ /h]	T ₂ [°C]	T ₁ [°C]
09:00	172	1,53	22,0	19,0
09:10	172	1,53	25,5	21,5
09:20	172	1,53	30,0	25,5
09:30	172	1,53	32,5	28,5
09:40	172	1,53	34,5	30,5
09:50	172	1,53	38,0	34,0

Fuente: Información experimental propia

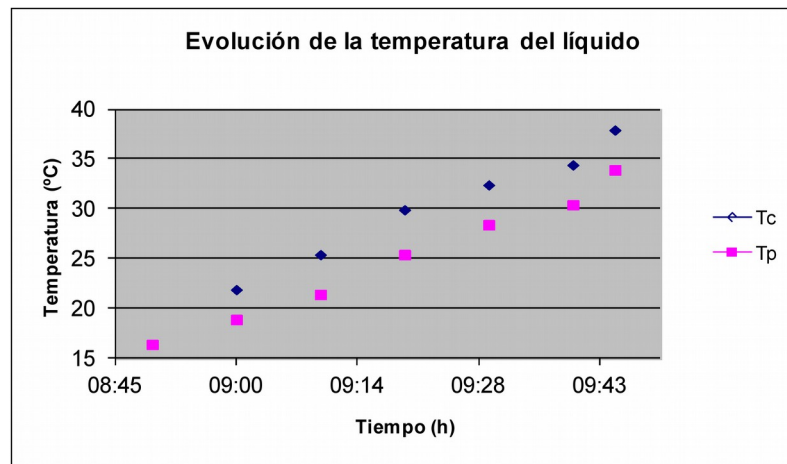


Figura 3. Funcionamiento del equipo de contacto continuo como torre de enfriamiento.
Fuente: Información experimental propia

3.2. Discusión

- Se observa repetitividad en los valores obtenidos en la evaluación de la fluidodinámica del equipo, tanto en lo referente a la pérdida de carga del lecho, como los caudales gaseosos de inundación y el coeficiente característico de relleno. Con esto se concluye que el mismo resulta adecuado para prácticas de docencia en ese aspecto.
- En relación al comportamiento como torre de enfriamiento, se observa un buen desempeño a bajos caudales de líquido. Con las relaciones de trabajo de la columna (altos valores L/G) no se obtiene buena eficiencia. Se recomienda utilizar el mismo como torre de dehumidificación, para lo cual se debe implementar un servicio adicional de enfriamiento de agua a introducir en el equipo, ya que es necesario alimentar dicho fluido a bajas temperaturas.
- Con relación al ahorro de agua, se observa en las experiencias que el equipo trabaja con caudal de líquido de 172 l/h; considerando que los equipos de transferencia de calor utilizados en el proyecto mencionado operan cinco días a la semana, un promedio de cuatro horas, se obtiene un valor de 20 hs. semanales y 80 hs mensuales, lo que arroja un ahorro de 13760 litros mensuales de consumo de agua y 137600 litros anuales (se consideran diez meses de trabajo). A estos valores se agrega el hecho que el agua se recircula, evitando volcar al ambiente un fluido a alta temperatura, que provoca contaminación térmica.

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- El equipo es adecuado para llevar a cabo experiencias a nivel didáctico evaluando su comportamiento en relación a la fluidodinámica del mismo

- Si bien el equipo no muestra buen desempeño como torre de enfriamiento en relación a los caudales de operación de los condensadores de los equipos utilizados en el proyecto, se obtiene un ahorro importante en el consumo de agua de enfriamiento por su recirculación en el equipo mencionado.
- Se pudo reformular un trabajo práctico y diseñar otros dos teniendo en cuenta las experiencias llevadas a cabo. Las guías de trabajo práctico respectivas, en versión resumida, se informan en el presente trabajo en el anexo.
- Se debe destacar la importancia de utilizar para las experiencias llevadas a cabo como en los trabajos prácticos respectivos material ya disponible en la planta piloto que fue valorizado y puesto en marcha en los trabajos previos. Esto permite un ahorro importante en las inversiones para equipamiento.
- Se observó que la introducción de los trabajos prácticos mencionados tuvo un efecto positivo en los estudiantes, ya que mostraron buena disposición a llevar a cabo las actividades previstas, con una importante participación. En particular se sintieron motivados con la experiencia de organizar la tarea grupal, asignando funciones y responsabilidades. Esta experiencia educativa es original, y no se observa en la mayoría de las asignaturas que forman parte de la currícula de grado.
- El ahorro de agua de enfriamiento fue significativo por un lado, e importante la disminución de contaminación térmica al evitar volcar este fluido caliente al ambiente.

4.2. Recomendaciones

- Se deben continuar con las experiencias en el equipo mencionado, tratando de mejorar las condiciones de operación como torre de enfriamiento y llevar a cabo ensayos con agua fría para evaluar su comportamiento como sistema de acondicionamiento de aire.
- El mencionado equipo puede utilizarse en procesos de absorción o desorción, para lo cual deben ponerse a punto las técnicas analíticas correspondientes para evaluar las composiciones de las corrientes gaseosa y líquida de salida, a fines de evaluar su comportamiento respecto a la transferencia de materia en dichas operaciones.
- Generalizar la experiencia de recuperar equipamiento de escala planta piloto a fines de poder implementar nuevas experiencias didácticas y minimizar los costos de inversión respectivos.
- En el futuro ampliar el concepto de ahorro energético, estudio de la contaminación térmica y las formas de minimizarla y/o eliminarla a las asignaturas vinculadas con el área de las operaciones y procesos unitarios y a otras de la currícula de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos.

5 Referencias

- [1] PERRY.; (2002); *Manual del Ingeniero Química; Séptima Edición*; Ed. Mc Graw Hill
- [2] TREYBAL, R. (2002). *Operaciones con Transferencia de Masa, Segunda Edición*; Editorial Mc Graw Hill

- [3] MARCILLA GOMIS, A. (1998). *Introducción a las operaciones de separación – Torre de enfriamiento*. Publicaciones Universidad de Alicante
- [4] COLL, C.; MARTIN, E.; MAURI, E., MIRAS, M. (1993). *El constructivismo en el aula*. Editorial Grao
- [5] SCHNEIDER, A.; FLORES, H.; RODI, E.; ROBAINA, E. (1998). *Estrategias didácticas en el diseño de experiencias para obtención de datos experimentales*. Segundo Congreso de Enseñanza de la Ingeniería Química – San Juan
- [6] PARODI, C.; GUALA, M.; FLORES, H., SPEKULJAK, Z. (1999). *Promoción de problemas por sistema de evaluación continua*. Primeras Jornadas sobre Experiencias Innovadoras en el Aula Universitaria – Universidad Nacional del Litoral – Santa Fe

6 Anexos

Se muestran en el presente las guías de trabajo práctico resumidas de los trabajos prácticos que forman parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, U. N. L.

Se informan tres trabajos prácticos, consignando los objetivos, como así también las tareas preliminares, el trabajo en planta piloto y el informe final a redactar por los estudiantes.

Trabajo Práctico N° 1: Fluidodinámica de torres rellenas – Determinación del factor de empaque

Objetivos:

- Operar una torre rellena de contacto gas-líquido.
- Determinar experimentalmente la Pérdida de Carga vs. Velocidad del gas
- Determinar la zona de carga y puntos de inundación.
- Calcular el Factor de Empaque del relleno.

Tareas preliminares – Diseño de la experiencia

En base a los datos de bibliografía, y el análisis del equipamiento e instrumental disponible, los estudiantes, organizados en comisiones, determinarán las condiciones de operación y el plan de trabajo para la experiencia.

Trabajo en planta piloto

Los estudiantes desarrollarán las tareas previstas en el plan de trabajo previamente elaborados por ellos, y aprobado por el personal docente de la cátedra, que supervisará la experiencia sin otra intervención durante el desarrollo de la misma, que la instrucción sobre uso de los equipos y servicios, y los necesarios recaudos de seguridad.

Informe final:

Como paso final del trabajo práctico, los estudiantes redactarán un informe final que debe contemplar los siguientes aspectos:

- Consideraciones efectuadas para diseñar el esquema de trabajo, incluyendo el material bibliográfico consultado.
- Valores de mediciones efectuadas en forma directa, con estimación de la desviación estándar observada.
- Metodología de cálculo para procesar los datos.
- Resultados experimentales obtenidos, con una estimación del error observado
- Incidencia de las variables de operación sobre los resultados obtenidos
- Observaciones y sugerencias para mejorar la técnica operatoria

Trabajo Práctico N° 2: Comportamiento de un equipo de contacto continuo como torre de enfriamiento de agua

Objetivos:

- Operar una torre rellena de contacto gas-líquido como torre de enfriamiento.
- Determinar experimentalmente la capacidad de enfriamiento de la misma
- Evaluar las condiciones de salida del gas en relación a su posible saturación.
- Calcular la altura de unidad de transferencia en fase gaseosa (H_{iOG}) y el coeficiente de transferencia de materia ($K_Y.a$).

Tareas preliminares – Diseño de la experiencia

Similar trabajo práctico N° 1

Trabajo en planta piloto

Similar trabajo práctico N° 1

Informe final:

Similar trabajo práctico N° 1

Trabajo Práctico N° 3: Evaluación del comportamiento de un equipo de contacto continuo como sistema de acondicionamiento de aire

Objetivos:

- Operar una torre rellena de contacto gas-líquido como torre dehumidificadora.
- Determinar experimentalmente la eliminación de humedad del aire
- Evaluar las condiciones de salida del agua.
- Calcular la altura de unidad de transferencia en fase gaseosa (H_{iOG}) y el coeficiente de transferencia de materia ($K_Y.a$).

Tareas preliminares – Diseño de la experiencia

Similar trabajo práctico N° 1

Trabajo en planta piloto

Similar trabajo práctico N° 1

Informe final:

Similar trabajo práctico N° 1

ENSEÑANZA DEL FUNCIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES REALES

Marcos Nahuel Pereson Lugo, UTN FRRQ, marcos.pereson.nahuel@gmail.com

Diego Leonardo Salinas, UTN FRRQ, dlsalinas@trcdigital.com.ar

Héctor Daniel Martín, UTN FRRQ, hmartin@frrq.utn.edu.ar

Nicolás Martín Gutbrod, UTN FRRQ, nicomartingutbrod@gmail.com

Aníbal Gerardo Morzan, UTN FRRQ, amorzan@frrq.utn.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo se consolida la experiencia obtenida con los distintos talleres relacionados a la matemática en la Facultad Regional Reconquista de la UTN. En la misma, se dictan talleres durante los tres primeros años de Ingeniería en donde los alumnos aprenden a utilizar el programa de matemática simbólica Mathematica.

Los estudiantes abordan el estudio de los transformadores en la materia Maquinas Eléctricas, desarrollando un programa con el software mencionado. El programa permite introducir valores obtenidos por medio de ensayos, o brindados por los fabricantes, de manera de poder simular el comportamiento del transformador real. Se obtienen salidas gráficas y vectoriales que permiten llegar a una mejor comprensión de su funcionamiento, facilitando el aprendizaje y la elaboración de conclusiones.

Luego de alcanzar los resultados, se procede a ensayar de manera virtual el funcionamiento del transformador en distintos estados de carga; las cuales son manipulables y los resultados son de actualización automática.

La posibilidad que nos brinda el programa de ingresar datos reales y obtener salidas numéricas y gráficas en forma rápida permite acercarnos con mayor facilidad a la comprensión del funcionamiento del transformador, ayudando en la tarea de aprendizaje y su posterior aplicación práctica.

Palabras clave— *Transformadores, diagrama fasorial, maquinas eléctricas, circuito equivalente.*

1. Introducción

En la Facultad Regional Reconquista se dictan talleres de Matemática computacional, durante los primeros tres años de la carrera Ingeniera Electromecánica; se utiliza un software de matemática simbólica: *Mathematica*. En los talleres se pretende realizar una vinculación horizontal con las materias que están cursando los alumnos. Principalmente se toman los contenidos de las materias de los cursos relacionadas con la matemática, el álgebra, la física, la estadística y además en el tercer año se ven herramientas de programación.

En los contenidos de las diferentes materias en que se aplica programa Mathematica, los alumnos logran trabajar con funciones y datos, los cuales al ser manipulados y graficados, tienen una representación accesible y dinámica. Siguiendo esta propuesta, estudiantes de 4to año de ingeniería electromecánica, cursando la asignatura “*Máquinas Eléctricas*”, idearon y desarrollaron un algoritmo para estudiar el comportamiento de los transformadores. Al modificar distintas variables o parámetros propios de la máquina, se logra comprender mejor el funcionamiento de esta.

2. Desarrollo de la teoría empleada

“Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Esta máquina consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Estas bobinas, por lo general; no están conectadas en forma directa. La única conexión entre bobinas es el flujo magnético común que se encuentra dentro del núcleo.”[1]

“Uno de los devanados del transformador se conecta a una fuente de energía eléctrica alterna y el segundo (y quizás el tercero) suministra energía eléctrica a las cargas. El devanado del transformador que se conecta a la fuente de potencia se llama devanado primario o devanado de entrada, y el devanado que se conecta a la carga se llama devanado secundario o devanado de salida, y así consiguientemente.”[1]

Al conectarse el primario a una fuente de energía eléctrica alterna, comienza a circular una corriente por la bobina, esta corriente genera un campo magnético alterno que se instala en el material de mayor permeabilidad, siendo este material el núcleo ferromagnético. En la segunda bobina o secundario, al estar sometida a un campo oscilante; se induce una tensión también oscilante; esta tensión depende:

$$e = N * \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (1)$$

Al aplicar una tensión alterna al primario, circulara por él una corriente alterna, que producirá a su vez un flujo alterno en el núcleo cuyo sentido vendrá determinado por la ley de Ampere aplicada a este arrollamiento. Debido a la variación periódica de este flujo se crearan f.e.m.s. inducidas en los arrollamientos, que de acuerdo con la ley de Faraday responderán a las ecuaciones:

$$e_1 = N_1 \frac{\partial \phi}{\partial t}; \quad e_2 = N_2 \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (2)$$

De acuerdo con la ley de Lenz el sentido de las polaridades de las tensiones inducidas es tal que se oponen al flujo que les dio origen.

Dónde:

1 y 2 representan el primario y secundario respectivamente.

e : Tensión inducida.

N : Número de espiras

$\frac{\partial \phi}{\partial t}$: Variación flujo magnético

Como la variación del flujo es igual para ambas expresiones podemos hallar la relación:

$$\frac{e_1}{N_1} = \frac{e_2}{N_2} \quad (3)$$

Y a su vez:

$$a = \frac{N_1}{N_2} \quad (4)$$

Dónde:

a : Es la relación de espiras, parámetro característico de un transformador

Cuando en el lado del secundario el circuito se encuentra sin carga, se denomina abierto, el transformador funciona sin carga o en régimen de vacío. El primario se comportará como una bobina con núcleo de hierro. En este caso el transformador absorberá una corriente de vacío i_0 . La corriente i forma un ángulo ϕ_0 con la tensión aplicada V_1 , de tal forma que la potencia absorbida en el vacío, denominada P_0 , será igual a las pérdidas en el hierro P_{Fe} en el núcleo del transformador, cumpliéndose:

$$P_0 = P_{Fe} = V_1 I_0 \cos \phi_0 \quad (5)$$

Donde V_1 e I_0 representan los valores eficaces de la tensión y la corriente, respectivamente

La corriente I_0 tiene dos componentes, una activa I_{fe} y otra reactiva I_μ

Cuando el transformador funciona con carga entonces comienza a circular una corriente i_2 por el devanado secundario, que responde a un valor complejo o fasorial:

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_L} = \frac{E_2 \angle 0^\circ}{Z_L \angle \phi_2} = \frac{E_2}{Z_L} \angle -\phi_2 \quad (6)$$

es decir, I_2 se retrasa ϕ_2 de la f.e.m. E_2 .

La corriente i_2 al circular por el devanado secundario produce una f.m.m. desmagnetizante $N_2 i_2$ que se opone a la f.m.m. primaria existente $N_1 i_0$. Es por ello que si esta f.m.m. de secundario no queda neutralizada por una corriente adicional que circule por el primario, el flujo en el núcleo se verá reducido profundamente, con las consiguientes reducciones en las f.e.m.s. e_1 y e_2 que son proporcionales a él y se romperá el equilibrio entre v_1 y e_1 en el primario. Para que pueda restablecerse el equilibrio es preciso neutralizar la f.m.m. $N_2 i_2$ del secundario, mediante una corriente adicional primaria i_2' equivalente a una f.m.m. $N_1 i_2'$ de valor:

$$N_1 i_2' = N_2 i_2 \quad (7)$$

De donde se deduce el valor de la corriente i_2' adicional primaria:

$$i_2' = \frac{N_2}{N_1} i_2 = \frac{i_2}{a} \quad (8)$$

De este modo, la corriente total necesaria en el primario i_1 será igual a:

$$i_1 = i_0 + i'_2 = i_0 + \frac{i_2}{a} \quad (9)$$

que corresponde en forma fasorial a:

$$I_1 = I_0 + I'_2 = I_0 + \frac{I_2}{a} \quad (10)$$

donde se ha denominado I'_2 a I_2/a . La ecuación anterior expresa la relación entre la corriente primaria I_1 , de vacío I_0 y secundaria I_2 . Esta ecuación nos indica que la corriente primaria tiene dos componentes.

1. Una corriente de excitación o de vacío I_0 cuya misión es producir el flujo en el núcleo magnético y vencer las pérdidas en el hierro a través de sus componentes I_μ e I_{fe} respectivamente.
2. Una componente de carga I'_2 que equilibra o contrarresta la acción desmagnetizante de la f.m.m. secundaria para que el flujo en el núcleo permanezca constante e independiente de la carga.

2.1 Transformador Real

En los transformadores reales hay que tener en cuenta la resistencia de los arrollamientos y los flujos de dispersión. El flujo de dispersión puede representarse añadiendo en serie con la entrada y salida respectivamente, de un transformador ideal; mientras que los arrollamientos se los reemplaza por resistencias cuyo valor es proporcional a la longitud de cada arrollamiento, a su resistividad característica es inversamente proporcional a su sección.

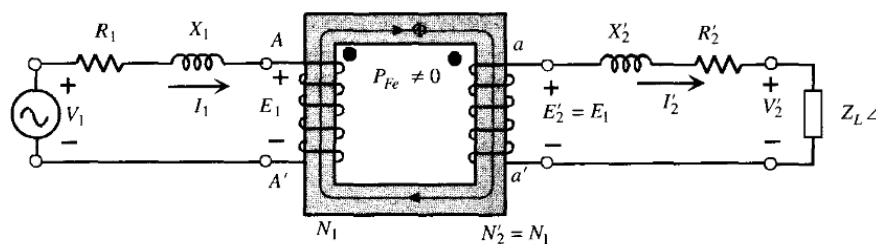


Figura 1. Circuito equivalente de un transformador real
Fraile Mora [2]

De acuerdo con el principio de igualdad de potencias, pérdidas, etc., se obtienen las siguientes relaciones entre las magnitudes secundarias de los transformadores real y equivalente:

- a) F.e.m.s. y tensiones

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \Rightarrow E_2 = \frac{E_1}{a} \quad (11)$$

Es decir, la f.e.m. E_2' del nuevo secundario es a veces mayor que la f.e.m. E_2 que existía en el transformador real.

De forma análoga se tendrá para la tensión.

$$V'_2 = a V_2 \quad (12)$$

- b) Corrientes

La conservación de la potencia aparente de ambos secundarios indica que:

$$S_2 = V_2 I_2 = V'_2 I'_2 \quad (13)$$

Entonces se obtiene que:

$$I'_2 = \frac{I_2}{a} \quad (14)$$

Es decir, la corriente I'_2 del nuevo secundario es a veces menor que la corriente I_2 que existía en el transformador real.

c) Impedancias

Al igualar las potencias activas que se disipan en las resistencias, se obtiene:

$$R_2 I_2^2 = R'_2 I'^2_2 \quad (15)$$

de donde se deduce:

$$R'_2 = a^2 R_2 \quad (16)$$

Es decir, la resistencia R'_2 del nuevo secundario es a^2 veces la resistencia de R_2 que existía en el transformador real.

2.2 Circuito Real aproximado.

En la práctica, y debido al reducido valor de I_0 frente a las corrientes I_1 e I_2 , se suele trabajar con un circuito equivalente **aproximado** que se obtiene trasladando la rama en paralelo por la que se deriva la corriente de vacío a los bornes de entrada del primario. El esquema puede simplificarse aún más observando la conexión en serie constituida por las ramas primarias y secundarias.

$$R_{cc} = R_1 + R'_2 \quad (17)$$

$$X_{cc} = X_1 + X'_2 \quad (18)$$

Donde R_{cc} representa la resistencia de cortocircuito y X_{cc} representa la reactancia de cortocircuito.

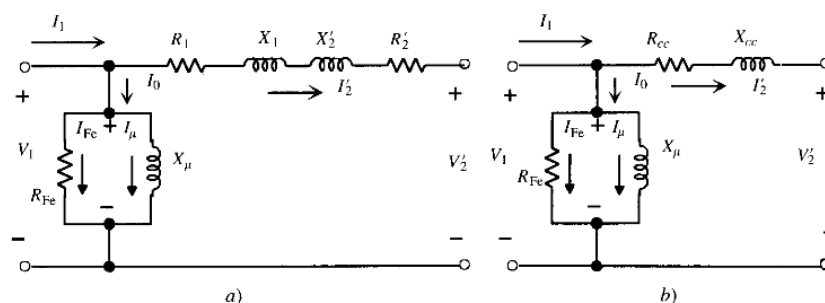


Figura 2. Circuito equivalente aproximado de un transformador real
Fraile Mora [2]

2.3 Ensayos del Transformador

En la práctica solo se hacen dos ensayos, uno en vacío, y otro en cortocircuito.

2.3.1 Ensayo de Vacío

Consiste en aplicar al primario del transformador la tensión asignada, estando el secundario en circuito abierto. Al mismo tiempo debe medirse la potencia absorbida P_0 , la corriente de vacío I_0 y la tensión secundaria.

La potencia absorbida en vacío coincide con las pérdidas en el hierro:

$$P_{oc} = V_{oc} I_{oc} \cos \phi_0 = P_{Fe} \quad (19)$$

Por lo tanto de la ecuación anterior podemos obtener el valor de la resistencia equivalente a las pérdidas por calor en el hierro (R_{fe}). Además trabajando algebraicamente dicha ecuación podemos determinar el valor de la reactancia equivalente al flujo de magnetización (X_μ).

$$\phi_0 = \arccos\left(\frac{P_{oc}}{V_{oc} I_{oc}}\right) \quad (20)$$

$$R_{fe} = \frac{V_{oc}}{I_{oc} \cos(\phi_0)} \quad (21)$$

$$X_\mu = \frac{V_{oc}}{I_{oc} \sin(\phi_0)} \quad (22)$$

2.3.2 Ensayo de Cortocircuito

Este ensayo consta de aplicar una tensión reducida al primario del transformador con tal de obtener la corriente nominal en el bobinado del secundario cortocircuitado. Los parámetros obtenidos de este ensayo son: la tensión reducida (V_{sc}), la corriente consumida (I_{sc}) y la potencia disipada (P_{sc}).

La ecuación que relaciona las siguientes variables es:

$$V_{sc} I_{sc} \cos \phi_0 = P_{sc} \quad (23)$$

Desde esta ecuación se deduce:

$$|Z_{cc}| = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} \quad (24)$$

$$\phi_0 = \arccos\left(\frac{P_{sc}}{V_{sc} I_{sc}}\right) \quad (25)$$

$$R_{cc} = |Z_{cc}| \cos(\phi_0) \quad (26)$$

$$X_\mu = |Z_{cc}| \sin(\phi_0) \quad (27)$$

3. Programa elaborado

Un grupo de alumnos ha elaborado un algoritmo utilizando el programa de matemática simbólica *Mathematica*, aprovechando las ventajas en el cálculo complejo, y la versatilidad de las gráficas vectoriales y los datos altamente modificables con recálculo de los resultados en tiempo real.

En el mismo se ingresan los datos característicos de un transformador, así como los distintos ensayos realizados al mismo.

De los datos característicos del transformador se tiene:

- Relación de espiras o de tensiones entre primario y secundario.
- Potencia aparente del transformador
- Carga a la que se encuentra sometido

De los datos obtenidos a partir de los ensayos de vacío y de corto circuito se obtiene:

- Tensión
- Corriente
- Potencia activa

Los datos característicos que se obtienen del transformador, tanto referidos al lado del primario como del secundario son:

- Resistencia equivalente a las pérdidas por calor en el hierro
- Reactancia equivalente al flujo de magnetización
- Resistencia propia del bobinado
- Reactancia de dispersión

El presente trabajo consta de una interfaz en la cual el usuario puede ingresar los datos mencionados anteriormente, y calcular los datos específicos del transformador, lo cual se observa en la figura 3:

Cual usar: ☒ ☐

Relación de espiras: =

Ensayo OC: Primario: ☒ Secundario: ☐ Ensayo SC: Primario: ☒ Secundario: ☐

Voc[V]: Vsc[V]:

Ioc[A]: Isc[A]:

Poc[W]: Psc[W]:

Calcular

Resultados:

Relación	10.		
Referido a	Primario		Secundario
R _{fe}	0 Ω	R _{fe'}	0 Ω
X _μ	0 Ω	X _{μ'}	0 Ω
R _{eq}	0 Ω	R _{eq'}	0 Ω
X _{eq}	0 Ω	X _{eq'}	0 Ω

Figura 3. Ventana de ingreso de datos de ensayos en el programa elaborado

Luego se pasa a otra interfaz de usuario en la cual se deben ingresar los siguientes valores:

- Potencia del Transformador
- Tensión de entrada
- Tensión de salida
- Corriente que debe circular por la carga conectada
- Factor de Potencia de la carga

Datos:

Potencia [kVA]	<input type="text"/>
Tensión P[V]	<input type="text"/>
Tensión S[V]	<input type="text"/>
Carga (Is)[A]	<input type="text"/>

Factor de Potencia:

fp=1.

fp = 1

fp = 0.8i

fp = 0.8c

Figura 4. Ventana de ingreso de datos del transformador en el programa elaborado

Luego de ingresar los datos correspondientes se puede observar la gráfica fasorial, la regulación de voltaje y el rendimiento del transformador.

4. Ejemplo Numérico

Para poder observar mejor el funcionamiento del programa se propone el siguiente ejemplo.

Un transformador monofásico de 10kVA, 220/380 V, ha dado los siguientes resultados en los ensayos, Vacío: 220V, 2A, 150W (medidos en el primario). Cortocircuito: 10V, 26.32A, 75W (medidos en el secundario)

Se introducen los datos en la interfaz de usuario y se oprime calcular para obtener los primeros resultados, como se muestra en la figura 5.

Cual usar: ☐ ☒

Relación de espiras: 11 = /
 --
 19

Ensayo OC Ensayo SC
 Primario: Secundario: Primario: Secundario:
☒ ☐ ☐ ☒

Voc[V]: Vsc[V]:
 Ioc[A]: Isc[A]:
 Poc[W]: Psc[W]:

Resultados:
 Relación 0.578947
 Referido a Primario Secundario
 R_{fe} 322.67 Ω R_{fe}' 962.67 Ω
 X_{μ} 117.01 Ω X_{μ}' 349.09 Ω
 R_{eq} 0.0362884 Ω R_{eq}' 0.108265 Ω
 X_{eq} 0.122068 Ω X_{eq}' 0.364187 Ω

Figura 5. Ventana de ingres de datos de ensayos completa del programa elaborado.

Luego de obtener los datos característicos del transformador se observa, en la figura 6, el circuito equivalente

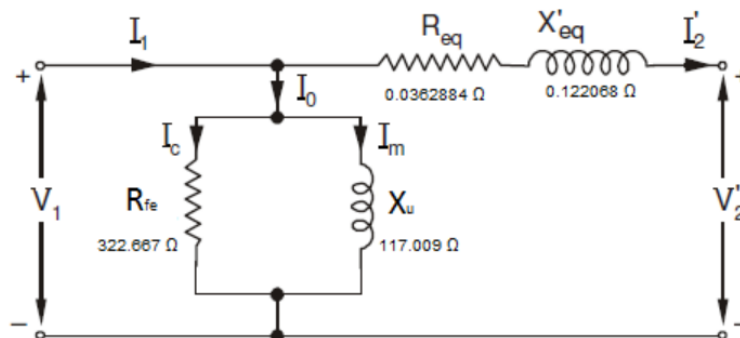


Figura 6. Circuito equivalente aproximado con datos del ejemplo del programa elaborado.

A continuación se deben ingresar los valores en la segunda interfaz de usuario para obtener la gráfica fasorial, la regulación de voltaje y el rendimiento, estos parámetros obtenidos en función de la manipulación del factor de potencia de la carga, figura 7.

Datos:

Potencia [kVA]	10
Tensión P[V]	220
Tensión S[V]	380
Carga (Is)[A]	$\frac{500}{19}$

Factor de Potencia:

Figura 7. Ventana de ingreso de datos del transformador completa del programa elaborado.

Al modificar el factor de potencia se puede observar como varían los resultados mostrados anteriormente.

Para un factor de Potencia unidad (figura 8), 0.8 Inductivo (figura 9) y 0.8 Capacitivo (figura 10).

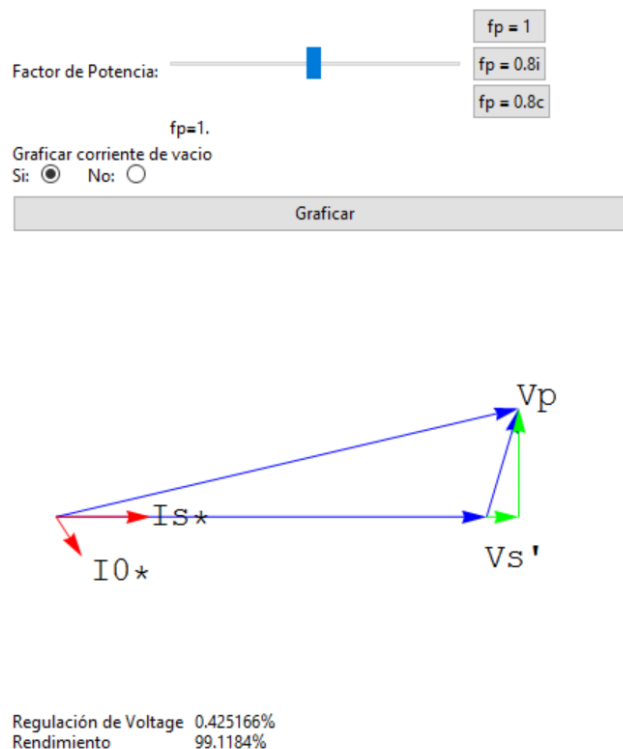


Figura 8. Ventana grafica de resultados – FP=1, obtenida del programa elaborado.

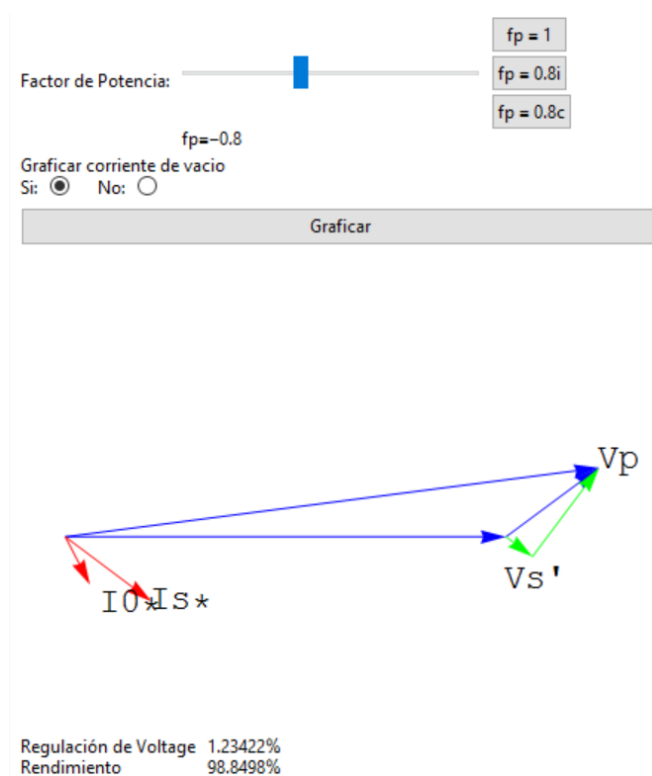


Figura 9. Ventana grafica de resultados – FP=0.8 Inductivo, obtenida del programa elaborado.

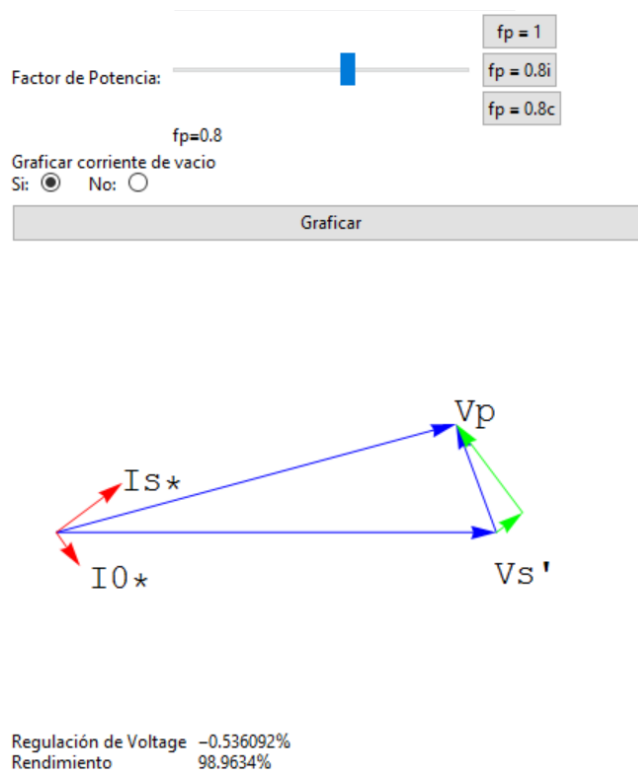


Figura 10. Ventana grafica de resultados – FP=0.8 Capacitivo, obtenida del programa elaborado.

5. Conclusiones

Es de destacar en el presente trabajo la integración lograda por los estudiantes, ya que, aprovechando las ventajas gráficas y dinámicas del programa de matemática simbólica *Mathematica*, han desarrollado, con la ayuda de docentes de las asignaturas, un algoritmo didáctico para el estudio de los transformadores.

Debido a la interacción que tiene el programa en la variación de parámetros, se hace mucho más simple el estudio de la unidad “Transformadores” dictada en la materia “Maquinas Eléctricas” en la UTN FRRQ, pudiéndose observar en tiempo real la variación tanto en el diagrama fasorial como en los valores de los elementos del circuito equivalente.

Es realmente importante que se comprenda el funcionamiento de los transformadores, ya que éstos son la base para el estudio de las subsiguientes máquinas eléctricas.

En lo que respecta al ejemplo mostrado, se observa un mayor rendimiento que se obtiene al trabajar con una carga puramente resistiva, seguidamente por una carga capacitiva y por ultimo una carga inductiva. Lo que conduce a que es necesario modificar el factor de potencia de las cargas conectadas hasta la unidad para un buen rendimiento de la máquina.

Con base en el parámetro regulación de voltaje se puede discernir que es necesaria una menor tensión de entrada para someter a la carga capacitiva a un potencial definido, no es normal que en la realidad se utilicen cargas de tenor capacitivas, pero éstas son las que menor tensión en la entrada necesitan para obtener en la salida el valor deseado.

6. Referencias

- [1] STEPHEN J. CHAPMAN (2000). *Máquinas eléctricas*. España: Transformadores. P.61-153.
- [2] JESÚS FRAILE MORA (2003). *Máquinas eléctricas*. España: Transformadores. P.161-258.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

LOS ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE COMO FACILITADORES DE LA INTEGRACIÓN INTERDISCIPLINARIA EN LA SEMIPRESENCIALIDAD

Gabriela Despuy, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional,
gabydespuy@hotmail.com

Silvia Kern, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional,
silvia.kern@gmail.com

Alberto Logiudici, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional,
alberto_log@yahoo.com.ar

Carina Pacini, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional,
carinadpacini@gmail.com

Resumen— Las tecnologías pueden desempeñar el rol de instrumento pedagógico, didáctico e integrador, lo que requiere por parte de los docentes cierto grado de conocimiento en su utilización y de esa forma poder planificar y organizar actividades de enseñanza que orienten y estimulen el trabajo reflexivo y crítico de los alumnos.

Introducir las tecnologías de la comunicación y la información en la enseñanza tiene resistencias y objeciones debido a que exige el conocimiento de las potencialidades educativas de las aplicaciones, motivo por el cual se requiere generar espacios para la necesaria formación docente.

Este trabajo presenta la experiencia de formación de docentes de Análisis Matemático I y Química en el uso de las nuevas tecnologías, a partir de una propuesta integrada, iniciada en un curso de capacitación de la Facultad Regional San Nicolás, donde se incluyeron ambas disciplinas en un aula virtual semi-presencial inserta en la plataforma Moodle, la cual abre nuevas posibilidades de interacción entre los docentes y los estudiantes.

El nuevo modelo de enseñanza de la universidad requiere transformar el rol y la función de los profesores. Dicho modelo está centrado en el alumno, basado en el aprendizaje autónomo y en el desarrollo de competencias, lo que lleva a afirmar que la formación del profesor universitario es fundamental, exigiendo la generación de experiencias interdisciplinarias como la presentada.

Palabras clave— *formación docente, estrategias enseñanza, plataforma Moodle, interdisciplina, semipresencialidad.*

1. Introducción

En el año 2015 un equipo de docentes de la Facultad Regional San Nicolás – FRSN, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional – UTN, de las áreas de: Análisis

Matemático I, Química e Informática, inicia un proceso de revisión de sus prácticas docentes desde un marco interdisciplinario, para ampliar la oferta didáctica que acerquen a los alumnos las nuevas tecnologías, insertando las cátedras tradicionales en la virtualidad cotidiana de la que son usuarios.

La gestación de este proceso de revisión de las propias prácticas docentes surge a partir de una propuesta de capacitación docente, que partiera desde la Secretaría Académica, de la FRSN, propiciando el uso de la plataforma MOODLE como recurso pedagógico. La propuesta presentada aquí es generar un espacio colaborativo y reflexivo entre docentes de distintas asignaturas, mediante el diseño de aulas virtuales a partir de un trabajo interdisciplinario, considerando las características de la nueva generación de estudiantes y los cambios que se suscitan en la sociedad actual a partir de las nuevas tecnologías.

Este trabajo presenta la experiencia de formación de docentes de Análisis Matemático I y Química, con la intervención de docentes de Informática en el uso de las nuevas tecnologías, a partir de una propuesta integrada, iniciada en un curso de capacitación de la FRSN, donde se incluyeron estas disciplinas en un aula virtual semi-presencial inserta en la plataforma Moodle institucional, la cual abre nuevas posibilidades de interacción entre los docentes y los estudiantes.

La intención educativa, en esta propuesta, se centra en generar nuevos espacios de aprendizaje que a través del diseño interdisciplinario del proceso de enseñanza aprendizaje [1] promueva el trabajo individual y grupal de los estudiantes y enriquezca a cada docente integrante del equipo por el aporte de sus colegas.

Al mismo tiempo, el sujeto que transita los niveles iniciales de su carrera universitaria trae saberes que deben ser aprovechados, tales como el esquema de representación de la realidad virtual, las características del lenguaje y la inserción social, provista por un medio que maneja diariamente y a la que la universidad no accede en su práctica tradicional. Sin embargo, desde las áreas específicas de tecnología de la información, se proveen facilidades para disponer de ellas: PCs, wifi, páginas web, aulas virtuales, que las cátedras pueden incorporar.

El objetivo es que el sujeto que aprende pueda tomar decisiones, enfrentar situaciones diversas y ser capaz de resolver problemáticas de la realidad que lo circunda. Para ello se requiere que el profesor utilice estrategias adecuadas en el aula, que sepa seleccionar distintos recursos y diseñar diferentes entornos de aprendizaje. Es característica de los nuevos alumnos la utilización de medios informatizados por lo que se debe reconocer la necesidad de expandir los espacios áulicos de aprendizaje.

Teniendo la oportunidad de disponer de aulas virtuales, es preciso que los docentes hagan uso de las plataformas tecnológicas en sus estrategias de enseñanza. Desde esta perspectiva se puede utilizar el aula virtual para integrar contenidos de diferentes materias, promoviendo a través de la plataforma el trabajo interdisciplinario como fue llevado a cabo por este equipo de docentes.

La experiencia de compartir una misma aula virtual significó la posibilidad de generar actividades de integración de conocimientos entre distintas materias, lo que llevó a buscar aplicaciones diseñadas de manera que sincronicen saberes comunes y resalten conceptos en un área según su afinidad con lo desarrollado en otras.

El grupo de docentes, que intervino en este trabajo, se ha centrado en la organización de recursos didácticos que incorporen nuevas tecnologías que apunten a mejorar la calidad de la enseñanza e impacten favorablemente en el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería en sus años iniciales.

2. Marco teórico

La formación en ingeniería aún se percibe lejos de ser interdisciplinaria, motivo que conlleva a pensar de qué manera contribuir, desde el lugar de los docentes, a revertir esa situación con el aporte que hacen las nuevas tecnologías en función del peso que tienen en la profesión.

A lo largo de estos años, se han detectado inconvenientes en el uso adecuado de las nuevas tecnologías por los profesores, situación que ha obstaculizado incentivar el trabajo interdisciplinario entre pares, esto ha generado en la FRSN propuestas de seminarios, cursos y talleres de capacitación sobre distintas temáticas en vinculación con las TICS.

Utilizar las tecnologías de la comunicación y la información en la enseñanza tiene resistencias y objeciones debido a que exige el conocimiento de las potencialidades educativas de las aplicaciones, motivo por el cual se requiere generar espacios de reflexión para la lograr la formación docente de los profesores universitarios, espacio en el cual se replanteen las estrategias de enseñanza, y de qué manera promover el trabajo colaborativo e interdisciplinario entre pares.

2.1. Formación docente

En este trabajo se ha acordado definir como formación docente a determinado proceso en el que se articulan prácticas de enseñanza y de aprendizaje orientadas a la configuración de sujetos docentes – enseñantes [2].

Las nuevas tecnologías pueden desempeñar el rol de instrumento pedagógico, didáctico e integrador, lo que demanda por parte de los docentes cierto grado de conocimiento en su utilización y de esa forma poder planificar y proponer a los estudiantes actividades de enseñanza que orienten y estimulen el trabajo reflexivo y crítico de cada uno de ellos. El profesor debe ser organizador de una pedagogía que promueva aprendizajes significativos, que sea responsable del sentido de los saberes que deben adquirir sus estudiantes, como también ser creador de situaciones de aprendizaje y encargado de atender la heterogeneidad en las aulas.

Sánchez [3] señala, así mismo que la apropiación de significados, herramientas o competencias de la virtualidad, no es sencilla en la educación superior, donde es necesaria la resolución de problemas complejos o la toma de decisiones en dominios de conocimiento de diferentes estructuras. La inclusión de los usos emergentes de la web debe adicionar la reflexión y la investigación sistemática antes de ser incorporados al hecho educativo.

2.2. Estrategias de enseñanza

Definimos las estrategias de enseñanza como el conjunto de decisiones que toma el docente para orientar la enseñanza con la intención de promover aprendizajes significativos en los estudiantes, decisiones que debe tomar para dar respuesta a ciertos interrogantes: cómo enseñar un contenido disciplinar, qué es lo que se pretende que los estudiantes comprendan del mismo, por qué enseñarlo y para qué enseñarlo [4].

Llevar a cabo cada una de las propuestas significa que el docente debe, en primer lugar, diseñar la planificación en la cual se involucra el proceso de pensamiento del docente, el análisis que hace del contenido disciplinar a enseñar, las situacionales en las que tiene que enseñarlo y el diseño de opciones que se presentan para la acción, hasta las decisiones acerca de las actividades propuestas que considera oportunas en cada caso; en segundo lugar la acción misma, es decir el momento de llevarlo a la práctica e implica la puesta en marcha de las decisiones tomadas en el momento de enseñar.

En esta oportunidad, las estrategias han sido pensadas teniendo en cuenta las bondades de la plataforma Moodle; los elementos que brinda la semipresencialidad como complemento de las clases presenciales y el cambio en el rol docente a partir del alumno de hoy.

a) Plataformas virtuales

Las TICs, como estrategias de enseñanza proponen utilizar conceptos constructivistas, a través de elementos que se disponen con el fin de impartir el proceso de enseñanza aprendizaje, entre personas que no comparten espacios físicos ni horarios, con elementos específicos que son propios para ese proceso.

Los elementos que se disponen clasificados para comunicación, administración de roles y permisos y contenidos, caracterizan entornos de aprendizaje que se conocen como plataformas educativas. Estas son aplicaciones programadas con software gratuito o con licencias especiales, disponibles en servidores de internet, y administrados generalmente por instituciones, que han tomado el nombre de Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje – EVEA y tienen varias características especiales. Es un caso de este tipo la plataforma Moodle que la Universidad Tecnológica Nacional ha institucionalizado [5].

b) Elementos de la Semipresencialidad

Este término surge en contextos donde se ha transformado un curso presencial para adecuarlo a un medio casi a distancia el cual se lleva a cabo a través de reuniones presenciales, asesorías, tutorías. La semipresencialidad es considerada como la puesta en práctica de asistencia pedagógica fundada en la presencialidad, mediadas por otros recursos que ofrece la tecnología, que asienten la conexión del docente con los estudiantes en un tiempo real sin estar físicamente presentes [6].

Es una comunicación didáctica que se establece a través de una docencia no directa, que utiliza una serie de recursos, medios técnicos, dispositivos o estrategias que facilitan una comunicación y un trabajo en ambiente colaboración, donde la base de estos ambientes consiste en la integración de todos los estudiantes, quienes intervienen en todas las actividades que forman parte del proceso educativo.

En correspondencia con lo anterior los ambientes de aprendizaje colaborativo van más allá de una simple asociación de personas, mediados por actividades que tienen como propósito principal la socialización e integración de los conocimientos. Esta modalidad educativa, esta nueva forma de enseñar propicia un aprendizaje donde el estudiante se concibe como una persona que puede asumir la responsabilidad y conducción de su aprendizaje, bajo la mediación e intervención oportuna de un docente que utiliza la tecnología como recurso [7].

Conociendo la base conceptual de las cátedras a reconstruir en forma semipresencial, volcando la experiencia docente previa, y algunas herramientas que nos brinda un aula virtual, el desafío es potenciar el dictado haciendo que la construcción propia del alumno, a través de las herramientas, sea más sólida, concreta y real, y le permita afianzarse para avanzar en las materias con mayor seguridad.

c) Rol del docente y el nuevo alumno

El uso de las tecnologías informatizadas entre los recursos disponibles para los docentes de nivel superior, supone un corrimiento del docente de su posición de confort ante el proceso de enseñanza - aprendizaje, ya que debe abandonar el dictado tradicional, haciendo uso de la disponibilidad de herramientas que, en muchos casos, no solo desconoce porque no forman parte de su entorno habitual, sino que no ha tenido en su historia de aprendizaje, por lo cual no tiene experiencia propia en la cual basar su metodología de trabajo.

En este nuevo contexto, la generación de material que consiga transponer conceptos en el proceso de enseñanza, de manera que motive al sujeto de aprendizaje, y promueva la generación dinámica de un dialogo potencialmente rico en posibilidades de expansión de conocimientos, necesariamente hace uso de tecnología y el docente, apropiándose de esa posibilidad, debe utilizarla en su beneficio, el problema es cómo y si ante la duda, promueve una reticencia a cambiar su estatus inicial, o solo se apropia de cambios mínimos (una proyección en clase, un apunte virtualizado, una referencia bibliográfica). Apropiarse del medio virtual, compartirlo y subirse a un aula con “vida propia” es un desafío.

Para enfrentar el desafío, es necesario reconocer el perfil del estudiante y su faceta virtual, a la que se debe apuntar para encontrar respuestas:

- El estudiante en un entorno virtual, desarrolla la autodisciplina, para lo cual se es útil apelar a la motivación y en especial a la automotivación, el desafío y hasta el juego.
- Tiende a compartir sus logros, se agrupa, se enriquece con la comunicación virtual, debe aparecer la oportunidad.
- Es hábil en el uso de la tecnología, sabe de búsquedas, enciclopedias virtuales, conoce repositorios, los relaciona y leer rápidamente, se debe hallar en ellos lo que le interesa al tratamiento de contenidos.
- Hace uso racional de su tiempo y energía, y busca que le rinda. Deben aparecer caminos ciertos, limpios y bien pensados.
- Comunica sus problemas, se refiere rápidamente con sus necesidades a sus docentes, reclama, hace uso de los canales abiertos, el docente debe estar presente, en especial en espacios tutoriales.

2.3 Interdisciplina

La interdisciplina puede definirse como una estrategia pedagógica que implica la interacción de varias disciplinas, entendida como el diálogo y la colaboración de éstas para lograr la meta de un nuevo conocimiento [8]. De acuerdo con Posada Álvarez [9] la cooperación entre disciplinas conlleva interacciones reales, permitiendo reciprocidad en los intercambios y, en consecuencia un enriquecimiento mutuo entre las partes.

Hablar de trabajo académico integrado, requiere formas de encuentro en equipos, establecimiento de criterios para la integración y desarrollo de ideas respecto a conceptos, temas a ser abordados, prácticas docentes y competencias de los sujetos que intervienen en el proceso. De la misma manera es necesario definir tipos de relaciones entre las disciplinas; tiempos para desarrollar los temas y realización de las actividades y problemas; formas de evaluación.

En relación a lo planteado, Posada Álvarez señala que la docencia en la universidad debe ser ejercida por docentes trabajadores, competentes, conocedores de sus saberes y disciplinas, como también de su trabajo; perceptivos de los cambios sociales e institucionales, con apertura intelectual para aceptar cambios e innovaciones pedagógicas y curriculares, de forma que puedan lograr cumplir con las expectativas de sus estudiantes.

3. Metodología

Las herramientas propias de los campus virtuales, o las que pueden incluirse en ellas, abarcan un gran abanico de dificultad: las hay simples, de escasos problemas, hasta las programables y de dificultad alta. Tampoco es cuestión de inversión, ya que muchas de las herramientas son gratuitas, o las provee la misma aula virtual. No es necesario, entonces, llegar a útiles

programables o a los más caros: simplemente utilizando las básicas con inteligencia, se puede llevar al alumno a conclusiones importantes, es cuestión de buena elección, y buen tratamiento.

La tarea del docente en estos casos es determinar:

- ¿Qué parte de su cátedra bajará al aula virtual?
- ¿Qué temas de esa área enfatizará para resoluciones virtuales, y cuales dejará para desarrollo en clase?
- ¿Con qué objetivos trabajará? ¿Cuáles son los puntos que luego evaluará?

Vencida esta esencial tarea organizativa, el ordenar el espacio virtual se recorta al utilizar correctamente el lenguaje comunicacional, y elegir alguna forma de guiar motivando al alumno hacia los conceptos que se pretenden encontrar o afianzar, y proveer canales de comunicación adecuados. Esta forma del proceder del docente lo convierte en un facilitador del aprendizaje, y a la vez creador de situaciones de aprendizajes que incluyan las nuevas tecnologías [10].

Una vez que se avanza en la propuesta, es necesario rever y evaluar, si se ha incluido información valiosa, ya que los alumnos verificarán esa información que alcanzaron, contra el tiempo que les supuso el uso de la plataforma. La resolución de casos, la relación con otras situaciones de la misma carrera o la práctica laboral, y misma la especialidad aumentan el valor de cada caso expuesto virtualmente.

El tiempo dedicado al diseño, la elección de opciones y contenidos, la forma de presentarlos y guiar el autoaprendizaje, la valoración de cada paso obtenido por sí mismo, ayudando a controlar su propio avance, hará que el reconocimiento de sus habilidades cognitivas tanto en las resoluciones, como el escalamiento de saberes, relación de conceptos, consecución de técnicas, procedimientos, toma de decisiones, etc. encuentren en nuestro espacio virtual, una compañía codiciada... u odiosa [11].

Para un aprendizaje efectivo, y desde el punto de vista del desarrollo cognitivo, las tecnologías habilitan nuevas maneras de aprendizaje, relacionadas con las teorías del constructivismo, demostrando que el proceso es más efectivo si están presentes las cuatro características que intentamos valorizar: compromiso activo, participación grupal, interacción y retroalimentación y conexión con el mundo real.

El curso de capacitación inicial se planificó como destinado a docentes de la FRSN, que tuvieran interés de incorporar en sus cátedras, trabajos sobre plataforma la virtual Moodle que ofrece el Rectorado de la UTN, bajo la denominación de Campus Virtual Global – CVG, con aplicación específica y administración propia para cada Regional.

Durante el curso, se plantearon tres momentos esenciales para que los asistentes pudieran alcanzar los objetivos: en primer lugar, se explicaron las características propias de los participantes de lugares de aprendizaje virtual (en todos los roles), y de los elementos propios de ese tipo de proceso; para poder entender cuál era la meta que se podía alcanzar.

En segundo lugar se presentaron elementos propios de la plataforma, para la presentación de contenidos, actividades y seguimiento. Se revisaron las formas de comunicación, y los canales disponibles para suplantar la presencia del contacto grupal en tiempo y espacio. Finalmente se visualizaron las formas de un plan de seguimiento autoevaluación y calificación-evaluación que se pueden armar y presentar mediante instrumentos virtuales.

En tercer lugar, se revisaron contenidos que se deseaban tratar virtualmente, en especial el recorrido que se esperaba que el alumno trazara y los objetivos a cumplir, para diseñar un espacio completo con un tema tratado en introducción, contenido, actividades y evaluación.

El tratamiento de los temas mencionados fue acotado a lo que puede ser aplicado a una cátedra universitaria que busca una herramienta de apoyo al alumno, para desarrollar uno o varios temas (generalmente prácticos, con elementos teóricos ya presentados y trabajados o no).

Se hicieron desarrollos mediante ejemplos, y se aplicaron en forma colaborativa mediante trabajos interdisciplinarios, ya que los grupos estaban compuestos de docentes de diferentes niveles, disciplinas y carreras.

De este ámbito surge el presente trabajo conjunto, creado dentro del curso, y puesto en funcionamiento por uno de los grupos asistentes. El trabajo está siendo utilizado en cátedras del primer nivel de ingeniería, para verificar resultados, y en base a ellos, elaborar material para extender la experiencia a nuevas áreas.

4. Resultados y Discusión

La plataforma Moodle brinda la posibilidades de diseñar un aula integrada, un aula que promueva el trabajo colaborativo entre docentes de una asignatura o varias asignaturas. En esta oportunidad se presenta el caso del aula virtual en la cual han participado en su confección docentes de Análisis Matemático I – AMI, Química e Informática.

A lo largo del curso de capacitación se fue diseñando el aula virtual con el propósito de ser utilizada como prueba piloto por los docentes participantes, junto a sus estudiantes, en el año 2016 con la posibilidad de mejorarla, ampliarla y continuar su utilización en años venideros.

En primer lugar fueron consensuadas las imágenes que podrían captar la atención visual de los estudiantes de cada asignatura y para ello, como se ve en la Figura 1, se diseñó la presentación del aula virtual de AMI la cual está dirigida, en esta primera experiencia a los estudiantes de primer año de las especialidades de Eléctrica y Metalurgia.



Figura 1. Presentación del aula virtual de AMI

Fuente: Elaboración propia

En esta primera etapa, el aula está centrada en la Unidad Didáctica [12]: *Funciones Escalares*. El tema en cuestión brinda herramientas necesarias para trabajar las *Leyes de los Gases*, tema de relevancia para la asignatura Química General. Además se requiere, por parte de los docentes, el manejo de software específicos que posibilitan llevar a cabo representaciones dinámicas en el plano y en el espacio, y sus interpretaciones según el contenido abordado, y para ello brinda su colaboración la docente de Informática.

La posibilidad de articular Química con AMI permite a los alumnos recuperar el material de lectura del tema Funciones, necesario para la asociación entre las leyes de los gases, su expresión matemática, su representación gráfica y el desplazamiento de las mismas al modificar ciertas variables (presión, temperatura, número de moles). El uso de la plataforma permite tener en un mismo espacio los contenidos de ambas asignaturas, lo cual le facilitaría al alumno la complementación de los conceptos. En la Figura 2 puede verse la pantalla de inicio de la presentación de Química en el aula virtual.

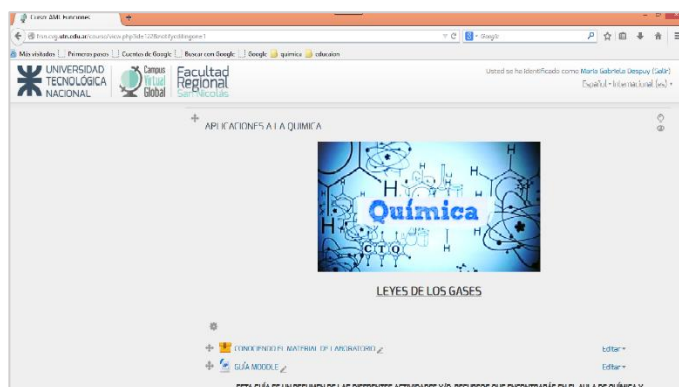


Figura 2. Presentación de Química en el aula virtual.
Fuente: Elaboración propia

El diseño del aula es fundamental, como se ha mencionado, porque debe captar la atención de cada estudiante y brindarle material necesario para afianzar los conceptos trabajados en la presencialidad. En esta oportunidad ha sido pensada en forma consensuada por los integrantes del equipo de trabajo, con el asesoramiento técnico permanente de la docente de Informática. La secuencia didáctica ha llevado a reevaluar las estrategias de enseñanza de cada docente participante y la forma más adecuada para presentar este espacio virtual a los estudiantes como complemento a la presencialidad de cada asignatura.

Una vez presentado el espacio virtual y las asignaturas que intervienen, a continuación se puede ver que el aula cuenta con material de consulta sobre el contenido abordado en cada asignatura, actividades de comprensión, de revisión y de evaluación, las cuales permiten enriquecer la propuesta que realiza cada profesor en las clases presenciales.

En la Figura 3 se muestra una actividad de AMI en la cual el alumno debe utilizar el software GeoGebra para llevar a cabo el análisis y representación gráfica de funciones escalares.

Función Potencial
Trabajo Práctico en GeoGebra

Trabaja con el utilitario GeoGebra y contestá las siguientes preguntas

TRABAJO PRÁCTICO FUNCIONES POTENCIALES	Todas las preguntas
Utilizá los gráficos interactivos de GeoGebra que hemos preparado para experimentar con varias funciones escalares. Los deslizadores te permitirán elegir los principales parámetros de las curvas a fin de poder contestar las preguntas adjuntas. El puntaje te indicará tu nivel de interpretación de los conceptos estudiados hasta ahora. Cada pregunta tendrá el máximo porcentaje de evaluación si es contestada correctamente de primera intención. El valor de evaluación disminuye si respondes correctamente en tu segundo intento. Un tercer intento no se evalúa.	<p><= 3 / 6 >=</p> <p>Grafique $f(x) = x^4$</p> <p>Indique si la función es simétrica respecto del:</p> <p>A. ? origen de coordenadas</p> <p>B. ? eje de las x</p> <p>C. ? eje de las y</p>

Figura 3. Actividad de AMI en el aula virtual
Fuente: Elaboración propia

El alumno cuenta con manual de uso y tutorial con el propósito de trabajar en forma individual o en grupo, brindando la posibilidad de utilizar dicho recurso en Química en el caso de necesitar realizar representaciones dinámicas de fenómenos químicos.

Para realizar revisión del contenido se proponen actividades individuales, como puede verse en la Figura 4, en las cuales se pide dar respuesta a interrogantes a partir de la visualización de gráficas.

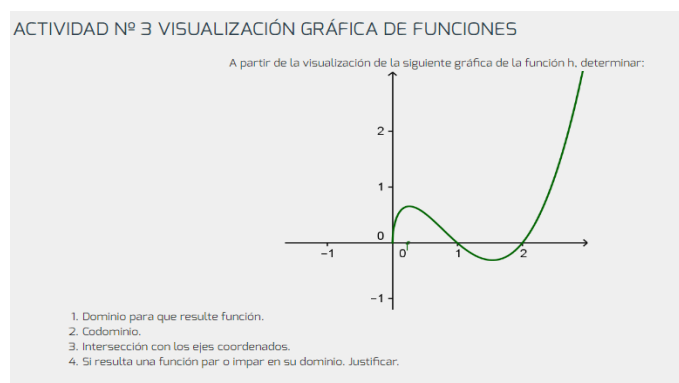


Figura 4. Actividad de revisión
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la secuenciación del espacio virtual y con el aporte de la docente de Química, en la Figura 5 se muestra una actividad de la asignatura en la cual, usando el recurso carpeta de la plataforma, se les presentan a los alumnos los enunciados, expresión matemática y gráficas de las Leyes de los Gases. Con el apoyo del tema Funciones, es deseable que los alumnos puedan predecir el comportamiento de los gases cuando se alteran ciertas variables, para lo cual se les solicita que resuelvan los problemas adjuntos. La observación de las gráficas permitiría ver las relaciones entre las magnitudes que caracterizan a los gases.

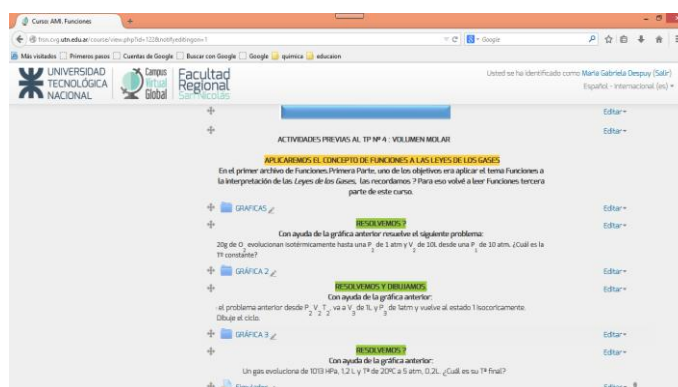


Figura 5. Actividades de Química que articulan con AMI
Fuente: Elaboración propia

Como puede verse en la Figura 6, para realizar la revisión del contenido se propone un Trabajo Práctico Experimental – TPE, el mismo se realiza en grupo en el laboratorio de Química, donde los alumnos deben tabular los datos obtenidos durante la experiencia, realizar la gráfica y aportar la conclusión correspondiente. Es también, en esta instancia, donde se

impone la necesidad del conocimiento del tema Funciones, dado que de la relación entre las variables que midan los alumnos durante el TPE surgirán las gráficas (hipérbola equilátera o recta) correspondientes a funciones lineales e hiperbólicas que representan a las leyes de los gases en estudio.

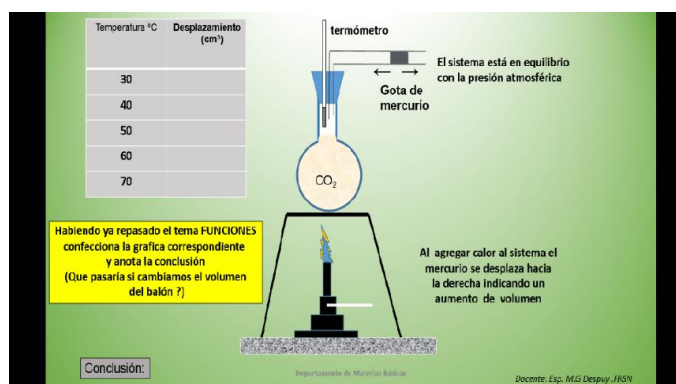


Figura 6. Actividad de revisión de Química que articulan con AMI

Fuente: Elaboración propia

La experiencia de compartir una misma aula virtual significó la posibilidad de generar distintas actividades de integración de conocimientos entre AMI, Química e Informática, lo que llevó a buscar aplicaciones diseñadas que sincronicen saberes comunes y resalten conceptos en un área según su afinidad con lo desarrollado en otras.

Cuando se decide aplicar, como en esta oportunidad, un soporte tecnológico se debe tener bien claro el objetivo de la enseñanza particular que se intenta conseguir y no convertir el uso de la aplicación en el objetivo central, evitando que las aplicaciones disponibles se impongan sobre las propias finalidades de la enseñanza de un tema curricular o a las estrategias didácticas que elegimos aplicar. En la actualidad se tiende a la convergencia y no al desplazamiento, es decir a la fusión de las tecnologías con las metodologías tradicionales.

5. Conclusiones y recomendaciones

La formación docente en el uso de aulas virtuales trae aparejada ventajas metodológicas notables por el aprovechamiento de los recursos existentes que, de otra manera pueden ser desaprovechados. La disponibilidad de contenidos variados, discutibles y valiosos que pueden ser trabajados con elementos de comunicación bidireccional; el uso de simuladores en sitio, en PCs propias, o en laboratorio, con diferencia de ambientes y posibilidad de autoevaluación y colaboración en la creación de respuestas; y finalmente la construcción conceptual guiada a través de las retroalimentaciones del docente, ponen de manifiesto la riqueza a que es posible arribar cuando un aula virtual es utilizada con objetivos concisos y contenidos precisos.

En consecuencia, la presencia de elementos interdisciplinarios en el tratamiento de un tema específico, que motiva al alumno con herramientas virtuales, lo guía en el descubrimiento de sus respuestas, y lo entusiasma con sus descubrimientos, no hace más que presentarle al docente, mediante un aula virtual, un instrumento nuevo que necesita y debe manejar.

Por estas razones, la generación de sitios virtuales tal como el presente, interdisciplinario, puntual sobre un tema, concreto y auto evaluable, es una oportunidad provechosa que en breve, se planea expandir a otras áreas.

La reflexión sobre la enseñanza más que la normativa debe ayudar al docente a superar viejos esquemas académicos que predominan desde hace siglos en la Universidad. La inclusión de

nuevas tecnologías es una oportunidad para efectuar estas reflexiones. Aparte del equipamiento en las instituciones hay que atender a la calidad y a lo que los estudiantes esperan encontrar con el uso del soporte tecnológico. Este debe funcionar como una ventana de oportunidad para la superación del paradigma pedagógico tradicional hacia nuevas maneras de enseñar y aprender.

Los recursos que brinda la tecnología requieren formación previa de los docentes en el uso adecuado y pertinente. En algunos casos, la escasa preparación de los docentes para el diseño pedagógico de nuevo tipo da lugar a situaciones donde, si bien los alumnos se apropian activamente de la tecnología, el resultado tiene escaso valor pedagógico

El grupo de docentes que intervino en este trabajo se ha focalizado en la organización de recursos didácticos que incorporen nuevas tecnologías de manera que se apunte a mejorar la calidad de la enseñanza del docente y la calidad de aprendizaje en los alumnos de Ingeniería en sus años iniciales.

Si se pretende que los estudiantes accedan al potencial que esta herramienta brinda, hay que tener presente que su uso no garantiza que se modifiquen los modos de enseñar y aprender, sin embargo, una forma de generar cambios es encuadrar su uso dentro de un proceso de innovación pedagógica que les dé sentido.

6. Referencias

- [1] CUKIERMAN, U., ROZENHAUZ, J. y SANTÁNGELO, H. (2009). *Tecnología Educativa. Recursos, modelos y metodologías*. Bs. As.: Prentice Hall - Pearson Education.
- [2] ACHILLI, E.L. (2006). *Investigación y formación docente*. Rosario: Editorial Laborde.
- [3] SÁNCHEZ, J.N. (2008). *Comunicación y construcción del conocimiento en el nuevo espacio tecnológico*, *Revista de la Universidad y sociedad del Conocimiento*, vol. 5, nº 2, pp. 2-3.
- [4] PACINI, C; DOMINIGHINI, A.; MANSILLA, G. (2016): *Formación del profesorado para ingenieros y su impacto sobre estrategias de enseñanza de ingeniería*. Décimo Congreso Internacional de Educación Superior: Universidad 2016. Ministerio de Educación Superior y Universidades Cubanas.
- [5] CÁCERES, M. (2010). *¿Qué es una plataforma MOODLE?* Available: http://www.redes-cepalcala.org/plataforma/file.php/1/manual_plataforma_cep_alcala.pdf. [Último acceso: 20 Mayo 2016].
- [6] VALENZUELA PINEDA, A.E. (2006). *Apuntes para una Educación Semipresencial. Módulo 7*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- [7] MULLER, W. y GARCIA, Y. (2011). *La intencionalidad pedagógica y la construcción de ambientes de aprendizaje colaborativos con uso de TIC*. In: MALPICA, A. y DUGARTE DE VILLEGAS, A. (2014). *Semipresencialidad en educación universitaria. Una experiencia en postgrados*. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, vol. 8, nº 2, pp. 127-140.
- [8] VAN DEL LINDE, G. (2007). *¿Por qué es importante la interdisciplinariedad en la educación superior?*, *Cuadernos de Pedagogía Universitaria*, vol. 4, nº 8, pp. 11-13.

- [9] POSADA ÁLVAREZ, R. (2004). *Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante*. [En línea]. Available: http://rieoei.org/edu_sup22.htm. [Último acceso: 22 Mayo 2016].
- [10] DELLEPIANE, P. (2014). *Reflexiones sobre el rol docente en los nuevos ambientes mediados por TIC en enseñanza superior*. [En línea]. Available: <http://blogcued.blogspot.com.ar/2014/05/reflexiones-sobre-el-rol-docente-en-los.html>. [Último acceso: 22 Mayo 2016].
- [11] GONZÁLEZ DÍAZ, R.A. (1999). *Educación superior virtual y nuevos materiales para la enseñanza*. Colección Pedagógica Universitaria, n° 32 - 33, pp. 183 – 195.
- [12] IBÁÑEZ, G. (1992). *Planificación de unidades didácticas: una propuesta de formalización en Aula*, n°1, Abril, 13-15.

SIMULACIONES EN LA ENSEÑANZA DE CONTROL DE PROCESOS MEDIANTE SOFTWARE LIBRE.

Enrique Sergio Burgos, U.T.N. Reg. Paraná, sergioburgos@frp.utn.edu.ar
Omar Enrique Berardi, U.T.N. Reg. Paraná, oberardi@gigared.com
Sebastián Martín Vicario, U.T.N. Reg. Paraná, sebastian_vicario@hotmail.com
Francisco Alberto Sala, U.T.N. Reg. Paraná, franciscosala@frp.utn.edu.ar
Héctor Ramos, U.T.N. Reg. Paraná, hectorramos@frp.utn.edu.ar
Sergio Héctor Pañoni, U.T.N. Reg. Paraná, sergiohectorpanoni@yahoo.com.ar
Fernando Sato, U.T.N. Reg. Paraná, fsato@frp.utn.edu.ar
Eduardo Adam, U.N.L. Facultad de Ing. Química, eduardoadam@fiq.unl.edu.ar

Resumen— Se presenta en este trabajo los avances realizados en el desarrollo de un proyecto de investigación que tiene como objetivo construir emuladores de procesos industriales a escala de laboratorio utilizando software libre con fines educativos. El proyecto tiene como eje el uso del software Octave como plataforma de cálculo para problemas de ingeniería y en este trabajo se presenta un software que, en estado beta, permite el desarrollo de interfaces gráficas nativas de Octave para mejorar la experiencia de los alumnos al utilizar el sistema en trabajos prácticos de simulación y laboratorio. La bondad de la herramienta presentada reside en que es un desarrollo general, para distintos sistemas de control.

La presentación está orientada a mostrar el camino recorrido para la implementación de otros sistemas utilizando el software desarrollado, extendiendo de este modo la potencialidad de Octave con fines educativos independientemente del sistema operativo (Windows, Linux, Android, OSX).

Palabras clave—*simulación, software libre, interfaces gráficas, procesos industriales.*

1. Introducción

El uso de herramientas de simulación en educación es un tópico ampliamente discutido y aceptado como una manera de realizar prácticas en diferentes temáticas. Sin embargo, en muchos casos, mediante el uso de las herramientas de simulación no se logra reproducir con exactitud resultados experimentales asociados a problemas de saturación, límites de energía de señales, entre otros, si no son estrictamente contemplados en su formulación original. Esta visión es la que nos ha impulsado en el desarrollo de un proyecto de investigación que tiene como objetivo realizar hardware que permita emular el comportamiento de procesos industriales y estudiar sobre ellos diferentes aspectos que tienen que ver con la implementación del hardware y software asociado, así como su comportamiento dinámico no lineal [1].

El objetivo del proyecto es lograr diferentes piezas de software y hardware que permitan a los alumnos interactuar a alto nivel, tratando temas que se relacionan con la enseñanza de grado de sistemas de control en carreras de ingeniería. Así, de acuerdo con el avance del proceso cognitivo individual del estudiante; éste podrá profundizar sobre los diferentes elementos que componen la implementación, integrando conocimientos de otras áreas.

En lo que a hardware respecta, el sistema cuenta con tres etapas: medición, control de potencia y control central utilizando un microcontrolador. Estas etapas se están desarrollando con modelos de diseño de hardware y software abiertos.

Como base para el desarrollo de software se utilizó Octave [2], herramienta de software libre, que a través de un lenguaje *script* permite realizar operaciones de cálculo y cuenta con un paquete con funciones específicas del área de Control [3]. Por tal razón Octave, constituye entonces la pieza central de software secundada por las herramientas de desarrollo (también abierto) utilizada para la programación de los módulos de control de potencia y control central.

Es de destacar que Octave es una herramienta consolidada que, si bien nació en entornos Linux, hoy puede encontrarse disponible para diferentes entornos y sistemas operativos (Microsoft Windows, Android y OSX).

Por diferentes motivos que tienen que ver con la evolución de su desarrollo, no contaba con una interfaz gráfica nativa. Este hecho, junto a la necesidad de aprender un nuevo lenguaje, constituía una barrera para quienes dan sus primeros pasos en aplicaciones de control, no por la complejidad del lenguaje que utiliza este entorno, sino porque el tiempo que demanda al estudiante alcanzar un conocimiento exhaustivo de un nuevo lenguaje, corriendo el foco de los temas propios de una asignatura relacionada a sistemas de control. Esto ha motivado trabajos anteriores [4], [5] que utilizaban una interfaz de comunicación que permitían desarrollar una interfaz gráfica utilizando las librerías Qt [6] y vinculaban Octave con una interfaz gráfica. Si bien esto cumplía con la tarea de acercar al alumno al entorno de Octave, tenía dos limitaciones fundamentales. Por un lado, utilizaba un mecanismo de comunicación entre procesos propio del sistema operativo Linux, lo que hacía que no pudiera ser utilizado en el sistema operativo Microsoft Windows®. Por otro, debido a que se realizaba el paso de valores utilizando la entrada-salida estándar de las aplicaciones, la precisión, representación y tipos de valores a utilizar se veía limitada debido a que los datos debían ser convertidos a caracteres para poder ser enviados entre las aplicaciones.

Como evolución de los trabajos anteriores ([4], [5]) y como pieza fundamental del sistema de emulación que se está desarrollando se replanteó el sistema utilizado buscando alternativas que permitan lograr una interfaz gráfica nativa desde el punto de vista del lenguaje *script* de Octave.

A partir de la versión 4.0 (publicada en mayo del 2015) Octave incorpora nativamente una interfaz gráfica basada en Qt. Esto posibilitó el uso de controles gráficos incrustados en figuras, pero sin embargo no contaba con un editor que permita lograr una interfaz gráfica que se ajuste al diseño esperado por el desarrollador. Esta es la necesidad que observamos y cuya solución presentamos aquí, un editor WYSIWYG (de su anacronismo en idioma inglés, *What you see is what you get* – lo que usted ve es lo que tendrá) que permite lograr interfaces gráficas y que actúen como *front end* para aplicaciones académicas.

El trabajo contiene las siguientes partes: en la Sección 2 se presenta una descripción de las características generales del editor de desarrollo, comentando brevemente el modelo de objetos utilizados. Posteriormente, en la Sección 3 se muestran ejemplos de aplicación y finalmente en la Sección 4, se presentan las conclusiones sobre el avance realizado junto con los caminos que se están evaluando para continuar este desarrollo.

2. El editor de interfaces gráficas

En la figura 1 se muestra el aspecto del editor gráfico de interfaces que, si bien aún se encuentra en desarrollo, ya constituye una aplicación funcional.

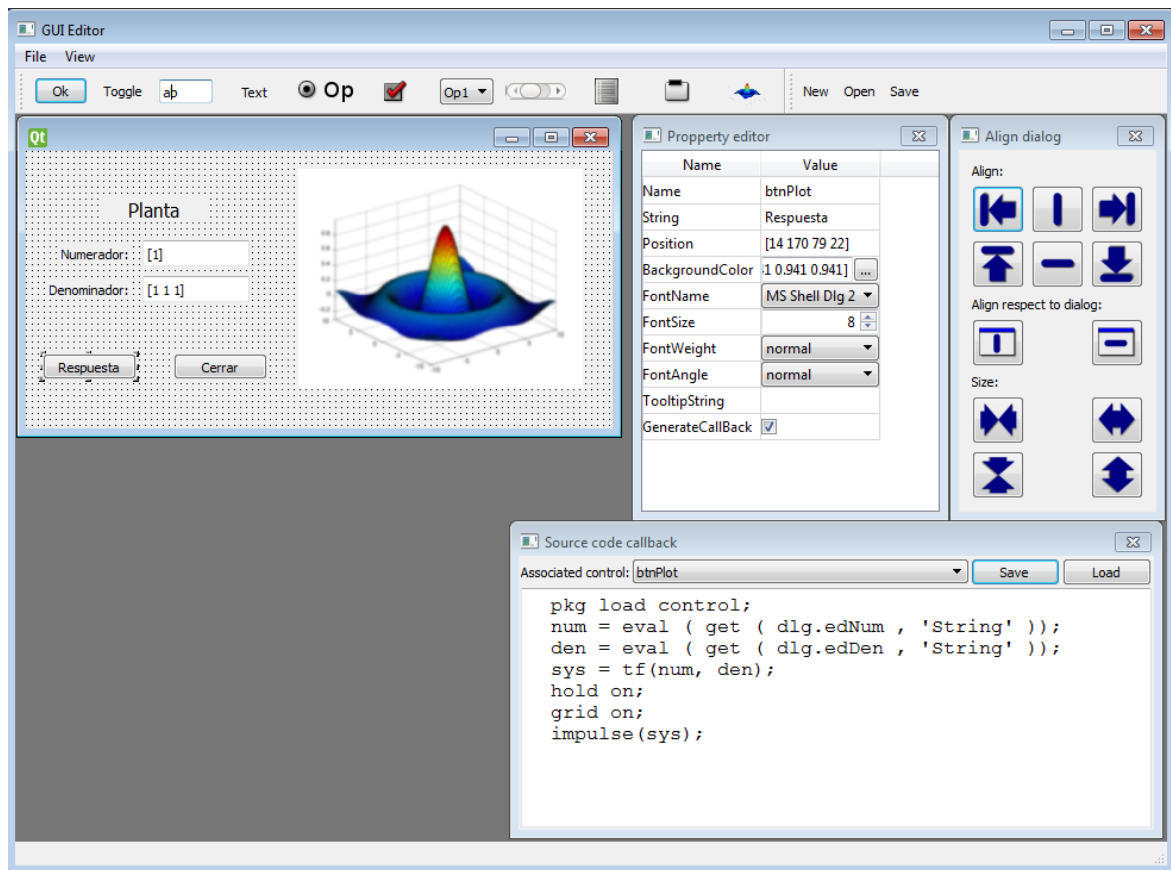


Figura 1. Aspecto del editor de interfaces gráficas.

2.1 Descripción general

La aplicación GUI Editor, ha sido creada utilizando el entorno de desarrollo y las librerías Qt versión 5.5.1 pero guardando compatibilidad con la versión 4.8 debido a que muchos entornos Linux utilizan aún esta versión.

Como puede observarse, la interfaz presenta un conjunto de controles que han sido elegidos para guardar correspondencia con los representables a través de la función `uicontrol` disponible en Octave. La única excepción a los controles clásicos disponibles en los entornos de desarrollo de escritorio la constituye el control `axis` que permite la representación de gráficas dentro de una ventana particular. Esto, que en principio puede parecer un hecho menor, no lo es, ya que permite personalizar la forma de representación de gráficas, su superposición y posterior exportación a formatos de imágenes clásicos.

Cada proyecto desarrollado con esta herramienta tiene como elemento central una ventana principal, que puede ser utilizada como base para la construcción de una figura representable desde Octave. Sobre ésta es posible disponer los controles deseados de manera de permitir al usuario interactuar de diferentes modos. En la versión que actualmente se está desarrollando, cada control tiene asociado un único evento que se corresponde con la acción predeterminada para éste. Así y a modo de ejemplo, el evento predeterminado para un botón es hacer *click* sobre

el mismo o para un cuadro de selección combinada (*Combo Box*) seleccionar un elemento de la lista. Este comportamiento ha sido una decisión de diseño tomada con el objetivo de lograr más rápidamente una aplicación funcional, ya que cada control cuenta con un conjunto adicional de eventos a los que podría responder.

El conjunto de órdenes a ejecutar asociado a un evento predeterminado puede ser cargado a través de una ventana destinada para tal fin. De este modo se logra asociar un fragmento de código de Octave a una acción particular a través de una función *callback* que será generada en una etapa posterior.

Además la aplicación cuenta con dos ventanas adicionales. Por un lado la ventana de opciones de alineación (*Align Dialog*) que permite establecer la ubicación de los controles de modo simple y la otra más importante de todas, es la responsable de permitir configurar para cada control y/o ventana las opciones de representación (*Property Editor*). Un detalle particularmente conveniente es que debido a que Octave utiliza las bibliotecas Qt para representar controles, al fijar los diferentes valores en las propiedades de un control se logra observar su efecto tal como serán visto al momento de ser ejecutados.

El editor de propiedades, además de establecer los diferentes valores para los atributos de los controles, permite también indicar a través de una propiedad qué control generará una función de *callback* asociada a su evento predeterminado. De este modo es posible establecer que controles serán los responsables de ejecutar fragmentos de código como respuesta a la elección del usuario y cuáles se utilizarán solo para la carga de valores.

Cada proyecto necesariamente está asociado a una única ventana y el documento que lo representa almacena todas las características del mismo en un formato que el editor puede interpretar. Más allá de esto, es posible trabajar con múltiples ventanas de forma simultánea desde el editor de interfaces, constituyendo cada una un documento diferente. Así mismo es posible que una ventana contenga rutinas de código en Octave que hagan visibles a otras ventanas. Con lo que se permite realizar interfaces gráficas tan complejas como se desee.

El documento que representa cada proyecto ha sido descrito utilizando un archivo xml en favor de lograr generalidad, pero el formato de almacenamiento no puede ser interpretado directamente en Octave. Para esto el proyecto debe ser exportado en una carpeta donde se genera la estructura de archivos script que realizan la representación y comportamiento deseado. La ventana principal constituye un script y por defecto el nombre de éste es asignado a la ventana precedida por "show_". Al ejecutarse se construye una figura con los controles y sus propiedades establecidas desde el editor (figura 2). Luego de construida la figura se vincula cada control con su función de *callback* correspondiente, la cual es implementada en un archivo *script* de modo automático.

Un detalle que a primera vista puede no ser observado es la necesidad de vincular los diferentes controles de modo que puedan ser accedidos desde las funciones de *callback*. Esto en si constituye un problema ya que el espacio de definición de los controles es una función diferente de las funciones de *callback*. Para resolver esto, luego de creados todos los controles y en el archivo del *script* principal se crea una estructura cuyos campos se corresponden con los nombres de los controles dispuestos sobre la ventana y sus valores son las referencias a aquellos que fueron creados. Luego esta estructura inicializada es dada como argumento a cada una de las funciones de *callback*. De este modo indirecto, cada función de *callback* puede acceder a cualquier control dispuesto sobre la ventana.

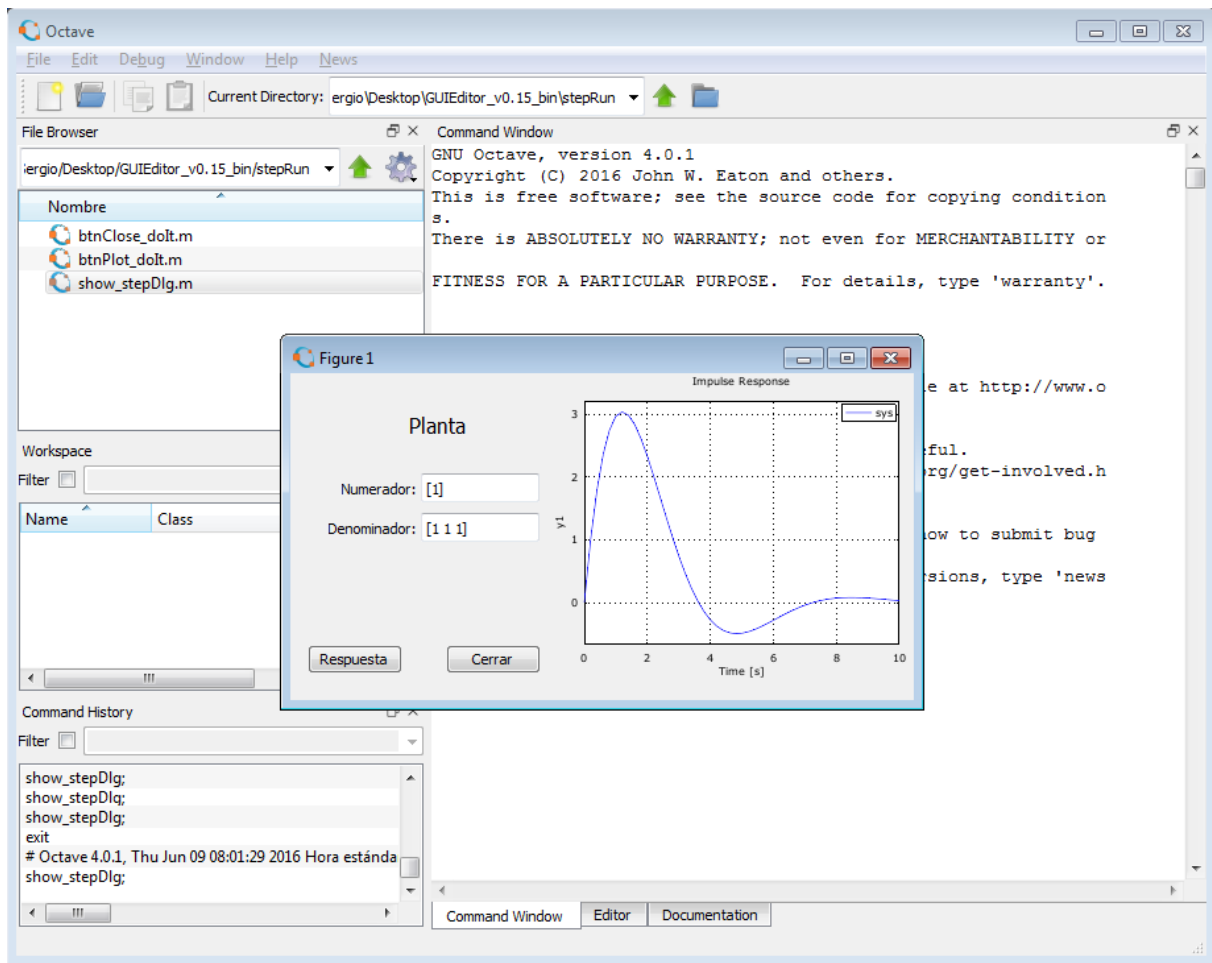


Figura 2. Simulación de la respuesta al impulso.

2.2 Estructura interna de la aplicación

La aplicación ha sido desarrollada haciendo un uso intenso de programación orientada a objetos y polimorfismo. Si bien se utilizaron los objetos existentes en la librería Qt para la representación de los controles, fue necesario utilizar una jerarquía diferente de la brindada por esta librería. Con el diseño utilizado, se logró representar los controles junto a sus atributos, de modo que la generación del código script para Octave pueda ser realizada manteniendo la misma representación.

La estructura de la aplicación es compleja y solo mencionaremos algunos detalles significativos por motivos de extensión. En lo que respecta a la jerarquía que representa los controles, se parte de un control abstracto que guarda una referencia (relación de agregación) a un control concreto de la librería como un atributo de tipo `QWidget` como puede observarse esquemáticamente en la figura 3.

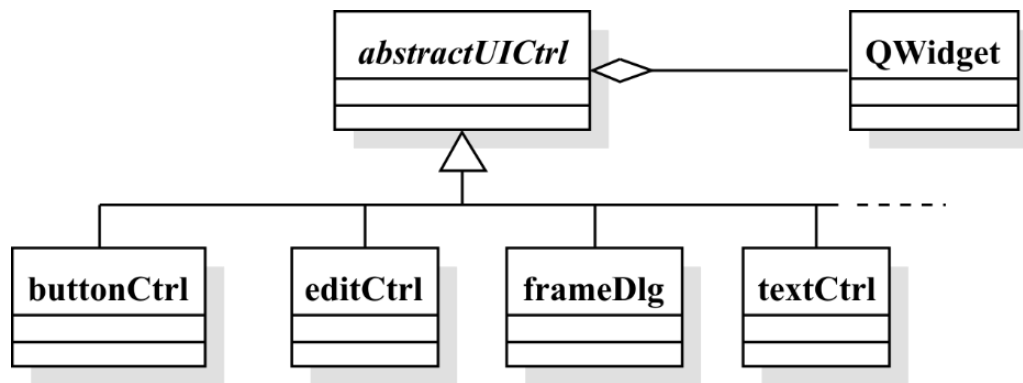


Figura 3. Esquema de la estructura jerárquica de los controles.

Los atributos asociados a cada control, por su parte, son representados como otra jerarquía teniendo a la clase abstracta `abstractProperty` como clase base. Cada una de sus clases derivadas representa un atributo particular de un control y es responsable de generar el código *script* de Octave asociado para lograr su correspondencia en tiempo de ejecución. De este modo, la clase base de la jerarquía de los controles (`abstractUICtrl`) contiene una lista de propiedades abstractas (`QList`) que se carga con objetos que representan las propiedades aplicables a cada control. Esta vinculación se da en el constructor de cada control concreto.

Además de ser responsables de generar el código necesario para lograr la representación adecuada de cada control, la clase `abstractProperty` incorpora el nombre de la propiedad, un método para validar el valor establecido y un control que debe ser utilizado en el editor de propiedades para modificar el valor de la misma. El valor retornado por defecto como control para la edición es un control `QLineEdit` pero puede lograrse el uso de un control de otro tipo sobrescribiendo los métodos de modo conveniente. Así se logra que el editor de propiedades pueda utilizar diferentes controles en función del tipo de propiedad a utilizar, inclusive hacer aparecer nuevas ventanas como en el caso de la selección de colores o edición de los ítems presentes en un cuadro de lista.

En lo que respecta a la persistencia de los objetos a través del documento que representa el proyecto se gestiona a través de la clase `storageManager` la cual, a través de un conjunto de métodos estáticos, es responsable de generar una representación xml para cada uno de los controles en función del valor de sus atributos al momento de almacenarlos. Por otro lado y con el fin de reconstituir los controles desde un archivo, mantiene una colección estática de objetos capaces de generar, para un tipo de control y a partir de una cadena xml que contiene una representación de sus propiedades, el objeto correspondiente. La forma de la implementación lograda presenta como ventaja que si no se tienen todos los valores de los atributos de un control particular, el objeto que representa la propiedad se inicializa con los valores por defecto del control según su definición en las librerías Qt. Por otro lado si no se encuentra una clase generadora para un tipo de control particular su cadena de descripción es descartada. Todo esto logra compatibilidad con diferentes versiones, ya que si una parte de un archivo de proyecto no es reconocida esta es descartada ya que no se tiene un generador asociado y el resto del proyecto puede ser cargado sin inconvenientes.

3. Ejemplo de Aplicación

Con el objetivo de crear iteraciones durante el proceso de desarrollo del editor se comenzó a realizar pequeñas aplicaciones para ser utilizadas durante las clases de la cátedra de Sistemas de Control perteneciente a la carrera de Ingeniería en Electrónica en la U.T.N. Reg. Paraná. Los objetivos de estas aplicaciones fueron, analizar los cambios que serían convenientes realizar en el editor de interfaces y evaluar el impacto del uso de simuladores, basados en Octave, en los alumnos durante el desarrollo de las clases.

Las aplicaciones que mostraron mayor utilidad son las presentadas en las figuras 4 y 5, que si bien son básicas, estas permiten analizar la respuesta de plantas de primer y segundo orden a estímulos de tipo escalón, impulso y rampa, posibilitando al estudiante comparar resultados presentados en libros de texto clásicos de control ([1], [7], [8]).

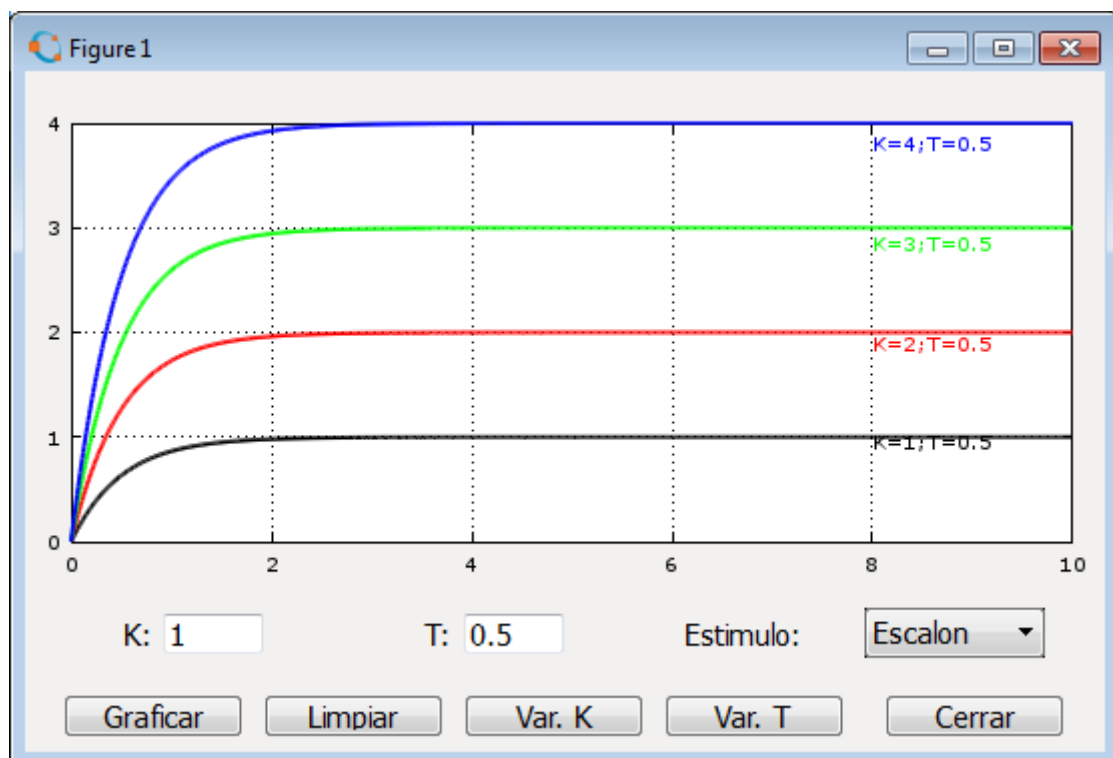


Figura 4. Simulador de sistemas de primer orden.

Un detalle muy útil en estos simuladores de sistemas lineales es el hecho de poder superponer gráficas para diferentes valores de ganancia y de la constante de tiempo de la planta (botones Var. K y Var. T), logrando analizar de modo rápido el efecto que producen estas modificaciones.

Desde el punto de vista de los alumnos, la interacción con este tipo de aplicaciones le permite notar fácilmente el efecto de la modificación de sus parámetros.

Por otro lado, debido a que Octave incorpora un editor, se pudo revisar rápidamente el código ejecutado en cada caso lo que constituyó una introducción al lenguaje *script* que da soporte a los resultados presentados de modo gráfico.

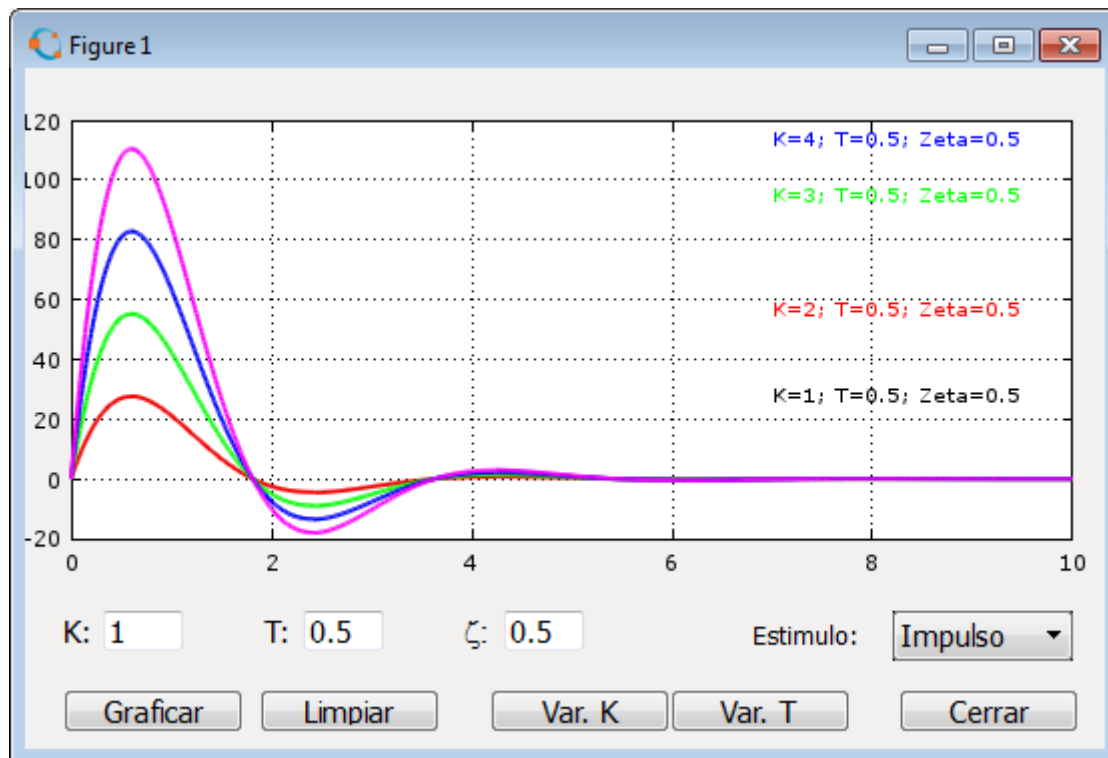


Figura 5. Simulador de sistemas de segundo orden.

4. Conclusiones y trabajos futuros

La herramienta aquí presentada y el proyecto de investigación y desarrollo que le ha dado origen se encuentran en etapa de desarrollo y se prevé seguir trabajando en ambos hasta el año próximo ya que los resultados que se están observando son muy alentadores. Esta conclusión se basa en la experiencia que se está logrando entre los docentes y aquellos alumnos que han participado en el uso de las herramientas aquí presentadas.

Como valor agregado de todas ellas, se destaca el bajo consumo de recursos computacionales (hardware y software) que presentan estas aplicaciones frente a sus equivalentes comerciales, las que usualmente demandan mayores recursos. La evolución en esta línea de desarrollo espera crear una alternativa económica para resolver problemas simples con hardware de bajo costo. Por tal motivo, comparar este desarrollo con equivalentes comerciales no es aplicable.

Otro factor interesante considerado durante el desarrollo de esta aplicación es la compatibilidad que mantiene Octave, con herramientas similares como Matlab. Como resultado de esto, el código generado por el editor de interfaces es compatible con esta herramienta (figura 6), a tal punto que es posible lograr que una misma aplicación se ejecute en cualquiera de los dos entornos siempre y cuando la codificación de la misma atienda a la compatibilidad.

Las líneas de trabajo futuro dependen en parte de la evolución que se produzca en Octave ya que algunas características de algunos controles gráficos no han sido desarrolladas en su totalidad. Más allá de esto, las experiencias realizadas marcan un camino a seguir.

Una funcionalidad que se ha mostrado como necesaria es la posibilidad de ejecutar el código generado por el editor de interfaces desde la misma aplicación sin necesidad de realizar la exportación del proyecto. En este momento esta es una de las funcionalidades que se está analizando para desarrollar.

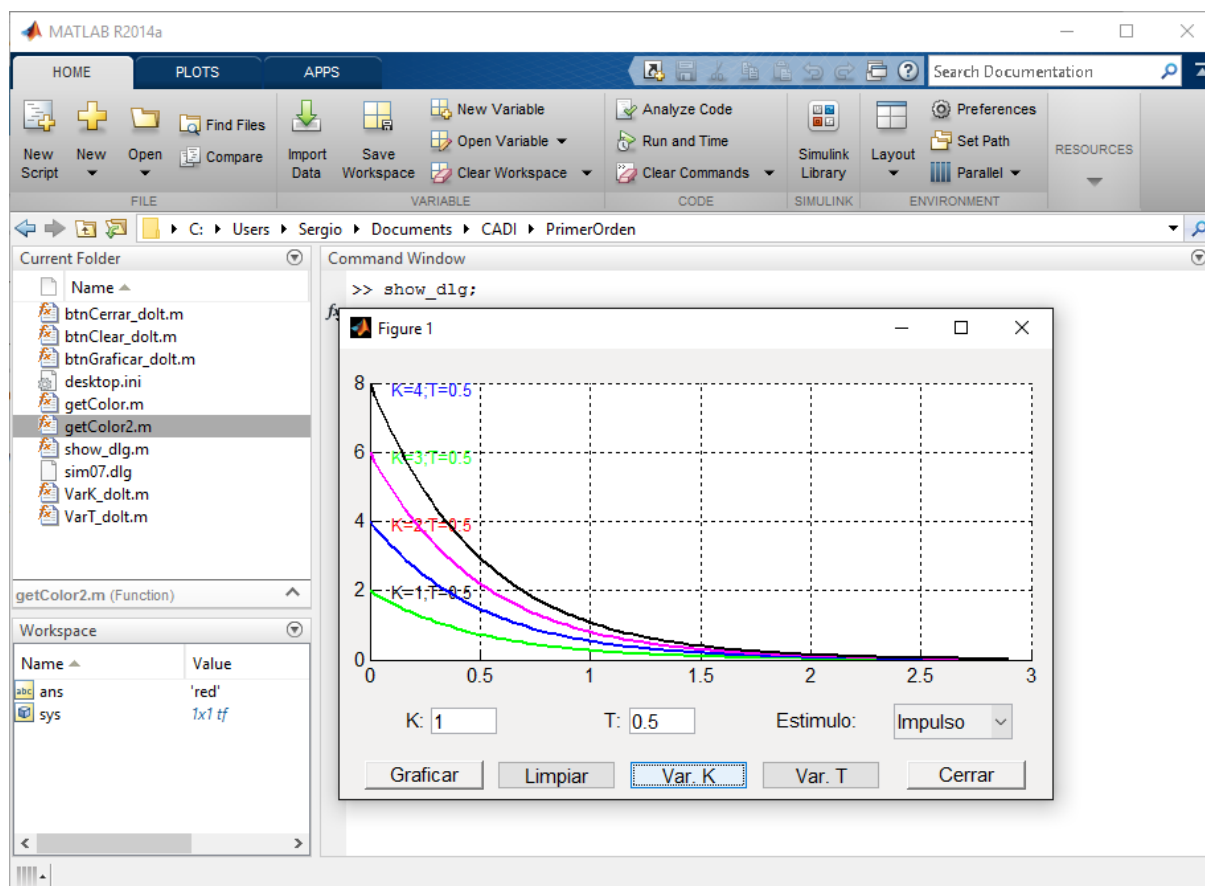


Figura 6. Ejemplo de compatibilidad de las interfaces con Matlab.

Otro elemento que se está considerando es la posibilidad de incorporar al editor de código fuente la capacidad de realizar resaltado de sintaxis así como el auto completado de expresiones. Estas funcionalidades se esperan lograr en versiones futuras a partir de incorporar la biblioteca *scintilla* [9].

En relación al proyecto original se está trabajando en el desarrollo de componentes no visuales que permitan la configuración simple de aspectos de la aplicación que de otro modo pueden resultar complejos en su configuración. Específicamente se está trabajando en el desarrollo de componentes con las funcionalidades aportadas por el paquete de instrumentación y control [10].

En el marco del proyecto esto permitirá la conexión con el hardware de emulación, a fin de manipular una maqueta de laboratorio, la obtención de datos para la generación de modelos matemáticos de la planta y la evaluación e incorporación de controladores clásicos como P, PI o PID que resultan ser muy utilizados en la industria.

5. Referencias

- [1] ADAM, E. J. (2014). *Instrumentación y Control de Procesos. Notas de Clases 2da edición*. Santa Fe: Ediciones UNL.
- [2] EATON, J. W., BATEMAN D., HAUBERG, S. (2008) *GNU Octave Manual Version 3*. United Kingdom: Network Theory Limited.

- [3] REICHLIN, L. (2015). *Control Package for GNU Octave*. URL: <http://octave.sourceforge.net/control/> consultada 10/06/2016
- [4] ADAM, Eduardo J. y BURGOS, E. Sergio (2012). Aplicación de las librerías Qt en el desarrollo de un toolbox de sistemas de control lineal para la enseñanza en Ingeniería. *Semana del Control Automático - XXIII Congreso Argentino de Control Automático (AADECA 2012)*
- [5] ADAM, Eduardo J. y BURGOS, E. Sergio (2013). Desarrollo de Interfaces Gráficas y Simuladores Dinámicos para Enseñanza de Control de Procesos. *VII Congreso Argentino de Ingeniería Química – CAIQ 2013*
- [6] The Qt Company. (2016) URL: <http://www.qt.io> consultada 10/06/2016
- [7] KUO, B.C., (1996). *Sistemas de control automático 7ta edición*. Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- [8] OGATA, K (2010). *Ingeniería de control moderna 5ta edición*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- [9] Scintilla home page. (2016) URL: <http://www.scintilla.org> consultada 10/06/2016
- [10] SUTAS, A., MAHR, S. (2016) *Instrument – Control Package for GNU Octave*. URL: <http://octave.sourceforge.net/instrument-control/index.html> consultada 10/06/2016



III CADI
IX CAEDI
2016



El Proyecto Final De La Carrera De Ingeniería Civil, El Trabajo En Equipo, La Visión Integral Y Su Vinculación Con Las Problemáticas Regionales

Fabiana Di Giannantonio, FCEIA-UNR, fabianadg_88@hotmail.com

Federico Sebastián Sadone, FCEIA-UNR, federico_sesa@hotmail.com

Laura Estefanía Ferrer Varela, FCEIA-UNR, laurahid@fceia.unr.edu.ar

Raúl Alberto Navarro, FCEIA-UNR, rnavarro@fceia.unr.edu.ar

Claudia Anahí Forestieri, FCEIA-UNR, claudiafw@gmail.com

Adelma María Mancinelli, FCEIA-UNR, adelma@fceia.unr.edu.ar

Resumen En el contexto de la carrera de Ingeniería Civil el proyecto final de grado constituye una herramienta integradora de conceptos que apunta a la preparación de los estudiantes en su etapa final de formación. El estudiante, además de conocimientos debe adquirir habilidades siendo el proyecto final una propuesta pedagógica que permite el desarrollo de las mismas. Se debe considerar además como rol relevante la relación de los alumnos que conforman los grupos de proyecto y su interacción con los docentes.

Los proyectos finales de grado pueden incorporar temáticas vinculadas con problemáticas de la región, dicho abordaje implica una actividad que requiere de varias áreas del conocimiento, las cuales el estudiante ha adquirido en etapas anteriores de la carrera.

Este trabajo tiene como eje el desarrollo de un proyecto final de grado, típico del área Hidráulica de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional de Rosario, cuyo objetivo es analizar en forma integral por un grupo de varios alumnos la problemática a abordar, proponer distintas alternativas de soluciones estructurales, elegir la más adecuada mediante un análisis socio económico y desarrollar alguna parte de la solución adoptada con grupos reducidos de estudiantes.

Esta última etapa consiste en realizar un diseño hidráulico y estructural, confección de planos, cómputo, presupuesto, especificaciones técnicas particulares, redacción de un contrato de obra y presentación oral frente a un auditorio variado.

Se pretende además aportar a la formación de un profesional técnica y socialmente comprometido.

Palabras clave: Docencia, Proyecto Final, Estudio Integral

1. Introducción

El presente trabajo consiste en la presentación de un proyecto final de la Carrera de Ingeniería Civil cuyo título es Estudio Integral de los Desagües Pluviales Urbanos del Sector Sur del Cordón Industrial Norte de la Ciudad de Rosario como testigo de la aplicación de una metodología de formación integradora grupal como cierre de la Carrera de Ingeniería Civil.

Este proyecto tiene como eje favorecer el desarrollo de competencias en la carrera de Ingeniería Civil en el área de Hidráulica e Hidrología, se pretende apuntar hacia la formación de grado del Ingeniero desde el desempeño, desde lo que debe ser capaz de realizar en su actividad profesional. Para ello, dentro del marco del mismo, es fundamental considerar las necesidades actuales de la región y de la sociedad. Se debe resaltar que el proyecto final constituye una herramienta pedagógica para la formación de los futuros ingenieros permitiéndoles a los mismos poder afrontar situaciones problemáticas con conocimientos actualizados.

El Ingeniero Civil debe abordar los desafíos de proyectos desde una visión integral, detectando, analizando, evaluando y accionando sobre todos aquellos aspectos que se relacionan con el objetivo del trabajo que plantea. Es fundamental que logre detectar todas aquellas soluciones que colaboren al mejor funcionamiento del sistema abordado, detectando todas las variables posibles, estén o no a su alcance de modificar. Aquellas que no lo estén deberán ser tratadas en su ámbito específico, resaltándose la importancia de su detección.

Otro punto de suma importancia es el aprendizaje a trabajar en equipo, con integrantes con miradas diferentes, puntos de vista disímiles, conocimientos específicos complementarios, criterios tal vez encontrados que deberán compatibilizarse con el fin último de obtener el mejor proyecto. Para ello deberán adoptar criterios, buscar fundamentos sólidos, defenderlos ante sus pares y consensuar frente al disenso.

2. Metodologías

En la asignatura proyecto final (Proyecto IV, según el Plan de Estudios vigente [1]), los alumnos reciben propuestas de proyectos presentadas por docentes de distintas Áreas de la carrera de Ingeniería Civil. Se organizan los estudiantes en grupos y cada uno elige una de las propuestas. Es así que cada cuatrimestre puede haber diferente cantidad de grupos interesados por la propuesta de una determinada Área.

Para el caso objeto de este trabajo, el grupo de docentes asignados a la materia, partió de una problemática específica de desagües dentro de un sector del cordón industrial norte de la Ciudad de Rosario. El tema a tratar era uno de otros tantos problemas presentes desde largo tiempo y que en realidad enmarcan una problemática regional.

El resultado de la elección de los estudiantes dio un total de siete grupos interesados en la temática hidrológica – hidráulica. Esto llevó a repensar la planificación del trabajo ya que el tema original no alcanzaba a cubrir la demanda. Dada esta situación se planteó tomar como eje unificador del estudio las características comunes que determinan los desagües del cordón industrial sur que eran: que la totalidad de los sistemas de drenaje que desaguan al Río Paraná, están condicionados en su funcionamiento por la presencia en el camino de las aguas de dos líneas de ferrocarriles y por la Ruta Nacional N° 11 y que los Distritos involucrados (Municipalidades) o no han podido desarrollar un plan de desagües acorde o, al menos, si tal plan existe, no han podido llevar a cabo su total materialización. [2]

Entonces, para la realización del trabajo se comenzó estudiando toda el área involucrada, generando un único plano de curvas de nivel a partir de las cartas topográficas y realizando un exhaustivo reconocimiento del lugar en vías de determinar las distintas subcuencas participantes.

Se realizaron reuniones con las distintas autoridades municipales en busca de todo el material gráfico disponible y de toda la información oral que ellos pudiesen transmitir referentes a las direcciones de los escurrimientos tanto de los sectores pavimentados como de los mejorados o los de tierra. Esta actividad fue innovadora para los estudiantes ya que era la primera vez que

se encontraban con esta realidad y dificultad de obtener información. Pudieron reconocer la falta de sistematización de la información, la falta de visión integral de las problemáticas, con la inconstancia en el abordaje de los problemas de desagües que caracterizan las acciones de estos municipios, los cuáles se mueven por impulsos aislados.

Otro punto sumamente positivo de estas recorridas fueron los acercamientos con la población afectada quienes, en muchos casos, aportaron información sobre otras problemáticas que no habían surgido durante la realización de las otras actividades mencionadas.

A partir de la definición ajustada de las subcuencas existentes, se procedió a plantear y evaluar distintas alternativas de obras para resolver los problemas detectados. Se volvió a desagregar el equipo en los distintos grupos de trabajo originales donde cada uno abordó una situación de las que comprenden a la problemática general del área en estudio. Dada la complejidad del trazado urbano se plantearon obras que en algunos casos requieren el cruce de información entre dos grupos lo que dio más interacción y realimentación entre los grupos, lo cual también le dio dinamismo al intercambio de opiniones y a las coordinaciones entre los estudiantes.

El cierre de la etapa de trabajo en gran grupo se efectivizó mediante un informe que fue planificado y coordinado por los propios alumnos en base a algunos objetivos que debían cumplir los escritos y que fueron planteados por los docentes. El resultado fue una organización muy interesante que es producto de los aportes de cada estudiante mediante el empleo de la tecnología de almacenamiento único de los archivos digitales en sitios ad hoc y una retroalimentación sobre los procedimientos a seguir y las informaciones a aportar y el modo en el cual hacerlo y presentarlo que dejó una excelente opinión en los docentes que realizan la evaluación final del proyecto de la carrera.

En resumen, la resolución de este tipo de trabajo demanda por parte de los alumnos de cada subgrupo enfrentar distintos tipos de tareas: análisis y descripción de la situación problemática, reconocimiento del área de estudio, recopilación necesaria de datos para el estudio, análisis de antecedentes, relevamientos topográficos en campo, profundización de los conocimientos específicos, aprendizaje del uso de sistemas de cálculo y modelación computacional tanto hidrológica como hidráulica, contacto con autoridades municipales, aprendizaje sobre el tipo de información factible de conseguir, acercamiento al conocimiento de los distintos actores presentes en un trabajo del tipo (interferencias, diferentes jurisdicciones intervinientes), contacto e intercambios con los afectados por la problemática encarada, barreras físicas e limitaciones entre lo público y lo privado, permisos, autorizaciones, etc.

En relación al trabajo realizado por los grupos, y alcanzado el objetivo planteado inicialmente, deberán materializar una presentación final oral y pública del proyecto ante un triunvirato de docentes. La misma deberá incluir una introducción, descripción del caso, objetivos, alternativas de soluciones, métodos utilizados, diseños propuestos, cálculos, cómputos métricos, análisis de precios, presupuesto y conclusiones.

3. Conclusiones y recomendaciones

Se demuestra que el proyecto final que abordó la problemática específica de desagües pluviales dentro de un sector del cordón industrial (Rosario), y que fuera realizado en equipo, se constituye en una herramienta pedagógica que le permite al estudiante avanzado -con su caudal de conocimientos tomados en etapas anteriores y durante el desarrollo del trabajo- adquirir una serie de habilidades para evaluar distintas alternativas de obras para resolver los problemas detectados.

Durante el desarrollo del proyecto se percibe que los estudiantes de cada equipo tienen un acercamiento a la dinámica de la actividad profesional y detectan los inconvenientes con los cuales se pueden enfrentar durante el desarrollo de la actividad laboral. Esto se comienza a ver al momento de relevar información para el estudio del área involucrada, su acercamiento a las reparticiones públicas, la dificultad de obtener toda la información necesaria al no disponer de sistematización de la información, entre otros.

A través del trabajo en equipo se logra alcanzar un óptimo resultado del objetivo planteado: se compatibilizan diferentes criterios por parte de los integrantes de un equipo y se observa la interacción entre equipos que tuvieron parte de las tareas en común de toda el área involucrada.

Se ha detectado a través del análisis y desarrollo del trabajo, el incremento en la predisposición de los estudiantes hacia el abordaje de temáticas relacionadas con el área hidrológica-hidráulica vinculados con la problemática regional. Además se manifiesta un marcado interés por interactuar con la población afectada durante las etapas de relevamientos.

En cuanto a las recomendaciones surge que:

Es fundamental plantear temáticas de manera sistémica, de modo de favorecer la creatividad y la totalización del conocimiento.

El trabajo en equipo debe ser un elemento común y se deben orientar las actividades hacia la aplicación de criterios personales, el debate y defensa de los mismos.

En función de lo observado en la presentación de los informes del proyecto final y la exposición oral y pública del mismo en el ámbito de la Escuela de Ingeniería Civil, es importante destacar que la expresión escrita y oral contribuye a su formación profesional.

4. Referencias

- [1] PLAN DE ESTUDIOS. (2012). Escuela de Ingeniería Civil. *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. U.N.R.*
- [2] CENTRO DE DOCUMENTACIÓN. (2016). Información de archivo. *Ministerio De Infraestructura Y Transporte, Provincia de Santa Fe.*
- [3] INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. (2016). Cartas Topográficas de la Provincia de Santa Fe. *Ministerio de Defensa. Presidencia de la Nación. República Argentina.*



III CADI
IX CAEDI
2016



UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE DE FOURIER EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

Vazquez Raimundo Damián, U.T.N Facultad Regional Resistencia,
ray_vazquez_2005@hotmail.com

Burgos Alejandro, UTN Facultad Regional Resistencia, alexsbur@gmail.com

Bernaola Gustavo, U.T.N Facultad Regional Resistencia, gustavo@edesycc.com.ar

Flores Cesar, UTN Facultad Regional Resistencia, arnaldoflores@gmail.com

Branco Juan, UTN Facultad Regional Resistencia, branco89@hotmail.com

Resumen: Se describe una experiencia realizada en la cátedra Análisis Matemático de las Ingenierías que se dictan en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Resistencia (UTN FRRe). El objetivo principal es facilitar el proceso de aprendizaje del alumno y mejorar la práctica docente mediante el uso de recursos didácticos basados en la experimentación y resolución de problemas. Para tales fines se articula aspectos formales y teóricos del Análisis Matemático con fenómenos físicos observados en el mundo real. Se parte del supuesto que al sujeto de aprendizaje que se inicia en la Ingeniería, le resulta complejo relacionar funciones matemáticas con fenómenos físicos. A menudo el estudiante se pregunta cuál es el sentido práctico de determinados conceptos matemáticos, en este caso la aplicación de las series de Fourier. A fin de poder facilitar el aprendizaje, se diseña un laboratorio que permite analizar, indagar y contrastar en forma numérica y práctica cualquier señal. Se utiliza para ello una herramienta de visualización denominada osciloscopio, en el cual se reproduce y se analizan el comportamiento de distintos tipos de ondas. Desde esta concepción la utilización de dispositivos de visualización articulado con un software de uso matemático como el MathCad facilita el aprendizaje por indagación y experimentación. En esta primera experiencia solo se recogieron datos cualitativos que por el momento muestran resultados favorables.

Palabras clave: estrategias de aprendizaje, innovación educativa, aprendizaje por indagación.

1. Introducción

La idea central de este trabajo es contribuir con el proceso de enseñanza aprendizaje de los fundamentos de Análisis Matemático en las carreras de Ingeniería de la UTN FRRe, las cuales se mencionan a continuación: Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas de Información. Se busca generar recursos didácticos que permita al docente mejorar su práctica y facilitar en el aprendizaje la apropiación de conceptos de Análisis Matemático aplicados en el campo de la ingeniería, específicamente el tratamiento y la aplicación de las series de Fourier.

La enseñanza del análisis matemático se encuadra dentro del área de materias básicas de la UTN, esta área es homogénea a todas las carreras de Ingeniería y tiene como principales desafíos formar en los fundamentos que sustentarán el desarrollo de cada una de las carreras y

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELECTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

contribuir a la transición que se da en el aprendizaje en los primeros años en la universidad, en lo que respecta a la adquisición de competencias claves que requiere una carrera de grado. En este contexto, la enseñanza del Análisis Matemático se aborda desde un enfoque clásico, en el cual predomina el uso de estrategias de enseñanza desarrolladas en clases de teoría y en clases de práctica, estas últimas a su vez se basan principalmente en la resolución de guías de ejercicios, problemas y trabajos prácticos.

En este marco se viene observando las siguientes dificultades que impactan en el proceso de aprendizaje del alumno:

- El alumno no le encuentra un sentido de aplicación práctica de los conceptos teóricos que está estudiando, en relación a la carrera y a la profesión que ha elegido.
- Tiene dificultades para relacionar y visualizar los conceptos teóricos, por ejemplo una función matemática asociada a fenómenos por ejemplo físicos o químicos, o a modelos de representación de algún sistema real. Esto a su vez se ve acentuado por diversidad de campos de acción entre las distintas ingenierías frente a la homogeneidad que supone la implementación dentro de un área de materias básicas a todas las carreras.
- Tiene dificultades para asociar conceptos abstractos con la resolución de problemas tanto en el campo de la ingeniería como en el campo científico, como por ejemplo la observación, la medición, el uso de instrumentos, la realización de pruebas experimentales, la indagación y el planteamiento de hipótesis.

Teniendo en cuenta las dificultades mencionadas en el punto anterior, se buscan estrategias que enriquezcan la enseñanza, en este caso se basan en el diseño y aplicación de material didáctico de apoyo a la realización de experimentos que faciliten el análisis y la indagación por parte del alumno [1] [2].

Un aspecto clave a resaltar desde lo pedagógico, es la intervención en la secuencia didáctica del dictado convencional de la materia. En este sentido la experiencia no solo fue novedosa para los docentes de teoría y práctica, sino que permitió generar un espacio didáctico en el cual pudieron converger alumnos, docentes de teoría, docentes de práctica e ingenieros del laboratorio de automatización de la facultad, con la idea de abordar el estudio de las series de Fourier desde la experimentación, a posteriori al desarrollo de la teoría y de las actividades prácticas convencionales, y a priori a las evaluaciones parciales de la materia.

2. Materiales y Métodos

2.1 Hipótesis de trabajo

Es posible articular un software matemático, un generador de señales y un osciloscopio digital como recursos didácticos que faciliten el aprendizaje por indagación y experimentación de las series de Fourier en las carreras de Ingeniería de la UTN FRRe.

2.2 Materiales

En primer lugar se utiliza el software matemático denominado Mathcad, el cual es un entorno de documentación técnica con prestaciones de cálculo numérico y simbólico, que permite explorar problemas, formular ideas, analizar datos, modelar y chequear escenarios, determinar la mejor solución, como así también registrar, presentar y comunicar los resultados [3]. Es la herramienta por excelencia para desarrollar proyectos y trabajos matemáticos en el área de

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

ingeniería en general. En especial se destaca su sencillez a la hora de representar fórmulas matemáticas y representar gráficos, funciones y tablas.

En segundo lugar se usan los dispositivos tecnológicos como por ejemplo los generadores de señales, los cuales proporcionan una herramienta que facilita el manejo de distintos tipos de señales, como por ejemplo, eléctricas, mecánicas y digitales.

Finalmente es necesario utilizar un osciloscopio digital que tenga incorporadas funciones que analicen el espectro en frecuencia de señales físicas. Es necesario su utilización debido a que proporciona una herramienta de verificación entre las señales emitidas por el generador y las magnitudes físicas sensadas por el instrumento digital. En la figura 1 se presenta un posible esquema donde se visualiza un osciloscopio digital conectado a un generador de señales. Se distingue este tipo de dispositivo debido a que es posible conectar el flujo de datos proveniente de las señales emitidas por el generador a un software en una computadora personal.

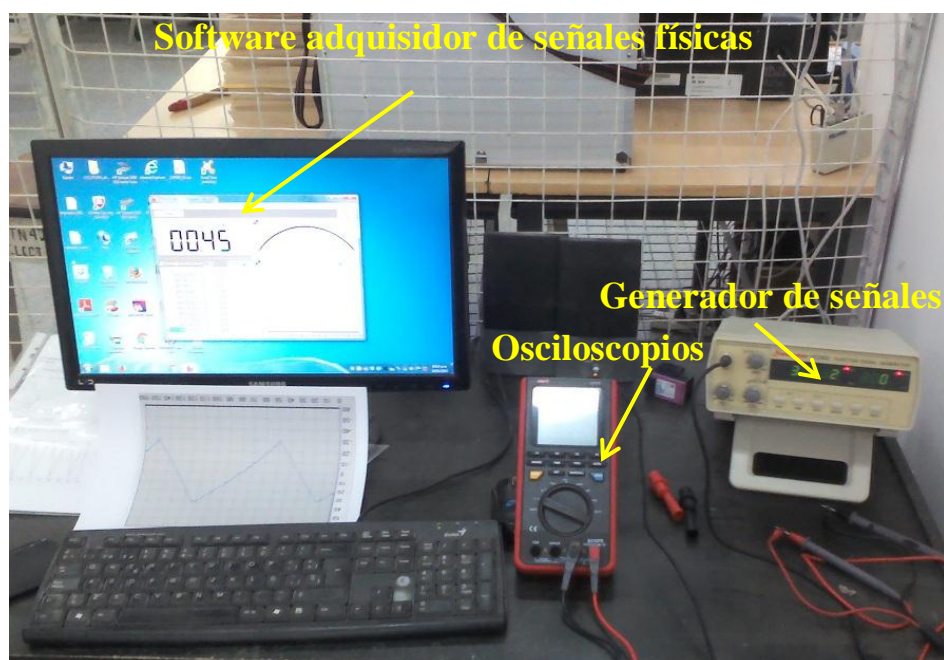


Figura 1. Generador de señales conectado a la PC mediante el osciloscopio.
Fuente: elaboración propia

2.3 Metodología

El tipo de diseño elegido en función al tema de estudio es el cualitativo [4], desde esta perspectiva se parte desde un acontecimiento real acerca del cual se pretende construir un concepto. Se busca llegar a reunir y ordenar observaciones para construir una interpretación comprensible del fenómeno. Hay un carácter reflexivo que se pone de manifiesto en este tipo de investigaciones. A su vez este diseño está concebido desde la Investigación Acción en educación [5].

El método cualitativo se basa en un modelo conceptual-inductivo cuya primera tarea es delimitar el fenómeno a estudiar. Posteriormente surgirán otras interrogantes acerca de las características del fenómeno y sus cualidades particulares. [6]

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

La población total considerada estuvo compuesta por los estudiantes que cursan Análisis Matemático en las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Química, y alcanza un total de 120 alumnos.

El porcentaje de cursantes considerado fue del orden del 15%

La experiencia se realizó durante el primer cuatrimestre del ciclo lectivo 2016.

El grupo de alumnos tiene características homogéneas en general (edad, procedencia, desempeño académico)

A continuación se describe la implementación del proceso:

Se parte de la definición del alcance teórico y práctico de las Series de Fourier que se busca promover en el aprendizaje.

Se diseña el material didáctico de apoyo a la realización de experimentos que faciliten el aprendizaje

Se interviene en la secuencia didáctica del dictado convencional de la temática tratada. Una vez finalizada los aspectos conceptuales sobre la serie de Fourier, el docente presenta formalmente las diferentes expresiones de la serie matemática como se expresa en las formulas (1), (2) y (3). Mediante el programa MathCad se visualiza la serie en tiempo o en la frecuencia, como se muestra en la figura 2.

$$f_1(t) := \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m \left(a_n \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi \cdot t}{L}\right) + b_n \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot t}{L}\right) \right) \quad (1)$$

$$f_2(t) := \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m \left(C_n \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi \cdot t}{L} + \theta_n\right) \right) \quad (2)$$

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(c_n \cdot e^{\frac{j \cdot n \cdot \pi \cdot t}{L}} \right) \quad (3)$$

La dificultad en esta etapa de aprendizaje, radica en encontrar los diversos coeficientes de las expresiones (1), (2) y (3). La utilización del MathCad garantiza que la deducción de los mismos sea directa. Como consecuencia la representación formal de la función matemática expresada en el tiempo o frecuencia resulta relativamente sencilla de calcular.

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELECTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

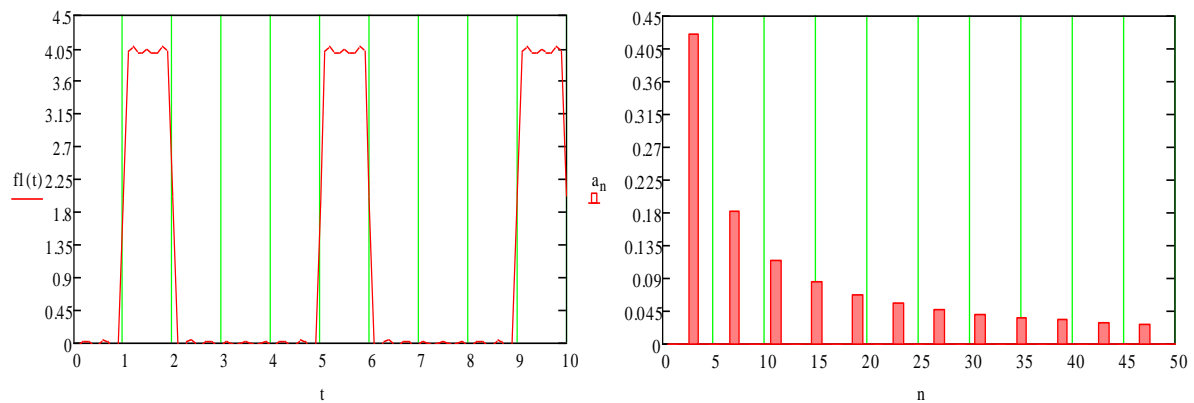


Figura 2. Serie de Fourier en el tiempo y en frecuencia.
Fuente: elaboración propia

Seguidamente el docente utiliza el dispositivo tecnológico denominado osciloscopio digital, conectado a un generador de señales para verifica los resultados obtenidos en la ecuaciones (1), (2) o (3).

Se debe aclarar que en todo momento las señales eléctricas provenientes del generador de señales están correlacionadas con las ecuaciones (1), (2) y (3).

También se destacan experiencias de laboratorio donde el alumno pueda preguntarse y verificar visualmente distintos fenómenos físicos como por ejemplo: filtros digitales, propagación del sonido en el aire, y rectificación de onda completa.

En la figura 3 se observa una representación simplificada de la experiencia de laboratorio. En el esquema A se muestra un rectificador de media onda visualizado en el osciloscopio, en el esquema B se observa un alumno hablando delante de un micrófono y la señal de sonido representándose en un visor digital, finalmente en el esquema C se muestra un rectificador de onda completa utilizado frecuentemente en electrónica elemental.

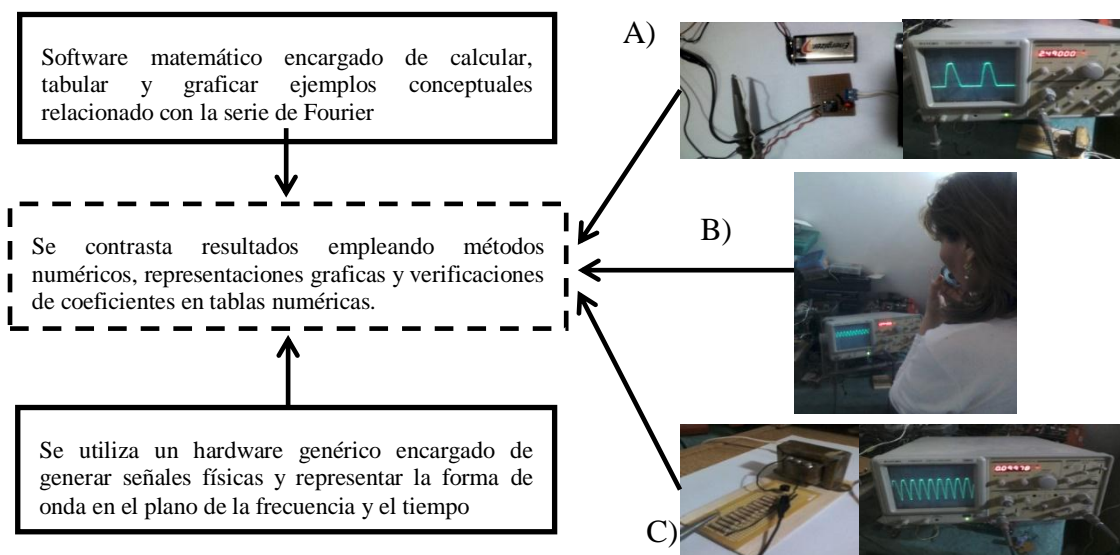


Figura 3. Representación simplificada de la experiencia.
Fuente: elaboración propia

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELECTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

La verificación de los diferentes resultados desarrollados en la simulación se realiza mediante el instrumento denominado osciloscopio digital. La señal física se visualiza en la figura 4. El dispositivo tiene la capacidad de representar funciones en el dominio del espacio y tiempo.

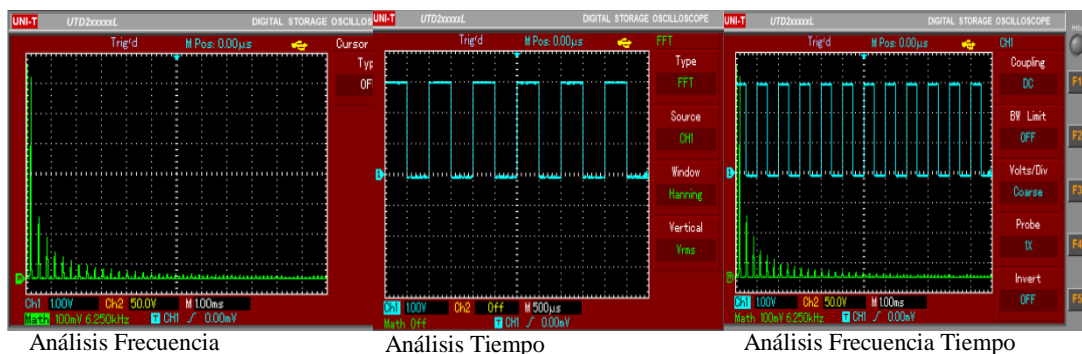


Figura 4. Serie de Fourier en el tiempo y en la frecuencia.
Fuente: elaboración propia

En esta etapa del aprendizaje es importante aclarar al alumno diversas cuestiones:

- La serie matemática puede representar toda señal física.
- La serie se puede utilizar en el dominio de la frecuencia o en el dominio del tiempo.
- Es posible generalizar su uso en cualquier tipo de señales físicas implementando los conceptos y procedimientos desarrollados por Skilling [5].

Para realizar el aprendizaje en los temas relacionados a la serie de Fourier sin el aporte adecuado de recursos tecnológicos se requiere una gran capacidad de abstracción por parte del sujeto de aprendizaje. Dicha habilidades serán adquiridas a lo largo del cursado de la carrera, quedando limitado su aprendizaje a un número reducido de alumnos. En la figura 4 se representa un esquema de enseñanza aprendizaje tradicional.

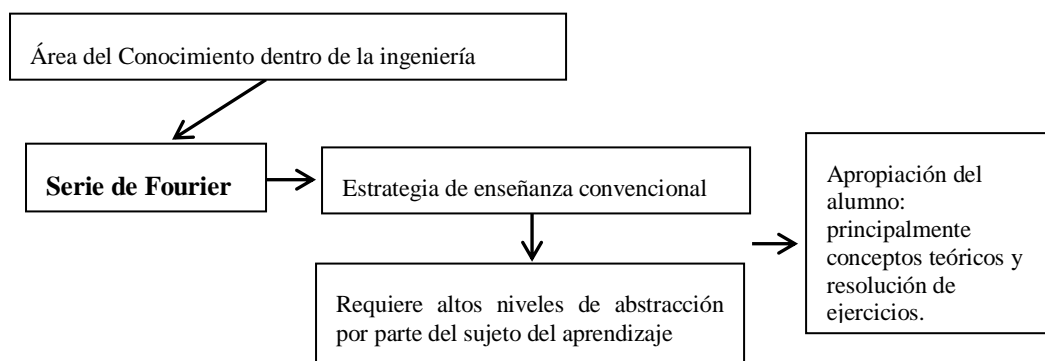


Figura 4. Esquema simplificado de enseñanza aprendizaje convencional.
Fuente: elaboración propia

Actualmente el software matemático se caracteriza por su facilidad de manejo y permite establecer un orden en una secuencia lógica en desarrollos conceptuales. De esta manera es posible establecer un hilo conductor relativamente simple y breve, evitando distracciones

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELECTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

innecesarias en el alumno. Es posible sintetizar aspectos formales dentro de la teoría, permitiendo al profesor enfocarse puramente en los aspectos conceptuales.

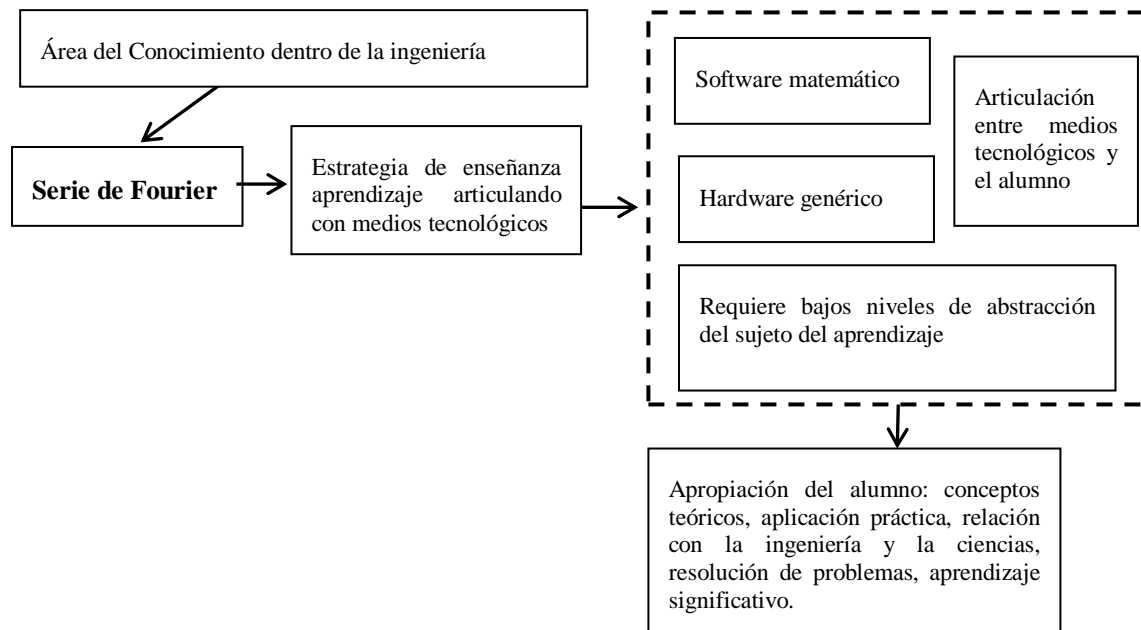


Figura 5. Esquema simplificado de la experiencia
Fuente: elaboración propia

También se utilizan herramientas visuales como por ejemplo los gráficos y tablas para resumir ejemplos concretos. En ese sentido los dispositivos genéricos permiten contrastar la información obtenida de los simuladores o software matemáticos con valores y magnitudes físicas medidas en tiempo real.

3. Resultados y Discusión

Del análisis de resultados se construyeron las siguientes preguntas, hipótesis y relaciones especulativas:

- Los aprendices mostraron interés, entusiasmo y compromiso con la experiencia de una manera sostenida durante el recorrido.
- La experiencia impactó positivamente en los aprendices no solo al favorecer la apropiación de conceptos abstractos sino también al facilitar la construcción de un sentido de aplicación de un objeto de estudio.
- La mayoría de los estudiantes por primera vez visualizaron claramente la representación de un fenómeno físico usando una función matemática, tanto en el dominio de la frecuencia como en dominio del tiempo.
- La mayoría de los estudiantes resaltaron el potencial didáctico que posibilita el poder indagar, experimentar, observar y contrastar el comportamiento de distintos tipos de señales con los desarrollos teóricos de las funciones (pares, impares, senoidales, rectangulares, etc.)
- El grupo de estudiantes de Ingeniería Electromecánica mostró mayor interés y facilidad de relacionar conceptos con los experimentos realizados, que el grupo de estudiantes de Ingeniería Química.

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

- f) El enfoque problematizador en contexto y el trabajo en equipo entre docentes de teoría y práctica y los ingenieros del laboratorio de automatización de la Facultad, fueron elementos claves para el abordaje y la integración de todo el proceso.
- g) La experiencia contribuyó a una mayor articulación e integración entre los docentes de teoría y práctica.
- h) Se favoreció la reflexión colectiva por parte de los docentes acerca del impacto pedagógico del proceso y se contribuyó a repensar y resignificar la práctica docente.
- i) A continuación se plantean los principales interrogantes que fueron surgiendo durante el proceso:
 - ¿Se puede potenciar el autoaprendizaje del alumno utilizando este tipo de experiencias? ¿Cómo impacta en el rol docente?
 - ¿Están los docentes preparados para incorporar este tipo de experiencias?
 - ¿Qué competencias claves favorece este tipo de experiencias?
 - ¿Este tipo de prácticas puede complementarse con el aprendizaje basado en problemas? [6]
 - ¿Es fundamental la formación de un equipo sinérgico entre docentes, aprendices e ingenieros con experiencias en instrumentos y trabajo en laboratorios? ¿Cómo juega la tensión entre teoría y práctica?
 - ¿Existen dispositivos y herramientas genéricas de bajo costo que permita reproducir o potenciar esta experiencia?
 - ¿Estamos preparados para encarar este tipo de experiencias? ¿Qué necesitamos para llevarlas adelante? Este tipo de abordajes ¿se dan por la casualidad cuando los intereses de un grupo de docentes se encuentran y retroalimentan? ¿Es posible reproducirlas con otros temas y otros contextos? ¿Qué y Cómo sistematizar? ¿Existen buenas prácticas que se puedan seguir?

4. Conclusiones y Recomendaciones

Se describió una experiencia realizada en la cátedra Análisis Matemático de las Ingenierías que se dictan en la UTN FRRe. El objetivo principal fue facilitar el proceso de aprendizaje del alumno y mejorar la práctica docente mediante la utilización de estrategias basadas en la indagación y la experimentación. Para tales fines se articuló aspectos formales y teóricos del Análisis Matemático con fenómenos físicos observados en el mundo real. Se partió del supuesto que al sujeto de aprendizaje que se inicia en la Ingeniería le resulta complejo relacionar funciones matemáticas con fenómenos físicos. A fin de poder facilitar el aprendizaje de las Series de Fourier, se diseñó un laboratorio que permite analizar en forma numérica y práctica el comportamiento de señales típicas.

Esta modalidad de aprendizaje impacta tanto en el rol del docente como en el rol del alumno, el docente se convierte en un guía o asesor encargado de sugerir posibles caminos y soluciones a problemas planteados, por otro lado debe diseñar material didáctico fuertemente orientado a la experimentación mediante el uso de instrumentos, dispositivos y herramientas de análisis y observación, en este sentido debe desarrollar habilidades relacionadas con el uso

UNA EXPERIENCIA UTILIZANDO UN LABORATORIO DE SEÑALES ELECTRICAS, MECÁNICAS Y DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA SERIE EN ANÁLISIS MATEMÁTICO

de ambientes de prueba y laboratorio, además de poder interactuar con profesionales en este campo.

Por otro lado, el alumno debe desarrollar capacidades que le permitan indagar, analizar, experimentar, contrastar y aplicar resultados, de manera tal de poder apropiarse significativamente de nuevos conocimientos relacionados con el tema de estudio. Esta modalidad le permite el autoaprendizaje basado en la indagación y la comprobación de conceptos teóricos por medio de la experimentación.

5. Referencias

- [1] Anijovich, R. Mora, S. (2012) Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula. Bs As. Grupo Aique Editores
- [2] Oguz-Unver A, Arabacioglu S (2014). A comparison of inquiry-based learning (IBL), problem-based learning (PBL) and project-based learning (PJBL) in science education. Acad. J. Educ. Res. 2(7): 120-128
- [3] <https://es.wikipedia.org/wiki/Mathcad>
- [4] Sampieri R.H. (2006) Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill Interamericana.
- [5] Aravena M. y otros (2006) Investigación Educativa I. Compiladores: M. Aravena y otros. Universidad ARCIS/CHILE
- [6] Skilling H. (1986) Circuitos en Ingeniería eléctrica. Editorial Marcombo. Cap 14. pp 495. España. Madrid.
- [7] Steiman, J. (2008) Más didáctica en la educación Superior. USAM Miño y Dávila.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

INGENIEROS POR UN DÍA: PROMOCIÓN DE LA CARRERA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Martín Mello Teggia, Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería,
martinmt139@gmail.com

Ignacio L. J. Carballeda, Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería,
icarballeda@fi.uba.ar

Ricardo Alfredo Veiga, Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería,
rveiga@fi.uba.ar

Resumen— En el presente trabajo se presenta una actividad desarrollada para estimular a estudiantes de escuelas secundarias para que cursen Ingeniería Electrónica. Bajo un esquema general para atraer estudiantes a las carreras de Ingeniería en general, con una duración de una jornada completa, se implementó un módulo vespertino específico en el cual los estudiantes se enfrentan a un problema que deben resolver con sistemas electrónicos desde un punto de vista ingenieril. El problema general refiere a una posible inundación de la ciudad, por lo que los estudiantes deben plantear soluciones que eviten que una cámara subterránea de distribución eléctrica se llene de agua. Se describen las tareas desarrolladas por los estudiantes e impulsadas por los responsables de la actividad, incluyendo la investigación, diseño y exposición; implementándose en forma práctica una solución a escala. Finalmente se muestran los excelentes resultados obtenidos a través de las encuestas.

Palabras clave— *ingeniería electrónica, educación, vocación.*

1. Introducción

Las necesidades de progreso de las sociedades en la actualidad están fuertemente atadas al desarrollo de la infraestructura y los servicios, que a su vez se ven influenciados por la aparición de nuevas tecnologías. La necesidad de dominar este nuevo conocimiento y la escasez de ingenieros, es uno de los motivos por los cuales en los últimos años ha surgido un interés especial por promover las carreras de ingeniería en todo el mundo [1-3].

Para ello se han desarrollado diferentes estrategias que apuntan al mismo objetivo. Por ejemplo, en Austria se han incorporado cursos específicos para la enseñanza de conceptos básicos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Potencia, a estudiantes de 11 a 14 años [1].

Otra estrategia, desplegada en Letonia por la Facultad de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica de Riga, incluye una Competencia Electrónica denominada "Elektronikas Olimpiade", para estudiantes secundarios [2].

Otras iniciativas, orientadas a estudiantes secundarios, fueron desplegadas por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Valencia con ese mismo objetivo, entre las que se pueden mencionar [3]:

- Visitas a escuelas secundarias.
- Participación en la *Semana de las Ciencias* organizada por la Universidad.
- Participación en el *I Encuentro TICnología* organizado entre las Universidades y las organizaciones profesionales del sector de las TICs.
- Organización de las *Jornadas de Puertas Abiertas*, para que los estudiantes secundarios y sus padres puedan participar de diversas charlas y también visitar las instalaciones junto a un estudiante de la Universidad.
- Participación en los *Cursillos de Orientación* organizados por todas las Universidades de Valencia.
- Participación en el *Programa Experimental de Orientación Profesional*, organizado por el Gobierno Regional de Valencia.
- Desarrollo de material promocional como folletos, un video y algún material multimedia *on-line*.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) viene desarrollando diversas actividades con el objetivo de entusiasmar a estudiantes secundarios para que continúen carreras universitarias en esta casa de estudios. Entre esas actividades, a partir del año 2015, por iniciativa de la Secretaría de Calidad Educativa de la FIUBA y el patrocinio de la FIUBA en conjunto con la Fundación YPF, se desarrolla la jornada “Ingenieros por un día”, destinada a estudiantes avanzados de las escuelas secundarias de la ciudad y conurbano bonaerense [4].

Los participantes del encuentro simulan ser ingenieros convocados para resolver un problema: *eventuales inundaciones en la ciudad*. A lo largo de la jornada enfrentan distintas tareas ingenieriles: búsqueda y análisis de causas y alternativas de solución, toma de decisiones y avances sobre el diseño de proyectos, entre otras.

Durante la jornada se presentan tres actividades. La primera se desarrolla íntegramente por la mañana, y consiste en hacer un análisis de causas, consecuencias y posibles vías para mejorar la situación ante posibles inundaciones. La misma se realiza con todos los estudiantes asistentes.

La segunda parte segmenta a la población estudiantil según el área de interés de cada estudiante. Para esto se utilizan cartulinas de colores en las que se escriben palabras clave que se asocian con algún aspecto de una carrera en particular, y que cada participante debe elegir. Así, cada color identifica al grupo que trabajará en equipo para diseñar una solución a un problema específico dentro del marco de las posibles inundaciones. En esta etapa se focaliza el trabajo en el área de ingeniería elegida, analizando alternativas y experimentando en un entorno acotado, el trabajo que realizaría un ingeniero en su entorno natural.

Finalmente hay una puesta en común de las actividades realizadas por cada equipo en la segunda actividad, para que los demás grupos conozcan todas las problemáticas tratadas.

A continuación, en la Sección 2, se describe la actividad desarrollada en la segunda etapa, diseñada para estimular la vocación por la Ingeniería Electrónica. En la Sección 3 se presentarán los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los participantes y finalmente en la Sección 4 se comentan algunas de las conclusiones del trabajo.

2. Materiales y Métodos

2.1 Desarrollo

La segunda actividad de la jornada, en este caso orientada a los estudiantes interesados en el área de ingeniería electrónica, consiste en el análisis, diseño y desarrollo de sistemas de alerta temprana y control frente a un problema específico durante una posible inundación.

Esta actividad se separa en tres etapas. La primera consiste en la búsqueda de información trabajando en grupos. La segunda etapa apunta al análisis de alternativas de solución y presentación de una propuesta concreta. Y finalmente una última etapa de trabajo sobre una maqueta que permite la implementación de una posible solución al problema propuesto.

Desde el punto de vista conceptual, la actividad se basa en las ideas pedagógicas relacionadas con el Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Basado en Proyectos [5]. En el primer caso, en forma previa a la introducción del contenido a ser estudiado, se le suele plantear al estudiante un problema del mundo real. De esa manera, los estudiantes deben identificar y diferenciar lo que saben de aquello que no saben; y trabajando generalmente en grupos, deben buscar los nuevos recursos necesarios para resolver el problema. Por otra parte, en el segundo caso, se suele realizar un proyecto, incluyendo generalmente el planteo de la necesidad, la determinación de especificaciones, la búsqueda de alternativas, el diseño de una solución, su construcción, la verificación del cumplimiento de las especificaciones, entre otros aspectos; contemplando generalmente conceptos de la planificación de proyectos, y siendo así un poco más complejo que el anterior.

2.2 Problemática planteada

Al iniciar el trabajo en grupos, se plantea una situación hipotética sobre la cual se trabaja a lo largo del resto de la jornada.

La misma consiste en la inundación de una cámara subterránea de transformación eléctrica de mediana a baja tensión, donde el transformador se encuentra a 3 metros de altura respecto al nivel del piso. Dentro de la cámara se cuenta con una bomba para extracción de agua, la cual puede operar mientras el nivel del agua no llegue a tocar el transformador. El objetivo es que cada grupo pueda idear una solución utilizando un conjunto de sensores para detectar el nivel del agua, y actuar en consecuencia.

Todo el proyecto se plantea como parte de una hipotética licitación del Gobierno para mitigar los riesgos de la inundación. Se le entrega a cada grupo un documento con las especificaciones técnicas básicas de la “licitación”, donde se indican algunos requisitos de sensado de la cámara, transmisión de datos a la central, alimentación del sistema frente a un corte del suministro eléctrico de la subestación, y el manejo del nivel del agua.

2.3 Búsqueda de información

Durante esta fase se busca que cada grupo encuentre información, en forma autónoma, respecto a los distintos tipos de sensores existentes que pueden aplicarse en estas situaciones. Uno de los objetivos es que desplieguen sus habilidades de búsqueda en internet, y que comiencen a desarrollar una dinámica de equipo al trabajar.

Para complementar la tarea, se le entrega además a cada grupo una carpeta con especificaciones de algunos de los sensores más comúnmente utilizados en la industria.

Al finalizar la etapa de búsqueda, los coordinadores realizan una presentación formal de los distintos tipos de sensores existentes. No se muestran sensores comerciales específicos, sino

que se enfoca la explicación en el principio básico de sensado de cada uno, y las diferencias entre ellos (por ejemplo, resistivos versus capacitivos).

2.4 Diseño conceptual de una solución

Una vez que se cuenta con la información de los sensores, cada participante discute con los miembros de su equipo las diferentes alternativas existentes para solucionar el problema. Luego de llegar a un acuerdo, elaboran una propuesta en la cual especifican qué tipos de sensores usarían, en qué lugar los ubicarían, y cómo sería (conceptualmente) el sistema de control imaginado, que actuaría con la información obtenida por esos sensores.

Se les solicita a los grupos que se enfoquen en las razones que los impulsaron a optar por la solución planteada, frente a las otras alternativas analizadas (menor costo, mayor información disponible, mayor robustez de la solución, etc.).

2.5 Presentación de la propuesta

Para facilitar la exposición de las ideas particulares de cada grupo, se les entrega un esquema de la cámara subterránea con el transformador. Dicho esquema se les hace llegar en formato digital, para que sólo tengan que graficar los elementos propios de su solución (ver Figura 1). De cualquier manera, se le permite a cada grupo elaborar su propio esquema, si así lo desea.

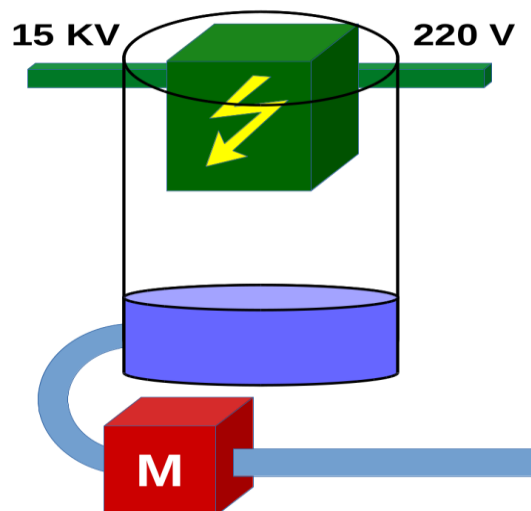


Figura 1. Esquema provisto como base.

Una vez que todos los grupos entregaron su propuesta (ver Figura 2), se convoca a un Profesor de la Facultad (que ya tiene conocimiento de todos los puntos de la experiencia), y se lo presenta a los participantes como un experto en sistemas de alerta temprana que viene a analizar las propuestas armadas, para definir el resultado de la licitación.

Cada grupo cuenta con 10 minutos para exponer su idea frente a los otros grupos y el experto, luego de lo cual hay 5 minutos para que todos los demás, incluyendo al experto, puedan consultar cualquier punto que no hubiera quedado claro en la exposición oral.

Al finalizar las exposiciones, el experto hace un cierre del trabajo de los grupos, explicando los puntos fuertes de cada propuesta, y cómo cada una cumplió (o no) los puntos planteados en la licitación.

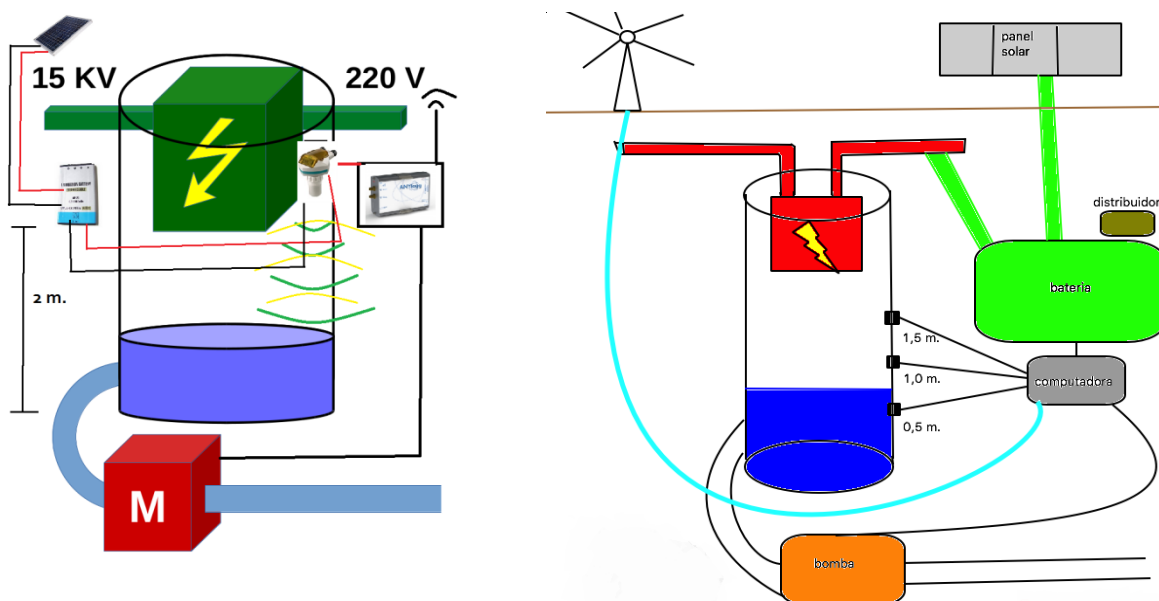


Figura 2. Esquemas propuestos por dos grupos distintos.

2.6 Desarrollo sobre una solución particular

Dado que la propuesta de cada grupo puede tener muchas particularidades que la diferencian del resto, y con el objeto de que los estudiantes puedan tener acceso a un desarrollo concreto y práctico, para el cierre de esta etapa de la experiencia se tiene preparada una maqueta basada en un modelo a escala de la cámara subterránea. Para ello se utilizan dos recipientes transparentes que contienen agua, dos sensores del tipo ultrasónico (HC-SR04), dos bombas de agua unidireccionales y un conjunto de luces que representan los estados de la alarma (ver Figura 3).

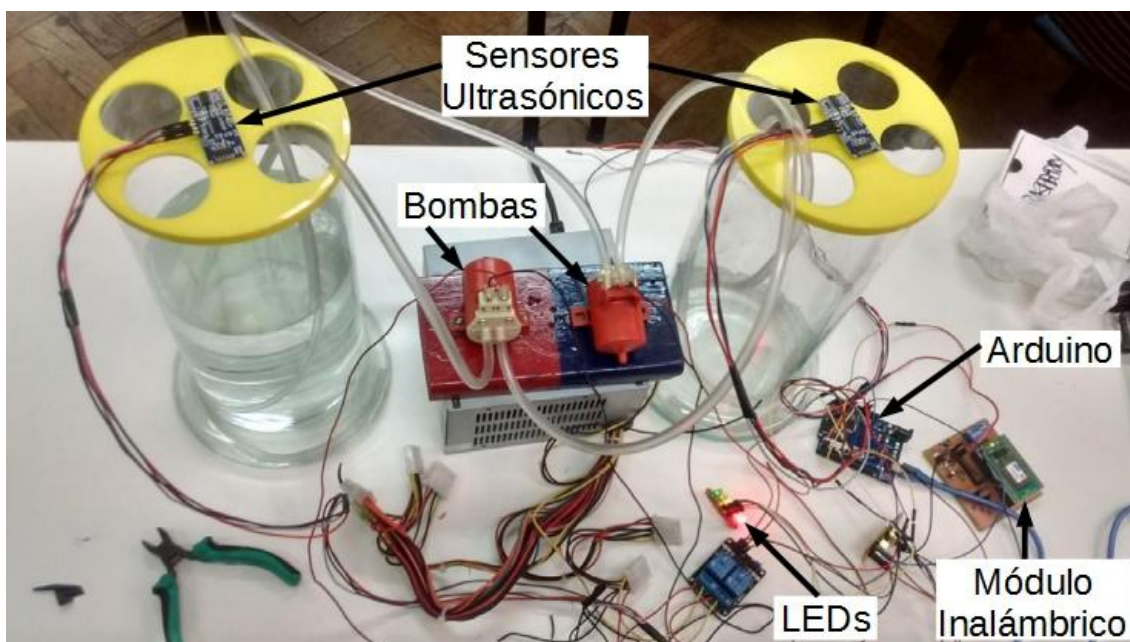


Figura 3. Maqueta de la experiencia didáctica.

Al introducir el concepto de sensor de ultrasonido, se explica el funcionamiento del mismo. También se muestra cómo se hace el cálculo de la distancia en función del tiempo que tarda el ultrasonido emitido en regresar, dada la velocidad de propagación del sonido en el aire.

Para regular el nivel de agua, se activa una bomba que la transfiere del contenedor A (cámara subterránea) al contenedor B (desagüe). La información del sensor de la cámara subterránea es proporcionada a los participantes para controlar la bomba extractora de dicho contenedor. En cambio, la otra bomba emula las condiciones impuestas por el medio (lluvia), por lo que los participantes no tienen control sobre ella.

Cada equipo debe diseñar el algoritmo de control para mantener el nivel de agua (en el contenedor A) en un rango deseado, e informar el nivel a una sub-estación meteorológica. Se pide que el nivel de agua no llegue hasta donde se encuentra el sensor (valor máximo), y a su vez que se mantenga cebada la bomba (valor mínimo).

También se pide que programen la lógica de la alarma, de forma tal que un operario situado en la sub-estación remota pueda ver si alguna de las cámaras tiene problemas, sin necesidad de procesar todos los datos obtenidos de la misma.

Una vez desarrollado el algoritmo en forma relatada, el mismo se carga en una computadora, la cual hace las veces de sub-estación meteorológica, a través de una interfaz previamente escrita en *Python*. Esta central controla inalámbricamente al sistema de los contenedores, emulando la relación entre la sub-estación meteorológica y la cámara de transformación subterránea. La comunicación inalámbrica es realizada usando un protocolo serie, mediante un par de módulos “ZigBit” (*ZigBee*).

En el caso de que al diseñar el algoritmo conceptual hubieran cometido un error, se les permite ver que no funciona como estaba previsto (existen medidas de seguridad para que el contenedor A no se vacíe por completo ni desborde), y se les explica en dónde está el problema. Se aprovecha esta situación para comparar este método de trabajo (prueba y error) con la metodología ingenieril de refinar antes de probar una solución determinada.

3. Resultados y Discusión

Hasta la fecha se han realizado cuatro instancias de la actividad. Al final de cada una de ellas se les pidió a los participantes que completen una encuesta sobre la experiencia. Las preguntas realizadas estuvieron orientadas a obtener su opinión sobre el nivel de la experiencia, la participación de los líderes o coordinadores, y si los ayudó a ver cómo se encaran los problemas ingenieriles.

Los resultados obtenidos en las distintas jornadas reflejaron una respuesta positiva frente al objetivo de la experiencia. A modo de ejemplo, se muestra el nivel de satisfacción del grupo de asistentes a la tercera jornada, la cual tuvo un mayor número de inscriptos, permitiendo contar con un rango más amplio de respuestas respecto de otras jornadas (ver Figura 4).

La gran mayoría de los participantes sostiene que la actividad les permitió afirmar su elección por la carrera, mientras que otros rescatan la importancia del trabajo interdisciplinario para el análisis y la propuesta de soluciones.

Al consultarlos sobre la jornada, algunas de las frases más usadas por los participantes fueron del tipo:

- “Muestra de forma panorámica lo que un ingeniero hace”.
- “Pude aprender lo básico de cómo es ser un ingeniero electrónico”.
- “[es] Fluida y divertida”.

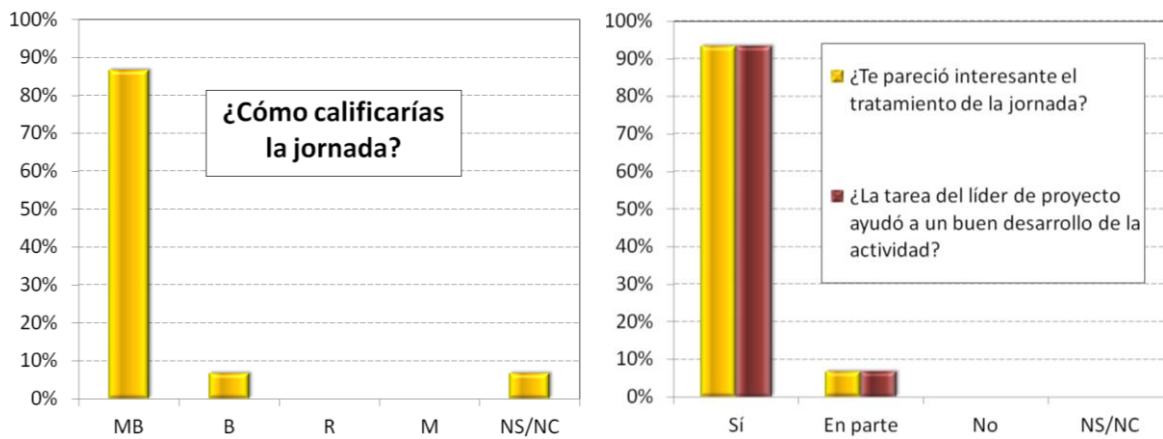


Figura 4. Opiniones de los estudiantes.

La mayor parte de los participantes valoraron la actividad en general y el tratamiento dado a la temática, y afirmaron que la misma les permitió incrementar el conocimiento y el interés por las ingenierías, al ofrecerles la posibilidad de ver cómo se desempeña un ingeniero en una situación específica cotidiana.

Sobre la actividad en particular desarrollada en este trabajo, las respuestas obtenidas incluyeron frases como: “*Me gustó la actividad y lo más significativo fue la motivación para continuar la carrera*” y “[*me gustó*] *Poder experimentar lo que es ser ingeniero*”, siempre resaltando el “*Pensar como ingeniero*”.

4. Conclusiones

La Jornada denominada “Ingenieros por un día” ha demostrado ser altamente motivante para potenciales estudiantes de las carreras de ingeniería. En particular, el diseño y puesta en ejecución de la actividad propuesta para estimular las vocaciones cercanas a la Ingeniería Electrónica, también ha sido altamente valorada. Analizando la información obtenida mediante las encuestas, se puede concluir que la jornada cumple la función de acercar a los estudiantes de los últimos años de escuelas secundarias a las carreras de ingeniería, permitiéndoles la vivencia del desarrollo de la actividad de un ingeniero al resolver, por sus propios medios, la situación ingenieril planteada.

Adicionalmente se ha verificado que las acciones desplegadas favorecen el trabajo en equipo, capacidad necesaria para el trabajo ingenieril. La incorporación de un desafío como el planteado en la licitación simulada genera adicionalmente un clima de sana competencia, que favorece la participación de los estudiantes.

5. Referencias

- [1] FUSSI, A. (2006). Electrical Engineering and Power Electronics Promotion for Secondary School Kids, *Power Electronics and Motion Control Conference, 2006. EPE-PEMC 2006. 12th International*, Portorož, Slovenia, p. 2099-2104.
- [2] SLAIDINS I.; TREIJERE M. (2007). Promotion of Engineering Profession and Education in Electronics. *International Conference on Engineering Education – ICEE 2007*, Coimbra, Portugal.

- [3] BACHILLER, C.; BALBASTRE, J.V.; OLIVER, J. (2010). Promoting Vocation for Communication and Electronic Engineering, *International Conference on Engineering Education – ICEE 2010*, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland.
- [4] SURIANO, M.; ISAURRALDE, S.; MASTACHE, A. (2016). Ingenieros por un día, *V Jornadas Nacionales y I Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas*, Bahía Blanca, Argentina.
- [5] WARIN, B.; TALBI, O.; KOLSKI, C.; HOOGSTOEL, F. (2016). Multi-Role Project (MRP): A New Project-Based Learning Method for STEM, *IEEE Transactions on Education*, v.59, n.2, p.137-146.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES EN UNA ASIGNATURA DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Leonardo Carducci, FIUBA†, lcarducci@fi.uba.ar

Ernesto Corbellini, FIUBA†, ecorbe@gmail.com

Ariel Burman, FIUBA†, arielburman@gmail.com

Sebastián García Marra, FIUBA†, sebastianmarra@gmail.com

Marcos Bierzychudek, FIUBA†, marcos.bierzychudek@gmail.com

Francisco Veiras, FIUBA†, fveiras@fi.uba.ar

Pablo Etchepareborda, FIUBA†, pabloe@inti.gob.ar

Mariano Iglesias, FIUBA†, marianoiglesias1994@hotmail.com

Daniel Cabibbo, FIUBA†, dcabibbo@yahoo.com.ar

Federico Zacchigna, FIUBA†, colorete87@gmail.com

Martín Mello Teggia, FIUBA†, martinmt139@gmail.com

Juan I. Álvarez-Hamelin, FIUBA†, ihameli@cnet.fi.uba.ar

Ricardo A. Veiga, FIUBA†, rveiga@fi.uba.ar

† Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería

Resumen— En este trabajo se presentan las características principales de un proyecto utilizado para enseñar conceptos básicos de electrónica y motivar a los estudiantes en el contexto de un curso inicial de Introducción a la Ingeniería Electrónica. Este proyecto, además de afianzar la comprensión de la teoría desarrollada en clase mediante el armado y medición de distintos circuitos propuestos, también está estratégicamente pensado para que tenga un alto grado motivacional, resolviendo para ello un problema concreto e interesante, fácil de comprender y comprobar. Puntualmente, se trata de la implementación de un sistema de comunicaciones de voz, cuyas especificaciones son proporcionadas a los estudiantes en forma progresiva durante la cursada. En el mismo se contempla el uso de amplificadores de audio, filtros y un microcontrolador. La evaluación del trabajo realizado se orienta a la comprensión individual de los conceptos fundamentales, a la adquisición de habilidades para el trabajo en equipo y la comunicación oral y escrita, entre otras. Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes valoran muy positivamente esta variante de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos.

Palabras clave— *aprendizaje basado en proyectos, introducción a la ingeniería electrónica, sistema de comunicaciones de voz.*

1. Introducción

La asignatura “Introducción a la Ingeniería Electrónica”, que ofrece la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), se desarrolla en un contexto ya descrito en trabajos previos [1,2,3]. En particular, se utiliza una variante del Aprendizaje Basado en Proyecto (ABP o PBL de sus siglas en inglés). Este método de enseñanza tiene características propias [4] y se ha vuelto muy utilizado últimamente en todo el mundo [5,6].

En particular, la metodología de enseñanza que se despliega, busca alcanzar simultáneamente varios objetivos. Por un lado, se pretende que el estudiante pueda incorporar el contenido conceptual de la asignatura. Esto incluye temas como la introducción general a la teoría de circuitos (ley de Ohm, leyes de Kirchhoff, Thévenin, principio de superposición, potencia, valor eficaz, capacitor e inductor y respuesta en frecuencia). Por otra parte, se busca que el estudiante pueda adquirir habilidades básicas relacionadas con las mediciones de laboratorio y el manejo de instrumental (multímetro, osciloscopio, puntas de prueba, etc.), así como el trabajo en equipo, la confección de informes y presentaciones de dichas mediciones y experiencias de laboratorio. Adicionalmente se busca que pueda llevarse un panorama del plan de estudios, de las posibilidades laborales y de otros aspectos que complementan la formación inicial.

El aspecto motivacional para una asignatura de estas características es fundamental para incentivar el interés del estudiante en el comienzo de la carrera, con el objetivo de reducir el tiempo de duración de la misma y la tasa de deserción. El principal recurso utilizado en este curso, para maximizar esta componente motivacional, es la realización de un Proyecto o Trabajo Práctico Grupal (TPG). El objetivo que se plantea es resolver integralmente un problema concreto que requiere poner en práctica los conceptos y desarrollos teóricos correspondientes a los objetivos curriculares. De esta manera, la necesidad de los estudiantes de comprender el diseño y configuración de las distintas etapas del proyecto, estimulan el estudio de los temas expuestos y trabajados durante la cursada. Entre estos temas pueden mencionarse los conceptos fundamentales de análisis y medición de circuitos electrónicos (incluyendo filtros y amplificadores), conceptos básicos de transducción de sonido, digitalización, comunicación serie cableada, modulación y demodulación. Además, en el desarrollo del proyecto se combinan aspectos como el armado de un circuito en una placa experimental y manejo básico de un microcontrolador. Cabe mencionar que, dado el plan de estudios de la carrera, los estudiantes que cursan esta asignatura no requieren poseer conocimientos previos de electrónica [1]. Por esta razón, es común que los estudiantes tengan su primer contacto con esta disciplina durante este curso. Esto acrecienta el desafío de alcanzar los objetivos propuestos.

El método de Aprendizaje Basado en Proyectos tiene características diferenciadas de las clases tradicionales [4]. En este caso, se apuntó adicionalmente a clases con modalidad teórico-prácticas, de manera tal que cada tema es presentado como un experimento que se realiza en la clase y luego se deduce alguna ley (como la ley de Ohm, por ejemplo), o donde se explica conceptualmente un tema en el pizarrón para luego ser armado y medido en la práctica, contrastando después los resultados con la teoría. Algunas de estas clases contemplan mediciones sobre las distintas etapas del TPG que luego conformarán el proyecto completo, como se detalla más adelante. El proceso de enseñanza y aprendizaje se complementa con el uso de un libro [7] y otros materiales de referencia. Esta estrategia permite ir avanzando en el proyecto paulatinamente a lo largo de la cursada permitiendo la introducción de los nuevos temas.

A continuación, en la Sección 2, se describe el proyecto en sus partes constitutivas, mientras que en la Sección 3 se detalla cómo cada una de esas partes se corresponde con el proceso de enseñanza-aprendizaje utilizado. En la Sección 4 se discuten algunos resultados obtenidos y finalmente en la Sección 5 se elaboran las conclusiones.

2. Descripción general del proyecto

El objetivo del proyecto es construir un sistema de comunicaciones; en particular, un *intercomunicador de audio digital*, sistema electrónico capaz de digitalizar una señal de audio obtenida mediante un micrófono y transmitir esos datos digitales por medio de una interfaz de comunicación serie. A su vez, el mismo debe ser capaz de recibir los datos digitales de audio enviados por otro sistema similar, convertirlos a una señal analógica y reproducirla por un parlante de baja potencia. En la Figura 1 se muestra el esquema del conexionado entre dos intercomunicadores, A y B.

El intercomunicador está dividido en tres etapas determinadas por cada parte funcional del sistema: a) *etapa analógica de entrada* (captura de audio), b) *etapa digital y de comunicación* (procesamiento) y c) *etapa analógica de salida* (reproducción).

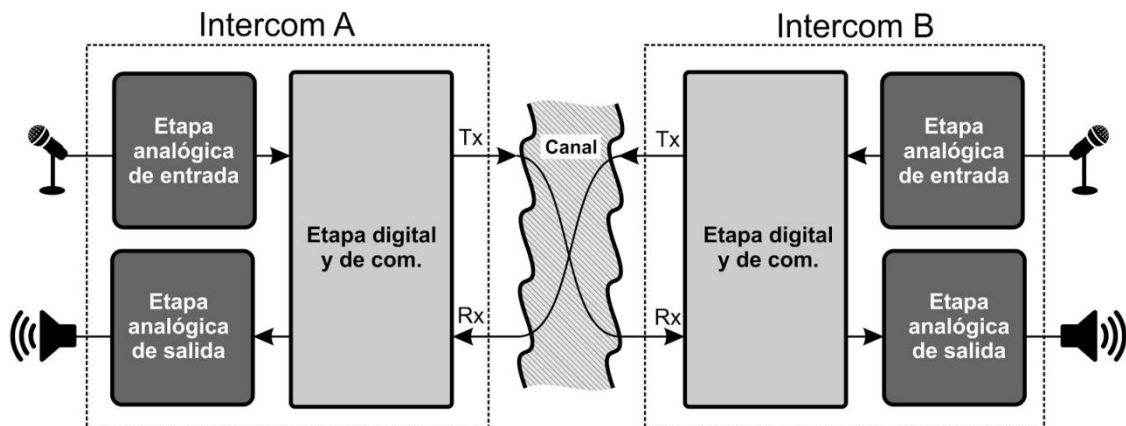


Figura 1. Esquema general del sistema de comunicaciones de voz.

Estas tres etapas principales están a su vez integradas por distintas sub-etapas, como se describe en la Figura 2, las cuales se desarrollan a continuación.

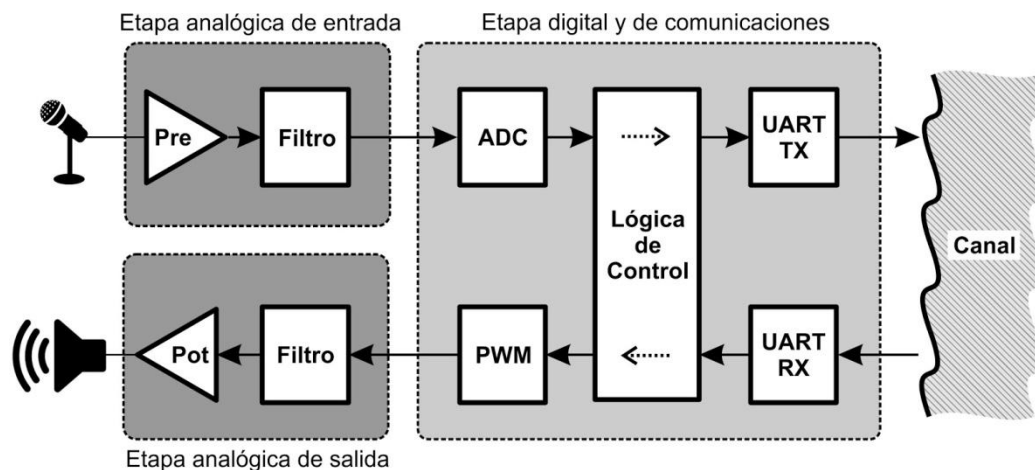


Figura 2. Esquema detallado de los bloques que conforman las etapas del intercomunicador.

La *etapa analógica de entrada*, cuyo circuito esquemático se representa en la Figura 3, cumple la función de amplificar y acondicionar la señal de reducida amplitud proveniente del micrófono. Esta etapa está compuesta por un pre-amplificador (Pre) basado en el operacional LM324 y adicionalmente por un filtro pasa-bajos (Filtro). El propósito de este filtro es limitar la banda de frecuencias de la señal de audio (según especificaciones) para evitar un posterior efecto de *aliasing*, ya que la misma será muestreada luego por la etapa de digitalización.

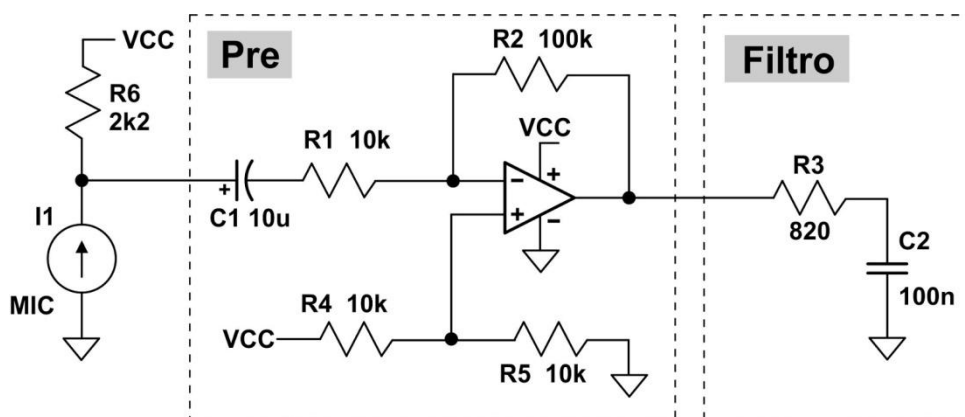


Figura 3. Circuito esquemático de la *etapa analógica de entrada*, conformada por el pre-amplificador (LM324) con regulación de ganancia y filtro *antialiasing*.

La *etapa digital y de comunicación*, implementada en un microcontrolador como se indica en la Figura 4, contempla dos tareas que funcionan en simultáneo de manera sincronizada. En primer lugar, permite digitalizar la señal analógica (audio a transmitir) utilizando el ADC (*Analog to Digital Converter*) integrado, capturando muestras a una tasa de muestreo especificada. Luego, la interfaz de comunicación serie transmite las muestras capturadas de la señal a otro intercomunicador similar (o a través de un *loopback* con él mismo, para hacer pruebas de funcionamiento). Cada dato digital que se recibe del canal (amplitud de cada muestra enviada por el sistema remoto) es utilizado para modificar el ancho de pulso de una señal PWM (*Pulse Width Modulation*) generada por el microcontrolador y asignada a un *pin* de salida.

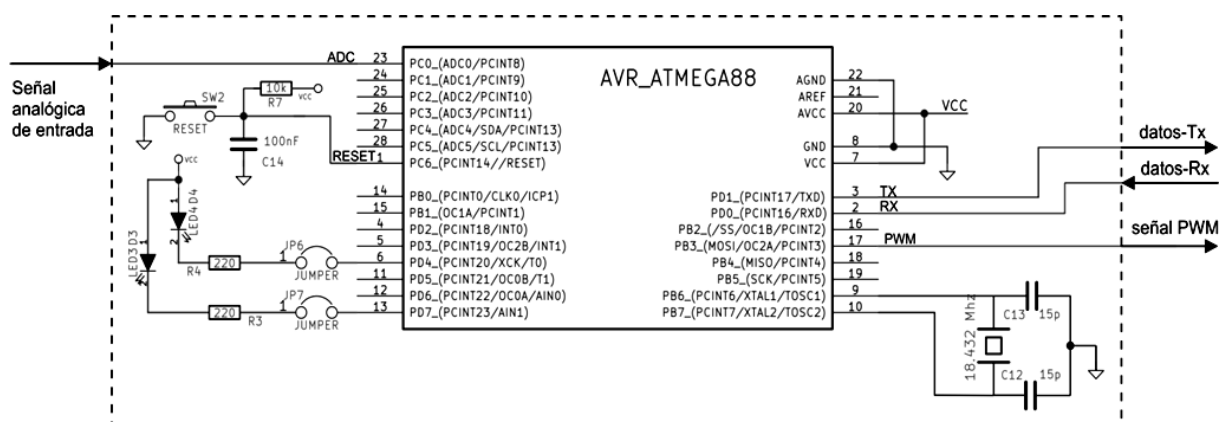


Figura 4. Circuito esquemático de la *etapa digital y de comunicación*, conformada por el microcontrolador ATMEGA88.

La *etapa analógica de salida*, indicada en la Figura 5, cumple dos funciones principales: demodular mediante un filtro pasa-bajos a la señal de PWM que genera la etapa digital y amplificarla con un circuito de potencia para su reproducción en un parlante. La demodulación de la señal de PWM completa el proceso de conversión Digital/Analógico del sistema mediante la utilización de un filtro RC de primer orden, obteniendo una señal similar a la entrada de audio original. El amplificador de salida se basa en el circuito integrado LM386, que es un amplificador de potencia específico para trabajar con señales de audio de pequeña tensión con fuente simple. Se ha elegido la configuración básica recomendada por el fabricante, a la que se le añade un capacitor de desacople C4 (ya que la señal de entrada debe tener valor medio nulo). Además, se coloca un divisor de tensión variable a modo de atenuador para que funcione como control de volumen de salida del sistema completo. Por último, se agrega un capacitor (C1) a la salida para evitar el acoplamiento de corriente continua sobre una carga dada por auriculares o un pequeño parlante (para las mediciones se utilizó una resistencia equivalente de $32\ \Omega$).

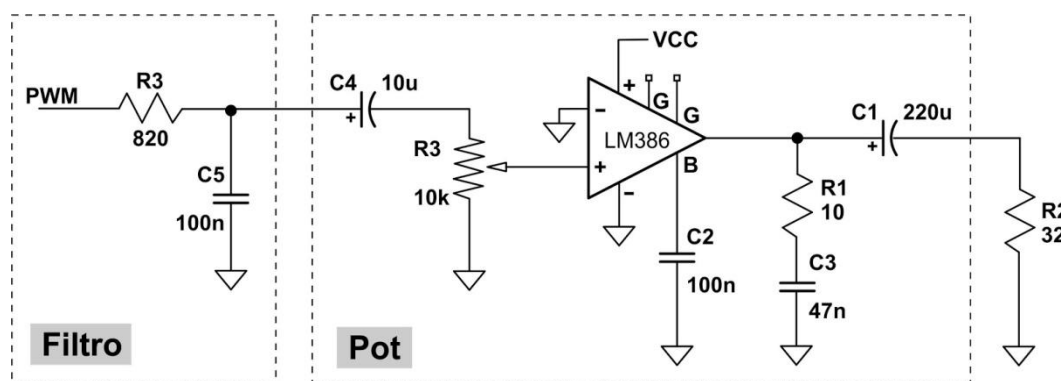


Figura 5. Circuito esquemático de la *etapa analógica de salida*, compuesta por el filtro para PWM, el amplificador de potencia LM386 con control de volumen y una carga equivalente a un auricular.

Las especificaciones generales del proyecto se establecen de tal forma que permitan al estudiante realizar algún proceso de diseño básico, y al mismo tiempo le sirvan para estimular las necesidades de aprender a utilizar los instrumentos de medición para validar el cumplimiento de esas especificaciones. Por ejemplo, se han establecido las siguientes:

Tabla 1. Especificaciones generales del proyecto.

Magnitud	Valor	Unidad
Tensión de alimentación	5	V
Tensión de entrada (AC - valor pico)	< 100	mV
Tensión de salida (AC - valor pico)	< 2,5	V
Impedancia de carga	32	Ω
Ancho de banda de entrada	$2 \pm 15\%$	kHz
Frecuencia de muestreo	$4 \pm 15\%$	kHz

3. Modalidad de trabajo implementada

El sistema se implementa en dos módulos separados, presentados en la Figura 6. Por un lado, en una placa experimental, los estudiantes deben armar y medir las etapas analógicas de entrada y salida ya descritas en la Sección 2. El otro módulo es una placa de desarrollo basada en un microcontrolador Atmel AVR de 8 bits [8,9], diseñada por integrantes del Club de Robótica de la FIUBA, conformando ésta la etapa de digitalización y comunicación.

El diseño y los medios de fabricación de la placa de desarrollo son provistos por la Facultad (a través del Laboratorio de Circuitos Impresos de la FIUBA) al igual que el programador. A su vez, el código fuente para el *firmware* del proyecto y de los diferentes trabajos prácticos es proporcionado por el personal docente, permitiendo la utilización del ADC, la interfaz de comunicación serie UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) y un canal de salida PWM.

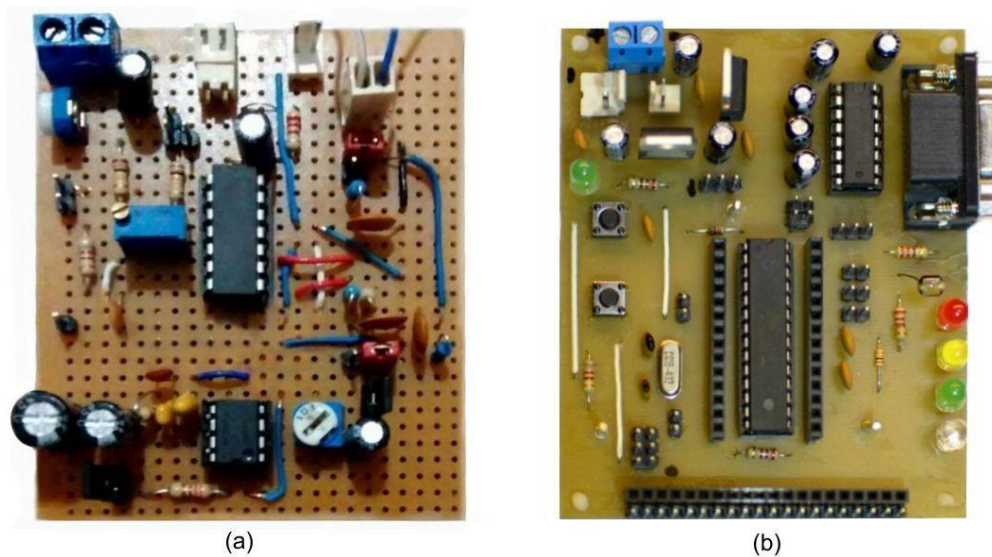


Figura 6. Módulos principales: (a) placa experimental. (b) placa de desarrollo del Club de Robótica.

Bajo esta modalidad, durante la cursada se desarrollan un conjunto de actividades mediante las cuales se van completando cada una de las etapas del proyecto en las que el estudiante incorpora muchos de los conceptos requeridos en el programa de la asignatura. Del mismo modo, permiten la comprensión del funcionamiento y configuración del intercomunicador, realizando sobre el mismo los ensayos que comprueben el correcto funcionamiento de cada etapa y del sistema integral según las especificaciones preestablecidas. De esta manera es posible incorporar el concepto de modularización o etapas, entendiendo que se puede resolver un problema de mayor complejidad dividiéndolo en problemas más pequeños. Otro aspecto a resaltar es la experiencia que se adquiere mediante el armado de los circuitos, mediciones, etc., ya que se enfrentarán con diversas dificultades, como ser: saturación de la señal a la salida de un amplificador, ruido y oscilaciones, problemas con soldaduras defectuosas, errores en el cableado, etc. Todos estos problemas, son resueltos con ayuda de los docentes o por los mismos estudiantes, permitiéndoles ganar esa experiencia práctica; comprendiendo las razones de la falla y su posible solución, y teniendo en cuenta que éstas no siempre se manifiestan en el análisis teórico.

3.1 Etapa analógica de entrada

Previo a la realización de esta etapa, los estudiantes ya han analizado y ejercitado durante la cursada los conceptos básicos de ley de Ohm, leyes de Kirchhoff, respuesta en frecuencia y el funcionamiento elemental de un amplificador operacional (con topología inversor), así como también el manejo de instrumental de medición. Con estas herramientas, están en condiciones de entender la función de cada componente del circuito propuesto, armarlo, medirlo y contrastar los resultados con la teoría. Para esta etapa, cuyo circuito esquemático se indicó en la Figura 3, el estudiante realiza un trabajo práctico que consta de las siguientes dos actividades:

Actividad 1): La primera actividad tiene por objetivo fijar los conceptos de amplificación (midiendo la ganancia del amplificador no inversor), divisor de tensión (para fijar la componente continua que requiere el amplificador al estar alimentado con fuente simple) y desacople de continua (para la señal proveniente del micrófono electret). La configuración de amplificación y nivel de tensión continua se hace en función de un máximo aprovechamiento del rango dinámico especificado por el ADC. En esta práctica se realizan las primeras pruebas sobre un *protoboard*, para luego trasladarlas en forma definitiva a la placa experimental. Las mediciones solicitadas en esta actividad permiten también plantear el concepto de equivalente de Thévenin, ya que requiere el uso de un generador de funciones en reemplazo del micrófono, con el que se excita al circuito en forma controlada.

Actividad 2): Con la segunda actividad se busca fijar el concepto de filtrado, respuesta en frecuencia y tiempo de crecimiento. Los grupos de estudiantes diseñan el filtro *antialiasing* encontrando los valores de componentes adecuados para obtener la frecuencia de corte especificada. La síntesis del filtro plantea la necesidad de determinar un criterio para elegir principalmente el porcentaje de atenuación tanto para la banda de paso como para las frecuencias no deseadas. Los estudiantes evalúan la relación de compromiso del criterio que consideran adecuado y refuerzan el concepto de que no hay una única solución ideal sino un conjunto de posibles soluciones con distintas relaciones de costo/beneficio.

3.2 Etapa de digitalización y comunicación

Teniendo en cuenta que el estudiante no posee necesariamente un conocimiento previo de microcontroladores y programación, esta etapa se realiza a partir de tres actividades simples (en funcionalidad y codificación) que permiten hacer demostraciones interactivas de la programación del microcontrolador y el manejo de las funciones que forman parte del *firmware* del sistema de comunicaciones. Esto permite que el estudiante explore constantemente el código proporcionado y así se pueda familiarizar con la programación a un nivel básico. Se alienta además la utilización de un entorno Linux presentando y fomentando el uso de herramientas libres, tanto desde la practicidad como desde un punto de vista paradigmático.

Actividad 3): En este caso se busca que el estudiante entienda el concepto de conversor Analógico/Digital y el código fuente que permite capturar los valores de tensión en cada instante de muestreo. Para ello, mediante un divisor de tensión implementado con un resistor variable, se aplican diferentes niveles de tensión en la entrada ADC del microcontrolador. El *firmware* otorgado por la cátedra es muy simple y está preparado para encender distintos LEDs de la placa de desarrollo (a modo de vúmetro) en función del nivel de tensión fijada en la entrada ADC. Finalmente, se invita a los estudiantes a registrar imágenes visuales de esta experiencia como verificación del funcionamiento.

Actividad 4): En esta actividad se busca fijar el concepto de modulación PWM, así como la comprensión y manejo necesario del código para la configuración de la misma en el contexto del *hardware* que se utiliza. Para ello, se prueba un *firmware* que genera una señal PWM donde el estudiante modifica el código fuente para configurar distintos anchos de pulso, ob-

servando la forma de onda en el osciloscopio y midiendo la frecuencia portadora de esa señal. Luego, se experimenta con otro *firmware* que permite generar una señal PWM cuyo ancho de pulso varía automáticamente de acuerdo a muestras de una onda sinusoidal generadas por código, observando en el osciloscopio la variación del ancho de pulso en función del tiempo.

Actividad 5): Para este caso, se pretende que el estudiante compruebe el funcionamiento de la interfaz UART basada en RS232 que posee el microcontrolador. La propuesta es cargar un *firmware* que transmite un carácter fijo en forma periódica, apreciando en el osciloscopio la salida de transmisión (Tx) para medir el tiempo de bit, calcular la tasa de transmisión e identificar los bits de *start* y *stop*, así como el contenido del byte transmitido. Estas mediciones permiten analizar conceptos relacionados con el uso de protocolos de comunicación, sus ventajas y desventajas.

3.3 Etapa analógica de salida

El diseño de la etapa de salida, mostrado en la Figura 5, permite incorporar la idea de demodulación de una señal PWM, reforzar los conceptos de respuesta en frecuencia, filtrado, manejo de instrumental, desacoplamiento de la señal, divisor de tensión, manejo de un amplificador integrado específico para audio y sus diferencias con un amplificador operacional convencional. Para cubrir estos objetivos se plantean las siguientes dos actividades:

Actividad 6): En primer lugar, se realiza un procedimiento muy similar a la actividad 2, midiendo la respuesta en frecuencia del filtro RC pasa-bajos. El diseño debe incluir un criterio de atenuación para la portadora PWM recuperando la señal modulante. Se requiere además la determinación de los componentes que consideren más apropiados para el filtrado (por lo general muy similares al primer filtro). Luego, se sintetiza con el microcontrolador la misma señal PWM de la actividad 4, donde la onda sinusoidal posee una frecuencia cercana a la máxima de trabajo (2 kHz). Se solicita realizar observaciones de la señal filtrada para comprender tanto el proceso de reconstrucción como los efectos distorsivos introducidos por el sistema.

Actividad 7): Se verifica el correcto funcionamiento del amplificador midiendo la ganancia (sin considerar el atenuador variable). Una vez verificado esto, se debe obtener la máxima amplitud a la salida ajustando el atenuador variable y garantizando que no ocurra la saturación del amplificador frente a una señal de máxima amplitud posible (5 V pico a pico) en la entrada. Esta actividad permite a los estudiantes obtener conclusiones con respecto a la necesidad de amplificar potencia incluso en situaciones donde no parece necesario amplificar tensión.

3.4 Planificación de actividades

El proyecto fue diseñado específicamente para alcanzar su concreción en un cuatrimestre sin exceder la duración de la cursada, considerando que la asignatura posee una carga de 6 horas de clase semanales a lo largo de 16 semanas.

Los objetivos generales del proyecto se discuten desde el inicio del curso. Luego de analizar los conceptos teóricos básicos de la asignatura, se reparten informes o monografías que analizan temas particulares relacionados con el proyecto para que los grupos los estudien y luego los expliquen al curso mediante exposiciones orales. Entre los temas de estudio asignados se contemplan: conversores A/D y D/A, operacionales, interfaz RS232, diseño de circuitos impresos, micrófonos y parlantes.

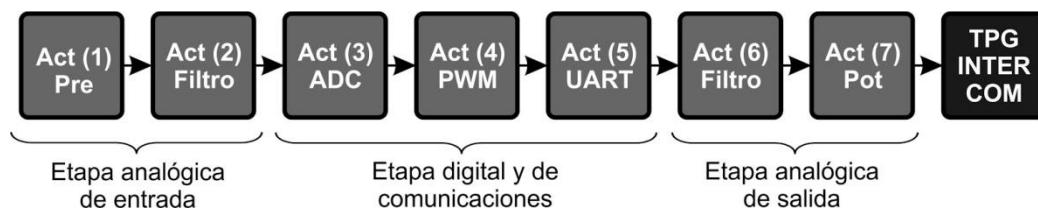


Figura 7. Actividades individuales, que conforman el TPG, desarrolladas a lo largo del cuatrimestre.

Las actividades asociadas a cada etapa del TPG se organizan cronológicamente como lo muestra la Figura 7. Se inicia con las actividades 1 y 2 correspondientes a la etapa de entrada y se dedican tres clases de tres horas. Se continúa con las actividades 3, 4 y 5 (tres clases en total), en donde se estudia el *firmware* relacionado con la etapa digital y de comunicación. Luego, a través de las actividades 6 y 7 (dos clases), se trabaja en la etapa de salida. Finalmente se integran todas las partes, de tal forma que en las últimas semanas de cursada (cinco clases aproximadamente) los estudiantes deben mostrar un dispositivo funcional, demostrando que puede comunicarse con el intercomunicador de otro grupo. La evaluación del trabajo incluye la presentación de un informe final y una exposición oral del mismo. En esta exposición se incentiva a los estudiantes para que detallen las decisiones tomadas, los resultados obtenidos, las dificultades encontradas y los métodos de abordaje a éstas.

La modalidad de trabajo adoptada es, en primer lugar, de característica grupal. Por lo tanto, para optimizar el tiempo, se sugiere que cada grupo se organice ante cada etapa estableciendo referentes de cada una de las tareas, pero siempre manteniendo el carácter cooperativo del trabajo. Otra acción sugerida para optimizar tiempos, es la realización de consultas de ayuda concretas al personal docente. Esta modalidad facilita la concreción del proyecto en el tiempo estipulado y concentrando mayormente el trabajo durante las clases efectuadas en el laboratorio. También se establecen pautas para que se documente todo el trabajo realizado en las tareas y las decisiones tomadas, incluyendo su justificación. Esta documentación debe estar ordenada en un cuaderno de laboratorio con las mediciones realizadas y las notas pertinentes; la que además, servirá para la confección del informe final y la exposición oral.

4. Resultados y Discusión

El proyecto descrito ha sido realizado por los estudiantes que cursaron durante cuatro cuatrimestres entre 2014 y 2016, siguiendo esta modalidad de trabajo. Al finalizar cada curso, se solicitó a los estudiantes que completaran una encuesta acerca de la asignatura. En la Figura 8 se muestran los resultados porcentuales de las respuestas a la pregunta “¿Te resultó beneficioso el armado del proyecto?”. Los resultados obtenidos de los dos primeros cuatrimestres muestran que más del 80% de los estudiantes se manifestaron en forma muy positiva respecto del beneficio que la realización del TPG había significado para su introducción al campo de la ingeniería electrónica. Este porcentaje se elevó posteriormente, observando que más del 90% de los estudiantes encontraron beneficiosa la experiencia. Esto podría suponer una correlación entre el entusiasmo de los estudiantes y el grado de organización en el desarrollo del proyecto, que se ha ido mejorando y refinando en cada cuatrimestre. Aunque la cantidad de cuatrimestres en los que se desarrolló el presente esquema no permite establecer resultados estadísticos confiables, parecería no evidenciarse una correlación apreciable entre estas opiniones y el cuatrimestre en el que se cursó la asignatura.

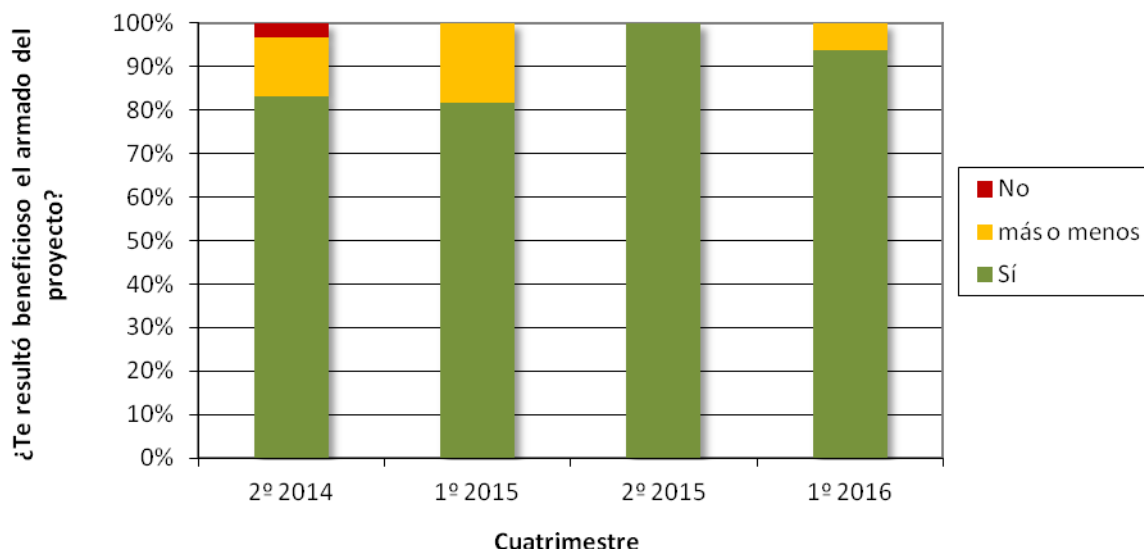


Figura 8. Distribución porcentual de las respuestas a la pregunta “¿Te resultó beneficioso el armado del proyecto?” perteneciente a la encuesta realizada al final del curso.

Por otra parte, la Figura 9 muestra que en los últimos cuatrimestres se ha producido un incremento en la cantidad de horas semanales que los estudiantes le dedicaron a estas actividades fuera de clase, pero sin sobrepasar en general la carga horaria prevista originalmente en el plan de estudios. Esto podría deberse a una mayor motivación en los estudiantes para involucrarse en cada aspecto del proyecto (considerando que no se habían introducido mayores exigencias respecto de los cuatrimestres anteriores). De cualquier manera, se deberían realizar otros estudios para descartar otras causas posibles, como la formación previa diversa, o dificultades de armado, entre otras.

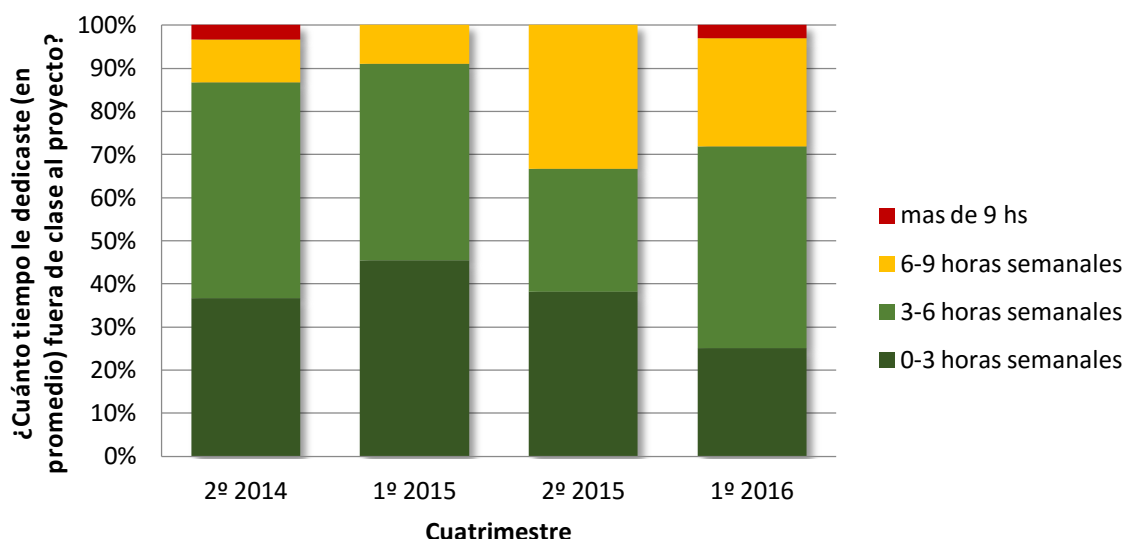


Figura 9. Distribución porcentual de las respuestas a la pregunta “¿Cuánto tiempo le dedicaste (en promedio) fuera de clase al proyecto?” perteneciente a la encuesta realizada a fin del curso.

Por otro lado, se observaron las dificultades principales que tuvieron los estudiantes en el armado de las etapas y las mediciones para la comprobación de cada módulo. La dificultad más significativa fue la detección y corrección de las fallas en el funcionamiento de los circuitos,

normalmente generadas por el armado incorrecto del mismo. Estas fallas incluyeron diversas problemáticas y cuestiones prácticas relacionadas con las soldaduras, aspectos mecánicos, distribución de componentes, compatibilidad entre placas, etc., las cuales se manifestaron principalmente durante la verificación de los circuitos de la placa experimental. A esto se suman la aparición de fallas espurias y discrepancias de funcionamiento entre los circuitos armados en *protoboard* y la placa experimental. Esto ha requerido una dedicación significativa por parte de los estudiantes para el análisis y la corrección de dichas fallas, haciendo uso de todos los conceptos fundamentales de la asignatura y el soporte del grupo docente. Así, las dificultades fueron resueltas en algunos casos mediante soluciones típicas expuestas por los docentes, soluciones obtenidas de la bibliografía o soluciones ingeniosas propuestas por los estudiantes.

5. Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo muestra la aplicación de una variante de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Se describe el diseño de un intercomunicador de voz, proyecto aplicado para el desarrollo de una asignatura introductoria de la ingeniería electrónica correspondiente al segundo año de la carrera. Además, se muestran las actividades relacionadas para la concreción del trabajo, el cual motiva el aprendizaje de los contenidos en un entorno similar al de un trabajo de ingeniería. Dado que los estudiantes cuentan con gran parte del diseño ya proporcionado en los enunciados de las actividades, sus tareas se limitan a la comprensión, configuración de parámetros de diseño, armado de los módulos y verificación de funcionamiento por mediciones. Estas características del proyecto hacen de la metodología planteada, una variante de ABP adecuada para su aplicación en una asignatura inicial en la carrera. Asimismo, la aplicación práctica de los conceptos teóricos analizados en la asignatura, durante las tareas de detección y corrección de fallas, indican una significativa aprehensión de los mismos.

6. Referencias

- [1] VEIGA, R.A.; FERREIRA AICARDI, F.; GRAÑA, J. (2014). Estrategias didácticas adaptadas al perfil de los estudiantes en Introducción a la Ingeniería Electrónica, *II Congreso Argentino de Ingeniería - CADI 2014 y VIII Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería - CAEDI 2014*, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- [2] FERREIRA AICARDI, F.; GRAÑA, J.; VEIGA, R.A. (2013). Primeras experiencias en Aprendizaje Basado en Proyectos en asignaturas introductorias a la Ingeniería Electrónica, *XV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control*, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina.
- [3] CORBELLINI, E.; GARCÍA MARRA, S.; MONZÓN, P.; VEIGA, R.A. (2013). Análisis de una experiencia didáctica basada en proyectos en la asignatura Introducción a la Ingeniería Electrónica (FIUBA), *Congreso en Docencia Universitaria*, Buenos Aires, Argentina.
- [4] SAVAGE, R.N.; CHEN, K.C.; VANASUPA, L. (2007). Integrating Project-based Learning throughout the Undergraduate Engineering Curriculum. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, v.8, n.3, p.15-27; también publicado en (2009) *IEEE Engineering Management Review*, v.37, n.1, p.25-37.
- [5] ZHANG, Z.; HANSEN, C.T.; ANDERSEN, M.A.E.. (2016). Teaching Power Electronics With a Design-Oriented, Project-Based Learning Method at the Technical University of Denmark. *IEEE Transactions on Education*, v.59, n.1, p.32-38.

- [6] KYLE, A.M.; JANGRAW, D.C.; BOUCHARD, M.B.; DOWNS, M.E. (2016). Bioinstrumentation: A Project-Based Engineering Course. *IEEE Transactions on Education*, v.59, n.1, p.52-58.
- [7] ROBBINS A.H.; MILLER W.C. (2008). *Análisis de circuitos: Teoría y Práctica*. Cengage Learning, 4^a Edición.
- [8] CORBELLINI E.M.; GARCÍA MARRA S.; BURMAN A. (2015). Aprendiendo a programar un microcontrolador. Material del curso. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- [9] CORBELLINI E.M.; GARCÍA MARRA S.; BURMAN A. (2015). Acerca de la placa de desarrollo. Material del curso. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

PROYECTO FINAL DE CARRERA: UNA EXPERIENCIA INTERDISCIPLINARIA

Sírtori, Norberto Rubén; UTN-FRRe, ingsirtori@gmail.com

Zurlo, Hugo Daniel; UTN-FRRe, hzurlo@gmail.com

Roces, Carlos; FAU-UNNE, carlosroces55@hotmail.com.ar

Salto, Felipe; UTN-FRRe, felipesalto@hotmail.com

Resumen

El Proyecto Final de Carrera (PFC) permite llevar a cabo un trabajo práctico real, que resuelva un problema concreto, a la vez que representa un primer contacto formal del alumno con la realidad profesional en la que va a integrarse al finalizar sus estudios.

Se presenta la experiencia de trabajo conjunto entre grupos de estudiantes del último año de las carreras de Ingeniería Electromecánica (IEM) e Ingeniería Química (IQ) de la Facultad Regional Resistencia (FRRe) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y sus pares de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) en una aproximación realista a lo que constituye el ejercicio profesional de arquitectos e ingenieros.

Se destaca la importancia del desarrollo de capacidades relacionadas con las relaciones interpersonales, la comunicación, el trabajo en equipo y la integración de contenidos interdisciplinarios para el abordaje integral de situaciones problemáticas complejas que involucran el hábitat humano y su impacto sobre el medio ambiente.

Se obtuvieron resultados satisfactorios en términos de integración de los equipos de trabajo que sin perder la autonomía lograron PFC con innovaciones importantes en lo que hace al tratamiento de residuos de la actividad humana, el consumo eficiente de la energía garantizando condiciones de confort y la incorporación de fuentes renovables de energía.

Palabras clave— *proyecto final de carrera, interdisciplinario, docencia.*

1. Introducción

La inquietud de integrar saberes, compartir y complementar conocimientos entre distintas carreras es un tema presente en la enseñanza actual de las carreras de grado y en particular de los docentes y autoridades de las cátedras que intervienen en este desarrollo. El PFC es el espacio curricular donde esta inquietud puede plasmarse en la forma más concreta.

Diversos autores han analizado la importancia del desarrollo de capacidades relacionadas con las relaciones interpersonales, la resolución de problemas, el trabajo interdisciplinario, la comunicación y el desarrollo de trabajos prácticos que incluyan la resolución de problemas reales.[1]

El Proyecto Final de Carrera (PFC) permite llevar a cabo un trabajo práctico real, que resuelva un problema concreto. Se destaca la importancia que el aprendizaje mediante el servicio tiene a la hora de desarrollar las habilidades de comunicación, trabajo en equipo, multidisciplinariedad, desarrollo de problemas reales. [2]

“El PFC representa, la mayoría de las veces, el primer contacto formal del alumno con la realidad profesional en la que va a integrarse al finalizar sus estudios. Desde este punto de vista, su realización debe contemplar dos vertientes: una académica, con el objeto de utilizar de forma coordinada muchos de los conocimientos que ha ido adquiriendo a lo largo de la carrera, y otra práctica, profesional, en la que trata de resolver un conjunto de problemas interrelacionados y complejos, eligiendo una alternativa realista tanto desde el punto de vista técnico como económico.”[3]

“Esta asignatura tiene como objetivo la realización de un proyecto de ingeniería dirigido y/o asesorado por profesores, investigadores o ingenieros en ejercicio de la profesión.”[4]

1.1 Antecedentes

Las primeras experiencias de trabajo conjunto se concretaron entre las carreras de Ingeniería Química (Cátedra Integración V- Proyecto Final) e Ingeniería Electromecánica (Cátedra Integración V- Proyecto Final) de la Facultad Regional Resistencia de la UTN, donde se realizaron los PFC interdisciplinarios, que se enumeran a continuación:

- 2005: Elaboración de Sangre en Polvo; Cinthia Bogarin (IQ) y Fernando Bogarin (IEM)
- 2012: Planta Elaboradora de Biodiesel; Natalia Magran, María Emilia Figueroa (IQ) y Nicolás Giacomello (IEM)
- 2013: Producción de Almidón de Mandioca; Claudia Szames, Esteban Contreras Lafuente (IQ) y Lucas Fernandez Dos Santos (IEM)

En estos casos los alumnos de ambas carreras ejecutan un único trabajo que es evaluado por cada cátedra en los aspectos propios de las competencias profesionales. Esta actividad se vio favorecida por la similitud en los formatos de presentación de los PFC de cada carrera por pertenecer a la misma Facultad. En todos los casos los alumnos consideraron como muy positiva la interacción entre carreras, lo que constituye una base sólida para el presente trabajo.

La inquietud de integrar conocimientos mediante los PFC en carreras con cierta afinidad como IQ e IEM, donde a través del proyecto de una planta industrial se complementan ambas carreras, llevó también a considerar problemas más amplios como la sustentabilidad que demandan las obras de arquitectura e ingeniería lo que permitió que se estableciera el vínculo entre las dos carreras ya mencionadas y la de Arquitectura.

Las Secretarías Académicas de la Facultad Regional Resistencia de la UTN y de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE tomaron los antecedentes citados y con la participación de las respectivas Direcciones de Carrera y los Titulares de las Cátedras responsables de los PFC se propusieron realizar esta experiencia.

1.2 Objetivos

Los objetivos perseguidos fueron:

- Integrar los conocimientos de manera similar a un trabajo real;
- formar profesionales con capacidad para trabajar en forma interdisciplinaria; y
- desarrollar proyectos que puedan transferirse más fácilmente al medio.

2. Materiales y Métodos

Establecidos los vínculos informales entre docentes de las tres carreras se inició el proceso de formalizar la relación dándole carácter institucional mediante la realización de reuniones a distinto nivel, como ser, entre los docentes de las tres carreras, y con los Secretarios Académicos y Directores de Carrera de la FRRe y la FAU, a fin de definir los requerimientos propios de la Ingeniería y compatibilizarlos con los de la Arquitectura. Se seleccionó así, como objeto un edificio de departamentos y oficinas que permitiera la intervención conjunta de estudiantes de las tres carreras.

2.1 Descripción del Objeto y Tareas

Se optó por un edificio de departamentos y oficinas sobre una superficie de 2.500 m² ubicado en el centro de Resistencia (esquina de J.M. Paz y Av. 9 de julio)

Premisas del proyecto

- Máxima ocupación de la superficie
- Edificio sustentable que aproveche las oportunidades de generar parte de la energía que consume combinado con un uso eficiente de la energía
- Reducción de la emisión de efluentes

En base a estas premisas se fijaron los lineamientos de los TFC para cada carrera

Tareas que se definieron:

- El aprovechamiento de los efluentes para generar biogás
- El aprovechamiento de la energía solar para generar electricidad
- El diseño para reducir el consumo de energía en iluminación y climatización

Para IQ

- Definir la forma de aprovechar los efluentes y transformarlos obteniendo biogás
- Diseñar los equipos para el tratamiento con las limitaciones del entorno

Para IEM

- Aprovechar el biogás para generación de energía eléctrica
- Aprovechar la energía solar

Para Arq

- Diseño Bioclimático y contemplar la utilización de Energías Renovables

Aspectos del trabajo que surgen

Algunos de los aspectos que surgieron del trabajo:

- La imposibilidad de tratar todos los efluentes líquidos
- La imposibilidad de usar el biogás como combustible en los departamentos
- La dificultad de almacenar el biogás

Soluciones que surgieron:

- Contemplar en el diseño de cada departamento la separación de los efluentes con alta carga orgánica (inodoro y triturador de cocina) y los de baja (lavadero, ducha, bidet, lavamanos) que además pueden contener químicos contaminantes para las bacterias del biodigestor.
- Esto implica un doble sistema de descarga de efluentes: el de menor contenido de materia sólida que va directamente a la red cloacal y el de mayor contenido de materia sólida que se biodigesta para producir biogás, antes de ser enviado a la red.
- El uso de celdas de combustible para transformar el biogás (metano) en electricidad
- La utilización de celdas fotovoltaicas para generar electricidad

3. Resultados y Discusión

Se conformaron grupos de trabajo por carrera que trabajaron en forma autónoma pero vinculados a los grupos de las otras carreras; se produjeron dos proyectos de IQ, dos de IEM y un proyecto de Arquitectura, todos los cuales incorporaron elementos de los demás proyectos. Durante todo el proceso la comunicación se dio a través de varias formas: reuniones organizadas por las cátedras (docentes y alumnos), encuentros espontáneos entre alumnos y comunicación vía internet; en algunos casos la información se organizaba y presentaba en forma sistematizada y en otros se producían consultas y se devolvían respuestas en forma puntual.

No obstante la diferencia de matices entre los proyectos presentados por los distintos grupos, todos cumplieron con lo que se pretendió desde el punto de vista de los contenidos disciplinares y competencias profesionales de la carrera correspondiente. Así fue como se logró dimensionar un edificio de altura destinado a vivienda y actividades laborales y comerciales en cuyo diseño se tuvieron en cuenta criterios de bioclimatismo visibles en las características de la envolvente tanto en lo referente a su comportamiento higrotérmico como a lo estético y funcional, con el fin de morigerar al máximo el consumo energético necesario para garantizar el confort de los ocupantes.

En lo que respecta a los estudiantes de IEM, dimensionaron -para el edificio mencionado- el equipamiento termomecánico necesario para el desarrollo de las actividades previstas en él y proyectaron la instalación eléctrica total del edificio, incorporando sistemas de generación fotovoltaica para abastecimiento parcial de la demanda eléctrica del edificio, complementando con el dimensionamiento de una planta de generación eléctrica por celdas de combustible alimentada directamente con el biogás obtenido en el biodigestor proyectado, a su vez, por los estudiantes de IQ. Este bioreactor de digestión cuenta con la tecnología adecuada para lograr el manejo eficiente de un volumen importante de efluentes líquidos con arrastre de sólidos en suspensión obteniendo como subproductos principales el biogás que se acumula en un gasómetro con capacidad para algunas horas de producción, y como subproducto un lodo rico en nutrientes que pueden utilizarse como fertilizante.

3.1 Resultados desde el punto de vista didáctico

Desde lo académico formativo se obtuvo un resultado claramente positivo.

- Los alumnos se motivaron y pudieron intercambiar conocimientos
- Se logró integrar distintas disciplinas
- Los alumnos tomaron conciencia de las limitaciones de cada carrera y de la necesidad del trabajo interdisciplinario

No se pudo:

- Unificar los trabajos de los alumnos en un único trabajo integrado

Lo que queda pendiente:

- Lograr compatibilizar las metodologías de trabajo de las distintas carreras
- Buscar una mayor integración a nivel de cátedras a fin de que todos los alumnos puedan incorporarse a un trabajo interdisciplinario

Lo que se sigue haciendo

- La voluntad de seguir trabajando en conjunto
- La continuidad del concepto del trabajo interdisciplinario

3.2 Resultados obtenidos en la visión de los alumnos

Se realizó una encuesta a los alumnos que intervinieron. Las preguntas realizadas fueron:

1 - ¿Cuál es su opinión de la experiencia?

2 - ¿Qué enseñanzas le dejó?

3 - ¿Qué propuestas tienen para mejorar la interacción con los otros grupos?

4 - ¿Qué otras sugerencias tiene?

Las respuestas en todos los casos fueron muy positivas.

Se reproducen algunas de ellas a título ilustrativo:

Pregunta 1: ¿Cuál es su opinión de la experiencia?

“El trabajo en equipo dentro de la facultad está bien desarrollado pues es una competencia de gran importancia en el ambiente laboral, y lo reconocen, sin embargo trabajar con personas que comparten los tecnicismos y aún más que se desempeñan en un mismo área es por lejos muy diferente a lo que realmente sucede. Así, el trabajo grupal en la facultad, realizado por integrantes de una misma carrera, generalmente culmina en división de tareas y trabajo individual -así lo viví yo-.

Por ese motivo decidí realizar un proyecto interdisciplinario; por fortuna para mí (o no), ese mismo año se planeaba una colaboración no sólo entre estudiantes de carreras diferentes, sino también entre facultades.” (IQ).

“La experiencia ha sido muy buena. Resultó muy nutritiva la interacción con profesionales y alumnos de otras carreras a la hora de debatir sobre la mejor opción para la resolución de un problema.” (IQ).

Pregunta 2: ¿Qué enseñanzas le dejó?

“Nos orienta para un futuro como profesionales trabajar con gente de otras disciplinas complementarias a la nuestra siendo una gran experiencia para nuestra formación y desarrollo como futuros profesionales, donde aprendimos las problemáticas de cómo trabajar en conjunto y proponer soluciones en común respetando todas las opiniones.” (IEM)

“Haber tomado parte del proyecto me permitió interactuar de manera casi profesional con personas formadas en áreas diferentes a la mía, lo que me permitió ser consciente de:

- las necesidades de otras disciplinas para el diseño de una instalación.
- la forma de interactuar con gente que no maneja ciertos tecnicismos.

la utilidad de la capacitación y el conocimiento de las otras áreas, ya sea mínimo, para comprender dichas necesidades.” (IQ)

Pregunta 3: ¿Qué propuestas tienen para mejorar la interacción con los otros grupos?

“Proponer un cronograma de trabajo presentando avances semanales y mayor comunicación entre los grupos aprovechando los diversos métodos de comunicación existente hoy en día.” (IEM)

Pregunta 4: ¿Qué otras sugerencias tiene?

“Podría sugerir simplemente que los profesionales de las distintas áreas tengan más participación en la definición del proyecto para constatar la posibilidad de ejecución y determinar dificultad que demandará luego a los estudiantes.” (IQ)

“Sería positivo, desarrollar más proyectos que involucren actividades interdisciplinarias. Difundirlas de manera de llegar a una mayor cantidad de alumnos e involucrar a docentes y grupos de investigación.” (IQ)

4. Conclusiones y recomendaciones

Se destaca la potencialidad de esta modalidad de trabajo conjunto para el desarrollo de soluciones creativas e innovadoras a problemas reales.

Además, se logra ejercitar, durante la etapa formativa de grado del futuro ingeniero, un saludable diálogo entre profesiones que concurren en un objeto común, como lo fue en este caso un edificio sustentable, evidenciando las dificultades del trabajo interdisciplinario, lo que predispone a superarlas en la vida profesional a partir de una mayor conciencia de la necesidad y conveniencia del abordaje multidisciplinario de los problemas reales.

Se recomienda ampliar la experiencia involucrando más carreras para abordar otros aspectos de la realidad y ejercitar mayor diálogo e interacción entre docentes de las distintas carreras en las materias específicas.

5. Referencias

- [1] VERNON, J. (2000). Engineering education - finding the centre or “back to the future”. *Europe Journal of Engineering Education*. Vol. 25 nº3, 215-225.
- [2] ORDÓÑEZ GARCÍA, J. *et al.* (2010). La Experiencia Del Proyecto Fin De Carrera En La Temática De Cooperación Al Desarrollo En La Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos De Granada, *Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación*. Granada.
- [3] GUTIÉRREZ, B. E. y RODRÍGUEZ, P. L. P. (2004). La opción curricular de titulación. *Revista Innovación Educativa*, México, Vol. 4 Núm 21. septiembre – octubre 2004. Publicación bimestral del Instituto Politécnico Nacional.
- [4] AQUINO ROBLES, J. A. (2005). *Propuesta de Manual de Contenidos de los Proyectos de Fin de Carrera de la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica*. Departamento de Tecnologías Avanzadas, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas UPIITA, Instituto Politécnico Nacional IPN. México.



III CADI
IX CAEDI
2016



USO DE SOFTWARE DE GEOMETRÍA DINÁMICOS EN LA INTERPRETACIÓN DE CONCEPTOS DEL ALGEBRA LINEAL.

Rodriguez Salemi, Carolina, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – UNCA,
caro_2sr@yahoo.com.ar.

Cisternas Fernández, María Inés, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – UNCA,
seminecist@yahoo.com.ar.

Verón Claudio Ariel, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – UNCA,
claudioveron@gmail.com.

Herrera, Carlos Gabriel, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – UNCA,
cgherrera@tecno.unca.edu.ar

Resumen — En el estudio de conceptos de Algebra Lineal, algunas de las dificultades cognitivas que se observan en los alumnos son derivadas de la falta de articulación de diferentes representaciones semióticas de un objeto matemático. Así por ejemplo investigaciones realizadas en el ámbito de la enseñanza del Algebra Lineal distingue entre otros y dependiendo del objeto matemático en estudio tres tipos de representaciones como ser los registros algebraica, tabular y gráfico. En casos particulares, como sistemas de ecuaciones lineales, estos se pueden expresar en representación escalar, matricial o como una combinación lineal de vectores. En este contexto las actividades cognitivas de conversión de una representación, que es la transformación de esta representación en otro registro, conservando la totalidad o solamente una parte del contenido de la representación inicial de un objeto matemático, juegan un rol fundamental en la comprensión de un concepto siendo importante la diferenciación de un concepto mismo y su representación semiótica. En este trabajo se utiliza el software de geometría dinámico GeoGebra para el estudio de transformaciones lineales a través de sus representaciones matricial, geométrica y algebraica, analizando asimismo las relaciones entre la matriz asociada, el núcleo y la imagen de la transformación en el espacio vectorial \mathbb{R}^2 .

Palabras clave: *Algebra Lineal, Representaciones Semióticas, Software Dinámico*

1. Introducción

Según Raymond Duval [1] el aprendizaje de la matemática es un campo de estudio propicio para el análisis de actividades cognitivas importantes como la conceptualización, el razonamiento, la resolución de problemas y la comprensión de textos. Enseñar y aprender matemática conlleva que estas actividades cognitivas requieran además del lenguaje natural o el de las imágenes, la utilización de distintos registros de representación y de expresión.

Los conceptos matemáticos no son objetos reales, por consiguiente se debe recurrir a distintas representaciones para su estudio y para llevar esto a cabo resulta importante tener en cuenta

que estas representaciones no son el objeto matemático en sí, sino que ayudan a su comprensión. Si no se distingue el objeto matemático de sus representaciones, no puede haber comprensión en matemática.

En el caso de conceptos de Algebra Lineal, Pavlopoulou, [2], aplica y prueba la teoría de Duval distinguiendo entre tres registros de representación semiótica de vectores: el Registro gráfico, el Registro tabular, y el registro simbólico (la teoría axiomática de los espacios vectoriales). También identificó una serie de errores de los estudiantes que podrían ser interpretadas como una confusión entre un objeto y su representación (especialmente un vector y su representación geométrica) o como una dificultad en la conversión de un registro a otro Dorier [3].

Otras investigaciones han confirmado las dificultades en los estudiantes en la actividad cognitiva de conversión de un registro de representación a otro como por ejemplo los trabajos de Soto [4] sobre conceptos básicos de la teoría de espacios vectoriales, Ramírez Sandoval et al. [5] sobre la coordinación de diferentes registros de representación de Transformaciones Lineales en el plano, Arellano Cabezas et al. [6] investigaron sobre dificultades en conversión de registros de representación en el tema sistemas de ecuaciones lineales, especialmente cuando se parte desde el registro gráfico de un sistema de ecuaciones lineales.

En el caso de Algebra Lineal, el trabajo con softwares educativos puede ayudar a resolver el problema de coordinación de diferentes representaciones de un objeto matemático, como ser algebraica, matricial, o gráfica. En las últimas décadas, paralelamente al desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación, han aparecido numerosos aplicativos o software de carácter educativo o científico que se pueden utilizar como herramienta didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos matemáticos.

Se pueden citar como antecedentes los trabajos de Klasa [7], quién propone un diseño pedagógico de temas de Algebra Lineal utilizando los softwares Cabri y Maple o Dreyfuss et al. [8] quienes trabajan con Cabri en la interpretación geométrica de Transformaciones Lineales. Kosa et al [9] utilizan Cabri para objetos geométricos en el espacio en la enseñanza de Geometría Analítica. Por su parte en los últimos años ha tenido un importante desarrollo en el dictado de contenidos matemáticos el software libre Geogebra. Así por ejemplo en los trabajos de Reis [10] y Zengin [11] se utiliza dicha aplicación como herramienta en el dictado de distintos temas matemáticos. Por otra parte el aplicativo MATLAB es un software científico muy utilizado como herramienta informática en la enseñanza de contenidos de Algebra Lineal. En este sentido existe numerosa bibliografía al respecto entre los que se pueden citar los textos de Kolman [12] o Grossman [13].

En el marco de trabajo en la Cátedra de Algebra de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, se han realizado experiencias utilizando software dinámico GeoGebra en el dictado de temas de Algebra Lineal y Geometría Analítica como por ejemplo los trabajos de Rodriguez Salemi et al. [14] y Verón et al. [15] respectivamente.

En función de lo citado precedentemente se plantea como objetivo de este trabajo evaluar el impacto del uso de Software de Geometría Dinámica en la coordinación de diferentes registros de representación semiótica del concepto Transformaciones Lineales en el Espacio Vectorial (\mathbb{R}^2 , $+$, \mathbb{R} , $*$) y sus conceptos asociados de núcleo e imagen.

2. Fundamentación Teórica

Dado que los objetos matemáticos son entes abstractos, sólo es posible trabajar con ellos a través de sus representaciones, considerándose que una representación es un signo o una configuración de signos, caracteres u objetos que pueden ponerse en lugar de algo distinto de él mismo (simbolizar, codificar, dar una imagen o representar). Por tal motivo, es posible que

el objeto representado varíe según el contexto o el uso de la representación del mismo, así por ejemplo en el caso de un gráfico cartesiano puede representar una función o quizás el conjunto solución de una ecuación algebraica.

En matemática, las representaciones no se pueden entender de manera aislada, así una gráfica particular en un sistema cartesiano adquiere sentido sólo como parte de un sistema más amplio con significados y convenciones formando un sistema de representaciones de un mismo objeto matemático según sostienen Goldin y Stheingold, [16].

“Se consideran representaciones internas los constructos de simbolización personal de los estudiantes, las asignaciones de significado a las notaciones matemáticas. Goldin incluye también como representaciones internas el lenguaje natural del estudiante, su imaginación visual y representación espacial, sus estrategias y heurísticas de resolución de problemas, y también sus afectos en relación a las matemáticas. Las representaciones cognitivas internas (o mentales) se introducen como una herramienta teórica para caracterizar las cogniciones complejas que pueden construir los estudiantes sobre las representaciones externas. No se pueden observar directamente, sino que son inferidas a partir de conductas observables” Godino, [17]

“Los sistemas de representaciones externas comprenden los sistemas simbólicos convencionales de las matemáticas. También se incluyen entornos de aprendizaje, como los que utilizan materiales manipulativos concretos, o micro mundos basados en el uso de ordenadores. Algunos sistemas de representación externos son principalmente notacionales y formales, como los sistemas de numeración, escritura de expresiones algebraicas, convenios de expresión de funciones, derivadas, integrales, etc. Otros sistemas externos muestran relaciones de manera visual o gráfica, como las rectas numéricas, gráficos basados en sistemas cartesianos o polares, diagramas geométricos; las palabras y expresiones del lenguaje ordinario son también representaciones externas. Pueden denotar y describir objetos materiales, propiedades físicas, acciones y relaciones, u objetos que son mucho más abstractos, Goldin, [18]”, citado por Godino, [19].

La relación entre estas dos modalidades de representación fue expresada por Duval [20], para que las representaciones mentales y las representaciones externas no puedan ser vistas como dominios diferentes, pues el desenvolvimiento de las representaciones mentales se da como una interiorización de las representaciones externas y la diversificación de las representaciones de un objeto aumenta la capacidad cognitiva del sujeto y, por consiguiente, sus representaciones mentales.

De igual modo y coincidiendo con Romero [21] es posible afirmar que se ha generado la comprensión de un concepto por parte de un estudiante, o de un docente, o de una persona en general, cuando el mismo ponga de manifiesto que ha enriquecido sus redes internas de conocimiento, lo cual sólo es posible observar a través de los sistemas de representación y a través de las actividades que pueda realizar asociadas a los mismos, con respecto al concepto en cuestión.

“Las representaciones semióticas son producciones constituidas por el empleo de signos que pertenecen a un sistema de representación. Una figura geométrica, un enunciado en lengua natural, una fórmula algebraica, una gráfica, son representaciones semióticas que pertenecen a sistemas semióticos diferentes” Duval, [22].

Duval [23] define las representaciones semióticas como producciones humanas constituidas por el empleo de signos y que pertenecen a un sistema de representación, el cual tiene sus propias limitaciones de significación y de funcionamiento. Según Duval, [24]; para que un sistema semiótico pueda ser un registro de representación, debe permitir tres actividades cognitivas fundamentales:

- 1) La formación de una representación identificable dentro de un registro dado. Por ejemplo, el enunciado de una frase, la elaboración de un dibujo o esquema, de una

gráfica, la escritura de una expresión algebraica, etcétera. Esta formación debe respetar las reglas propias del registro semiótico en el cual se produce la representación, la función de estas reglas es asegurar las condiciones de identificación y de reconocimiento de la representación, así como también la posibilidad de su utilización para los tratamientos.

- 2) El tratamiento de una representación, que es la transformación de esta representación en el registro mismo donde ha sido formada. El tratamiento es una transformación interna equivalente en un registro. Por ejemplo, la transformación equivalente de una expresión algebraica.
- 3) La conversión de una representación, que es la transformación de esta representación en una representación dentro de otro registro, conservando la totalidad o solamente una parte del contenido de la representación inicial. Por ejemplo, la transformación de una expresión algebraica en una gráfica, o viceversa.

En el caso particular de registros de representación semiótica para conceptos del algebra lineal Ramirez et al. [25] mencionan el registro algebraico donde se forman expresiones del tipo $Z=a*V+c*W$; el registro matricial, donde se representan arreglos rectangulares de otros objetos; el registro gráfico-sintético donde los vectores son representados con flechas definidas por su magnitud, dirección y sentido; y el registro gráfico cartesiano que se caracteriza por utilizar ejes para definir a los vectores con las coordenadas relativas a éstos.

“Una persona con una buena coordinación de registros podría resolver situaciones matemáticas trabajando en un solo registro, no porque no pueda emplear otros, sino porque decidió que la manera más eficiente de llegar a la solución es trabajar en ese único registro, considerando los datos que tiene, los tratamientos que podría realizar en los diferentes registros y la solución a la que desea llegar. De esta manera no se requiere la utilización hacia el exterior de representaciones de los registros coordinados en la situación que se esté tratando”. Ramirez [25]. También afirman que la “aprehensión conceptual e implica ineludiblemente la conversión entre registros; pero esta última suele ser la menos espontánea y la más difícil de realizar de las tres actividades cognitivas propias de los registros de representación. La coordinación consiste en la movilización y la articulación cuasi-inmediatas de los registros de representación semiótica. Esta coordinación supone como condición principal la discriminación de las unidades significantes a poner en correspondencia en cada registro”.

3. Materiales y Métodos

Se plantearon actividades a los alumnos para realizar con el software dinámico GeoGebra, utilizando un recurso diseñado para ingresar una transformación lineal $T:R^2 \rightarrow R^2$ a partir representación matricial y permite la interpretación gráfica de la misma, visualizando además los conceptos núcleo e imagen de la misma (Figura 1). La imagen de la transformación se visualiza en color amarillo y el núcleo se puede deducir cuando el vector $V = T(U)$ se anula. El carácter dinámico del recurso permite modificar la posición del vector U y observar cómo se modifica su vector transformado V , pudiéndose deducir el núcleo de la transformación lineal cuando el vector transformado se anula y la imagen de la misma que corresponde al espacio geométrico de todos los vectores V .

El instrumento de recolección de datos utilizado consistió en actividades que los alumnos debían desarrollar y se describen a continuación:

Se ingresa una transformación lineal a través de su matriz asociada. En GeoGebra se puede ingresar los valores de cada uno de los elementos de la matriz a través de deslizadores o de una planilla de cálculo. En este caso particular se trabajó con cuatro transformaciones cuyas matrices eran las siguientes:

$$M1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$M2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$M3 = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$M4 = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Las matrices (1), (2), (3) y (4) corresponden a sendas transformaciones lineales $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$, proyección ortogonal sobre el eje de las abscisas, reflexión de un objeto sobre el eje de abscisas, proyección no ortogonal sobre una recta a 135° y proyección a 45° sobre el eje de abscisas. En el caso de proyecciones se corresponden con matrices singulares (1), (3) y (4), mientras que en el caso de reflexión se trata de una matriz no singular (2).

Actividad 1: Interpretar geoméricamente la transformación lineal, ingresada con los datos de su matriz asociada, y expresarla en el registro algebraico $T: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$. El objetivo de la misma es analizar si los alumnos logran coordinar los registros de representación matricial y algebraico y por otra parte la coordinación de los registros matricial y geométrico o gráfico cartesiano. Es decir si logran realizar la actividad cognitiva de conversión de registros de representación semiótica de matricial a algebraico y del marco matricial al marco gráfico.

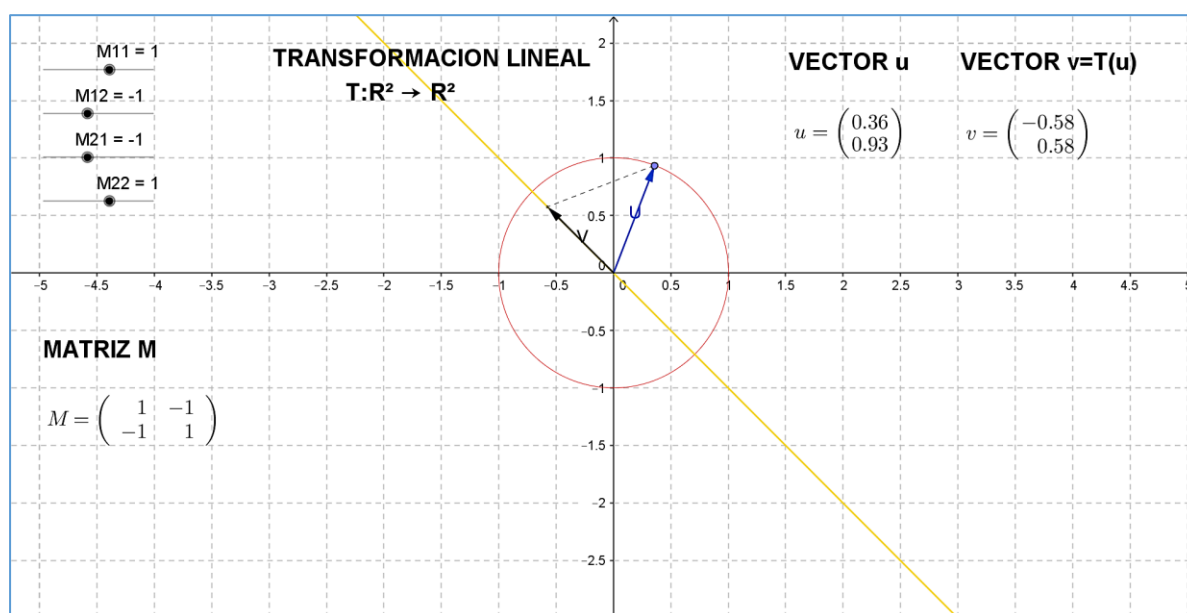


Figura 1: Transformaciones Lineales con GeoGebra.

Actividad 2: Interpretar geoméricamente la imagen de la transformación lineal y expresarla algebraicamente.

Actividad 3: Interpretar geoméricamente el núcleo de la transformación lineal y expresarla algebraicamente.

El objetivo de estas dos actividades es de interpretación geométrica de los conceptos asociados de núcleo e imagen de la transformación lineal y expresar los mismos en lenguaje

algebraico. En este caso se requiere la coordinación de los registros semióticos gráfico y algebraico.

El diseño es de naturaleza cualitativa – cuantitativa ya que además de la cuantificación de datos sobre las variables y sus categorías de estudio, se trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura dinámica. Se estudia la calidad de las actividades, relaciones, en una determinada situación o problema. La investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede.

En función de los objetivos de la investigación, es un estudio descriptivo ya que se buscará representar o describir una situación o realidad en particular, mediante la utilización de una determinada estrategia, de la que se espera obtener información que permita caracterizar el “fenómeno” que se analiza y posibilite algunas respuestas a los interrogantes planteados. Los estudios descriptivos “buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” según Dankhe citado por Hernández Sampieri, [26].

La población en estudio fueron alumnos de primer año de carreras de Ingeniería en Agrimensura, Electrónica, Informática y de Minas de la Universidad Nacional de Catamarca, tomándose como criterios de selección de la muestra aquellos alumnos que completen un mínimo de asistencia a los trabajos prácticos, que no sean reinscriptos y que no hayan cursado carreras afines o con contenidos de matemáticas. La muestra seleccionada fue de tipo aleatoria de 21 alumnos.

4. Resultados y Discusión

Se presentan los resultados correspondientes a cada una de las actividades planteadas a los alumnos. Se analizan primeramente los resultados de la actividad 1 que consistió en la interpretación geométrica y su expresión en lenguaje algebraico de una transformación lineal partiendo de su matriz asociada apoyados en recursos del software dinámico. Los resultados se pueden observar en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1: Resultados en porcentaje de respuestas a Actividad 1.
Interpretación geométrica de una Transformación Lineal a partir
de su matriz asociada

MATRIZ	CORRECTAS	INCORRECTAS	NO RESPONDE
MATRIZ 1	52,38	0,00	47,62
MATRIZ 2	47,62	0,00	52,38
MATRIZ 3	9,52	9,52	80,95
MATRIZ 4	0,00	14,29	85,71

Con respecto a la interpretación geométrica de las transformaciones lineales se observan dificultades en su interpretación, en particular para la tercera y cuarta matriz del trabajo. Ello puede deberse a que se trata de proyecciones no ortogonales, una sobre una recta a 135° y otra sobre una recta $y = 0$ siendo una proyección a 45° .

Tabla 2: Resultados en porcentaje de respuestas a Actividad 1.
Conversión de registro matricial al registro algebraico.

MATRIZ	CORRECTAS	INCORRECTAS	NO RESPONDE
MATRIZ 1	90,48	0,00	9,52
MATRIZ 2	85,71	4,76	9,52
MATRIZ 3	71,43	9,52	19,05
MATRIZ 4	42,86	42,86	14,29

Se observa, en general, que los alumnos no presentan dificultades en la actividad cognitiva de conversión del registro matricial al registro algebraico, para el caso que de proyecciones ortogonales o reflexiones, aunque si se observa que en el caso de proyecciones no ortogonales el porcentaje de respuestas correctas disminuye.

Tabla 4: frecuencias de respuestas correctas Actividad 2 –
Determinación de la ecuación de Imagen de la
Transformación Lineal

MATRIZ	M1	M2	M3	M4
Ecuación de Imagen	18	7	7	7
Interpretación Geométrica	9	7	7	7
Cálculo Analítico	0	0	0	0

Los resultados de las producciones de los alumnos respecto a los conceptos asociados de núcleo e imagen de la transformación lineal se presentan en tablas 3 y 4, discriminándose aquellos alumnos que identifican estos conceptos desde la interpretación gráfica de la transformación y los que realizan los cálculos analíticamente.

Con respecto a la imagen de la transformación lineal se observa un elevado porcentaje de respuestas incorrectas para el caso de la segunda matriz que representa una reflexión sobre el eje x . Por ser una matriz no singular, la imagen de la transformación lineal representa el espacio \mathbb{R}^2 , lo que dificulta la visualización por parte de los alumnos. En el mismo caso se puede deducir dificultades para la visualización del núcleo de la Transformación Lineal ya que el mismo es vector nulo $\{(0,0)\}$ y en pantalla no se puede visualizar.

Tabla 3: frecuencias de respuestas correctas Actividad 2 –
Determinación de la ecuación de Núcleo de la
Transformación Lineal

MATRIZ	M1	M2	M3	M4
Ecuación de Núcleo	18	8	9	8
Interpretación Geométrica	9	8	8	8
Cálculo Analítico	9	0	1	0

También es notoria la diferencia entre los resultados obtenidos para esta actividad para la primera matriz (1) y las matrices (2), (3) y (4).

Se observa, para la determinación del núcleo e imagen de la transformación, en un grupo de alumnos una fuerte tendencia a recurrir a los procedimientos analíticos en lugar de la interpretación sobre la pantalla, a pesar que en la mayoría de los casos se trata de líneas rectas. Esta tendencia puede deberse a una falta de coordinación de registros semióticos de representación para los conceptos asociados al de transformación lineal.

5. Conclusiones

Este estudio preliminar nos permite visualizar algunas dificultades que se presentan a los alumnos en la coordinación de registros semióticos de representación para el concepto de transformación lineal, en especial entre los registros matricial y geométrico o gráfico, mientras que la actividad de conversión del registro matricial al algebraico no presenta dificultades, posiblemente por que utilizan un procedimiento mayormente algorítmico en este tipo de conversiones para el concepto estudiado. En el caso de los conceptos de núcleo e imagen de una transformación lineal se observan dificultades en la visualización de los mismos aun utilizando los recursos gráficos que el software le brinda.

Si bien el carácter dinámico de Geogebra permite al alumno modificar los elementos de la matriz asociada y observar la transformación en el plano permitiendo visualizar la transformación lineal y sus elementos, se hace necesario intensificar las actividades de los alumnos tendientes a una mayor interacción de los diferentes registros semióticos de representación en especial a la actividad de conversión de registros.

6. Referencias

- [1] DUVAL, R. (2004). Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Universidad del Valle.
- [2] PAVLOPOULOU, K. (1993). Un probleme décisif pour l'apprentissage de l'algebre linéaire: la coordination des registres de représentation'. In *Annales de didactique et de Sciences cognitives* (Vol. 5, pp. 67-93).
- [3] DORIER, J. L. (Ed.). (2000). On the teaching of linear algebra (Vol. 23). *Springer Science & Business Media*.
- [4] SOTO, J. L. (2005). Algunas dificultades en la conversión gráfico-algebraica de situaciones de vectores. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*.
- [5] RAMÍREZ, O., ROMERO, C. F., & OKTAÇ, A. (2013). Coordinación de registros semióticos y las transformaciones lineales en el plano.

- [6] ARELLANO, F., & OKTAÇ, A. (2009). Algunas dificultades que presentan los estudiantes al asociar ecuaciones lineales con su representación gráfica.
- [7] KLASA (2010): A few pedagogical designs in Linear Algebra with Cabri and Maple. *Linear Algebra and its Applications* 432. Pags. 2100-2111
- [8] DREYFUSS, HILLEL, SIERPINSKA (2001): Cabri based linear algebra. Tranformations. Ponencia realizada en II Congreso Europeo sobre Educación en Matemática. Marianske. República Checa.
- [9] KÖSA, T.; KARAKUS, F. (2010): Using dynamic geometric software CABRI 3D for teaching Analytic Geometry. *Social and Behavioral Sciences* 2 (2010) 1385-1389.
- [10] REIS, S. A. (2010): Computer supported mathematics with Geogebra. *Social and Behavioral Sciences* 9 (2010). 1449-1455.
- [11] ZENGİN Y.; FURKAN, H.; KUTLUCA, T. (2011): The effect of dynamics mathematics software Geogebra on student achievement in teaching of trigonometry. *Social and Behavioral Sciences* 31 (2012). 183-187
- [12] KOLMAN, BERNARD (1999). Algebra Lineal con Aplicaciones y Matlab. Ed. Prentice Hall. México DF.
- [13] GROSSMAN, STANLEY (1996): Álgebra Lineal. Editorial Mc Graw Hill. México DF.
- [14] RODRIGUEZ SALEMI, C.; HERRERA, C.G. (2015): Transformaciones lineales en el plano. Una experiencia didáctica. *Debates, reflexiones e interrogantes en la Educación en Ciencias. Edición 2015*. Pag. 123-124
- [15] VERÓN, C.; MORENO, O.; HERRERA, C.G.; DIP H. R. (2015): uTILIZACIÓN DE SOFTWARE DINÁMICO EN EL ESTUDIO DE LAS CÓNICAS. Una experiencia didáctica. *Debates, reflexiones e interrogantes en la Educación en Ciencias. Edición Diciembre 2015*. Pag. 127-128
- [16] GOLDIN, G. STHEINGOLD, (2001). System of representations and the development of mathematical concepts. *The roles of representation in school mathematics*, 1-23.p54
- [17] GODINO, J. D. (2003). Teoría de las funciones semióticas. Trabajo de investigación presentado para optar a la Cátedra de Universidad de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/local/jgodino>. P54.
- [18] GOLDIN, G. STHEINGOLD, (2001). System of representations and the development of mathematical concepts. *The roles of representation in school mathematics*, 1-23.p4
- [19] GODINO, J. D. (2003). Teoría de las funciones semióticas. Trabajo de investigación presentado para optar a la Cátedra de Universidad de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/local/jgodino>. P53.
- [20] DUVAL, R. (2003). Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. *Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica*. Campinas: Papirus, 11-33.
- [21] ROMERO, I. (2000). Representación y comprensión en pensamiento numérico. *Cuarto Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 35-46).
- [22] DUVAL, R. (1998). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. *Investigaciones en Matemática Educativa II*, 173-201. p175

- [23] DUVAL, R. (1998). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. *Investigaciones en Matemática Educativa II*, 173-201. p175
- [24] DUVAL, R. (1998). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. *Investigaciones en Matemática Educativa II*, 173-201. p178
- [25] RAMIREZ SANDOVAL, O.; ROMERO, C.; OKTAC, A. (2013): coordinación de registros de representación semiótica en el uso de transformaciones lineales en el plano. *Anales de didactique et de sciences cognitives*. Volumen 19, Pag. 225-250.
- [26] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNANDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. (2001): Metodología de la Investigación. Editorial Md. Graw Hill. México DF.

EL ESTUDIO DE CASOS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA IMPARTIR SABERES AMBIENTALES EN LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Eduardo Bambill, DIC-FRBB-UTN¹, ebambill@frbb.utn.edu.ar

María Cecilia Montero, DIC-FRBB-UTN¹, monteromc@gmail.com

Laura Amado, DIC-FRBB-UTN², lauraamado2004@yahoo.com.ar

Mariela Bukosky, DIC-FRBB-UTN¹, marielabu@gmail.com

Resumen— A fin de incorporar la formación ambiental en la carrera de Ingeniería Civil de cinco Facultades de la Universidad Tecnológica Nacional, como un área significativa del conocimiento humano e indisolublemente relacionada a los principios del desarrollo sustentable, este trabajo expone las ventajas del Método de Casos (MdC) como una metodología flexible para introducir e integrar saberes ambientales de la carrera en la Facultad Regional de Bahía Blanca.

La mayoría de los docentes de la carrera no poseen una preparación pedagógica adecuada para emprender las exigencias de la formación ambiental. El MdC permite instrumentar en el ámbito del aula, ejemplos de la profesión que contribuyen a la comprensión de las consideraciones sociales, ambientales, económicas y éticas asociadas a los proyectos de ingeniería civil. El MdC favorece la inclusión de contenidos articulados e integrados, estimula el pensamiento crítico de los alumnos con relación a la interacción sistémica de los factores ambientales; permite concebir los impactos producidos por las obras de ingeniería civil; y contribuye a asumir un compromiso ético a favor del desarrollo humano sustentable, que habrá de manifestarse en su futura vida profesional.

Se presentan los resultados de la aplicación de la metodología en una asignatura de la carrera.

Palabras clave—*método de estudio de casos, estrategias didácticas, saberes ambientales, ingeniería civil.*

1. Introducción.

En este trabajo se exponen las ventajas que posee el MdC, como metodología didáctica para implementar saberes ambientales en la carrera de Ingeniería Civil. Su aplicación en el dictado de clases en una asignatura de la carrera, permitió tomar un ejemplo de la profesión, que además de lograr transmitir los contenidos específicos contemplados en el Programa de la materia, contribuyó de manera significativa a que los alumnos logran una mejor

¹ Departamento de Ingeniería Civil - Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur. GIDIS: (Grupo de Investigación en Desarrollo e Ingeniería Sustentables.)

² Departamento de Licenciatura en Organización Industrial. Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur. GIDIS: (Grupo de Investigación en Desarrollo e Ingeniería Sustentables.)

comprensión de las consideraciones sociales, ambientales, económicas y éticas asociadas a los proyectos de ingeniería civil.

En el ámbito de la educación superior, desde principios de los 70 a la fecha, se han sucedido una gran cantidad de conferencias y de encuentros internacionales [1] que han reconocido la importancia de incorporar la educación para la sustentabilidad en la formación profesional. En forma prácticamente unánime, se acepta que la comunidad universitaria internacional debe actualizar los planes de formación profesional [2], [3], [4] con el fin de promover la sustentabilidad, asumiéndose que ello constituye una obligación ética para con el medio ambiente y las próximas generaciones. El concepto de sustentabilidad incluye no sólo la búsqueda de la calidad ambiental, sino también la equidad y la justicia social como criterios y valores que es preciso contemplar en los procesos de formación de los profesionales.

A partir del ciclo lectivo 2013, se instauró el Proyecto de Investigación "***Estrategias didácticas y metodológicas para transferir saberes ambientales en la formación del Ingeniero Civil de cinco Facultades de la UTN***". Participan en él, las carreras de Ingeniería Civil de las Facultades Regionales Bahía Blanca, Buenos Aires, Gral. Pacheco, Mendoza y Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional.

El Proyecto se instala bajo la concepción de que la sociedad actual requiere un nuevo ingeniero civil [5], [6], [7] que contribuya a la solución de los problemas de su incumbencia desde una perspectiva sistémica, superando la tradicional capacidad de descomponer la realidad en partes aisladas para luego analizarlas. Su accionar debe ser también guiado por la ética, la justicia y la solidaridad, a fin de de aplicar sus conocimientos profesionales de un modo responsable, y de acuerdo a principios y valores universales. El nuevo profesional debe estar dispuesto a comprometerse activamente en la discusión y la definición de políticas económicas, sociales y tecnológicas, que contribuyan a guiar a la sociedad hacia un desarrollo más sustentable. A su vez, debe ser susceptible de auscultar las demandas de los ciudadanos, para propiciar que ellos tengan voz en el desarrollo de las nuevas tecnologías e infraestructuras. El nuevo rol exigido al profesional se esquematiza en la Figura 1.



Figura 1. Rol de los Ingenieros en la sociedad

Basado en *What do engineers need to learn about sustainable development*. [8]

Esta formación de ingenieros civiles desde la Universidad [9], requiere no solo integrar los conocimientos propios de la profesión en los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino también, actitudes, habilidades y valores congruentes con la sustentabilidad. Por lo tanto, la nueva formación demanda también, incorporar disciplinas de las ciencias sociales y de las humanidades. Se debe promover el trabajo en equipos multidisciplinarios, fomentar la reflexión, estimular el pensamiento crítico y sistémico, reforzar el enfoque holístico, fomentar el espíritu ciudadano en los profesionales para que puedan de asumir un compromiso de

participación social responsable, y que sean además, conscientes del desafío que suscita la globalización.

Es necesario concebir a la educación como un proceso hacia el desarrollo humano, para lo cual debe constituir un llamado a la reflexión sobre las realidades, e incluir necesariamente, no solo una profunda reflexión sobre la propia acción profesional, sino también lograr la formación de una sólida conciencia ambiental.

Los Ingenieros Civiles del siglo XXI [10] están llamados a jugar un rol crítico en el mantenimiento de la seguridad y de la paz mundiales, contribuyendo con su accionar a proteger la diversidad cultural y natural. Aproximadamente el 75% de los puntos fijados en la Agenda 21 [11] hacia el desarrollo sustentable, involucran aspectos inherentes a la Ingeniería Civil, por lo cual, la acción de estos profesionales se torna crucial para la misma sociedad.

El Proyecto de Investigación (PID) mencionado busca realizar el seguimiento y analizar cómo se efectúa la integración de saberes ambientales en el Diseño Curricular. Uno de las principales metas del PID es lo que se ha dado en llamar **ambientalización de la carrera**, esto es, lograr que el Diseño Curricular de Ingeniería Civil incorpore en la mayor cantidad posible de las asignaturas troncales, las consideraciones sobre sustentabilidad a que hacen referencia las materias que se dictan. En ningún caso se pretende reemplazar los contenidos en pro de añadir conceptos nuevos sobre ambiente. Lo que se busca es que estos conceptos estén integrados dentro de los conocimientos propios de cada asignatura, para que promuevan una nueva forma de pensar y de hacer las cosas. Para ello, se considera incorporar criterios de sustentabilidad en la teoría, prácticas que incluyan problemas y ejercicios con aplicaciones ambientales, mediante adecuada utilización de recursos didácticos apropiados.

Precisamente, de esto último se deriva, que el análisis y la investigación de los recursos didácticos, constituyen uno de los objetivos fundamentales del Proyecto.

2. Concepción de sustentabilidad a la que se adhiere.

Existe una lucha simbólica desde las distintas posiciones discursivas hegemónicas que intentan apropiarse del término **sustentabilidad**. Se busca desde allí adquirir legitimidad para definir que implica el término, con la intención de instituirse en autoridad a fin de discriminar cuales son las buenas prácticas sustentables de aquellas que no lo son, y así validar a algunos actores sobre otros.

Es de vital importancia reconocer que el término **sustentabilidad** es un concepto emergente, que exige fundamentalmente de la **reflexión ética**, a fin de permitir una mejor vinculación entre la sociedad y su entorno, diferente a la que se ha venido acuñando bajo el paradigma de crecimiento económico ilimitado, actualmente imperante. Por lo tanto, desde la concepción del PID, la sustentabilidad implica los criterios mostrados en la Figura 2.

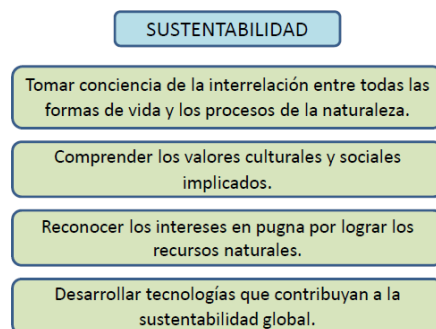


Figura 2. Criterios a los cuales el PID adhiere. (Elaboración propia)

Bajo estas nociones, el PID entiende que la didáctica a implementar no se puede reducir al simple *método para enseñar*, puesto que el desarrollo hacia la sustentabilidad, necesariamente

exige que la práctica pedagógica promueva acciones que desborden la mera formación técnica profesional. El objetivo es alcanzar la total dimensión de la persona en el estudiante, para que a partir de una toma de conciencia individual, profunda y sincera, el futuro profesional sea capaz de concebir la realidad a partir de su propio sentir, pensar y hacer.

Se trata de una didáctica comprometida con la transformación íntima del alumno. Requiere que el docente comprenda también que la formación profesional debe ir más allá de la simple resolución de los problemas técnicos. Debe promover una interiorización profunda en valores a favor de la sustentabilidad, por lo cual, el conocimiento adquiere además, una dimensión política, social y ética. Como estrategia fundamental, requiere que en el ámbito del aula, ocurran el diálogo, la confrontación y la participación en la toma de decisiones.

Indisolublemente fundidos a lo didáctico, deben estar presentes también lo sistémico y lo complejo, pues a la hora de enseñar, es requisito fundamental la heterogeneidad, a fin de que la interdependencia existente entre los sistemas sea comprendida. Las relaciones que se establezcan en el aula deben favorecer la comprensión y la validación entre la práctica y la teoría.

La didáctica que sea capaz de suscitar la formación hacia la sustentabilidad, debe ser indudablemente **contestataria**, y cuestionar el modelo socioeconómico imperante, puesto que, como ya se ha comprobado, él es la causa principal de la actual crisis que afecta a la humanidad.

Esta didáctica debe constituirse en la alternativa a la tradicional práctica de acumulación de información y adoctrinamiento en las aulas, ya que entraña un nuevo saber, que sea capaz de comprender las complejas interacciones entre la sociedad y la naturaleza, como condición elemental para establecer un nuevo modo de producción, que haga viables estilos de vida ecológicamente sustentables y socialmente más justos.

2.1 Hipótesis del PID.

La hipótesis del Proyecto asume que las cuestiones ambientales en las carreras de grado de Ingeniería Civil de las cinco Facultades se abordan todavía de manera parcial o insuficiente, estableciéndose la necesidad de incentivar y profundizar la educación y formación ambiental. Precisamente, la implementación de la formación ambiental en la carrera de Ingeniería Civil, exige la transformación del modelo de enseñanza tradicional, basado en la acumulación de conocimientos y la clase magistral. De este modo, las estrategias docentes y las técnicas de enseñanza-aprendizaje en el aula pasan a ser, junto con los saberes ambientales, los aspectos más relevantes en este proyecto.

Investigaciones realizadas en las carreras de las cinco Facultades Regionales de la UTN, permiten determinar que en la mayoría de los casos, el desarrollo del currículo revela que la mayor parte de los docentes adscriben a la tradicional estrategia de la clase magistral, y responde a la usual práctica de gabinete y de laboratorios, a algunas exposiciones orales, y a una que otra visita a obra. La base tradicional se apoya en la visión positivista de las ciencias, desde las cuales se considera que hay una solución a cada problema, el conocimiento del todo se logra a partir de la desagregación de las partes, lo cual pretende asegurar objetividad, y favorece la propuesta de un modelo simplificado, con el objeto de predecir los resultados futuros, realizando una simple extrapolación lineal de las condiciones actuales del sistema [12]).

En este modelo tradicional, es el Profesor quien proporciona la información correcta que debe ser memorizada por los estudiantes. Este modelo se presenta en la Figura 3.

En general y por diversas circunstancias, los docentes no procuran extenderse más allá de los contenidos fijados en el Plan Anual de Actividades Académicas de sus asignaturas. En coincidencia con lo que mencionan varios investigadores, [13], [14], se detecta que existe una resistencia casi unánime a aplicar una concepción diferente de la igualdad de oportunidades en el aula, y cuesta mucho reconocer que los alumnos puedan ser capaces de desplegar expresiones de inteligencia diferentes, y que por lo tanto, posean distintos modos de aprender [15].

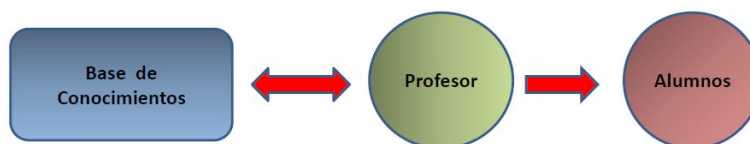


Figura 3: Modelo de enseñanza tradicional.

Fuente: Stauffacher, 2006. [16]

Esta falta de reconocimiento dificulta consolidar nuevas bases para un diseño curricular más diverso y comprometido con el desarrollo sustentable, que sea capaz de evolucionar hacia un modelo más integrador, sistémico, complejo, crítico y social en la enseñanza de la ingeniería civil.

3. Metodología del Método de Casos (MdC).

No es la intención aquí realizar una descripción detallada del MdC. En ese sentido existe una muy extensa bibliografía que da cuenta de ello, [17], [18], [19], [20]. Solo se pretende presentar muy sucintamente la metodología, con el propósito de resaltar aquellas características del método que, a nuestro juicio, facilitan viabilizar la formación hacia la sustentabilidad en la carrera de Ingeniería Civil.

Desde su primera aparición registrada en 1914 en la Universidad de Harvard, el método sigue manteniendo hasta hoy en día la particularidad de enfrentar a los alumnos a situaciones problemáticas reales, en las que resulta necesaria la toma de decisiones, definir algún método de análisis, valorar alternativas y cursos de acción y emitir juicios fundamentados.

El MdC es una técnica de enseñanza que favorece el *aprendizaje por descubrimiento* [21] y está indicada especialmente para favorecer el diagnóstico y la toma de decisiones en la solución de problemas en los que las relaciones humanas adquieren un rol preponderante. La técnica anima al alumno a realizar preguntas, a formular respuestas, así como a deducir principios a partir de ejemplos prácticos o experiencias [22].

El método se basa en la filosofía de que es posible lograr una mejor formación profesional cuando al conocimiento directo se lo asocia con la acción [23]. Esta filosofía cuestiona la muy extendida doctrina, de que los alumnos deban aprender pasivamente primero, para que una vez logrado el conocimiento lo puedan aplicar en la práctica.

3.1 Modelos.

Brevemente, dentro del enfoque del estudio de casos como estrategia didáctica es posible considerar tres modelos, que se diferencian por los propósitos pedagógicos perseguidos [24], tal cual se muestra en la Figura 4.

a). Caso centrado en el análisis de descripciones.

En este caso se pretende que los alumnos analicen, identifiquen y describan los puntos clave que constituyen la situación propuesta. Se busca así el conocimiento y la comprensión de los procesos de diagnóstico e intervención llevados a cabo, y el reconocimiento de los recursos utilizados, las técnicas empleadas y los resultados planteados. Se busca que los alumnos debatan y reflexionen entre sí las distintas perspectivas de las soluciones propuestas,

valorando fundamentalmente los procesos de intervención elaborados en la resolución del caso.

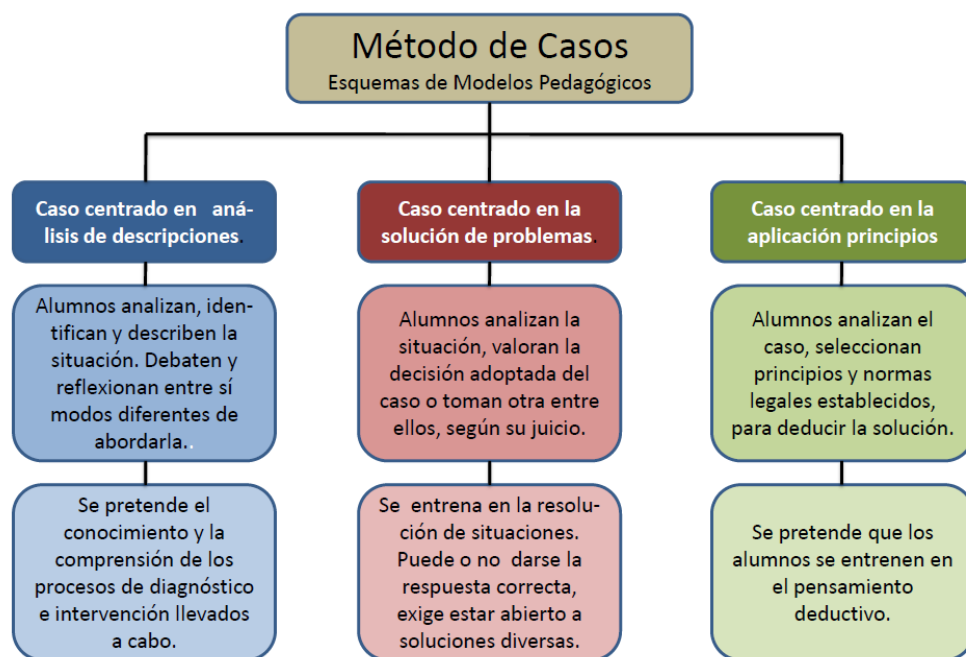


Figura 4. Modelos de Métodos de Casos. (Elaboración propia)

b. Caso centrado en la solución de problemas.

Se propone la búsqueda de una solución problemática a los alumnos, quienes para abordarla deben investigar, analizar y revisar temas, muchas veces no totalmente asimilados, ejercitando el análisis y la síntesis. Se trata de un procedimiento didáctico activo, que pone al alumno frente a una situación problemática, para la cual tiene que proponer una o más soluciones, conforme a la problemática planteada. Se coloca al alumno ante una situación conflictiva o dudosa, y se le desafía a que encuentre una solución satisfactoria. Esta última se logra luego de un análisis exhaustivo de la situación. Así, el método enfatiza el razonamiento, la reflexión, y trata especialmente de conceptos e ideas.

Este modelo implica un compromiso mayor de los alumnos y exige de ellos un rol muy activo. Se analiza la situación problemática, y se evalúan las decisiones adoptadas, haciendo énfasis más en el procedimiento mismo que en el resultado. El objetivo no es la solución en sí misma, sino el procedimiento seguido en el análisis del caso, esto es, la secuencia de los pasos realizados, y determinar cómo se hizo uso de la información. Los problemas de ingeniería suelen ser abiertos, y no necesariamente tienen solución única, pero si tiende a serlo la secuencia del análisis, que permite aproximar a la solución más adecuada.

c). Caso centrado en la aplicación de principios.

La situación que este caso presentada exige el análisis y selección de los principios y normas que son adecuados a su resolución. Este modelo pretende incentivar el pensamiento deductivo, ya que parte de la norma general, y atendiendo a las referencias objetivas del problema, se busca hallar la solución correcta a la situación problemática planteada. Este modelo se utiliza usualmente en la formación asociada al Derecho.

En el caso de la Ingeniería Civil, se parte de una descripción de una situación realista, que permite desarrollar habilidades para aplicar reglas, metodologías de trabajo, procedimientos. Sirve fundamentalmente para profundizar conocimientos y favorece la generación de buenos hábitos para el trabajo profesional.

3.2 Características del Método de Casos.

A continuación, se señalan sucintamente las características del MdC.

- 1 La situación problemática del caso se basa en una situación real.
- 2 Está centrado fundamentalmente en el alumno.
- 3 El profesor actúa como guía durante el proceso; orienta la discusión cuando se desvía de los objetivos de aprendizaje.
- 4 Es interactivo, participativo y sumamente dinámico.
- 5 La situación problemática sirve de excusa para la discusión.
- 6 Existen diferentes alternativas para la situación planteada.
- 7 Se requiere que el alumno plantee sus propuestas, en base a supuestos claros y bien fundamentados.
- 8 Se pretende que el alumno realice el análisis de información provista para el caso

3.3 Objetivos del Método de Casos.

Los tres modelos, coinciden propender el logro de los siguientes objetivos:

- 1 Desarrollar las habilidades necesarias para trabajar en grupo.
- 2 Intercambiar criterios, experiencias e ideas, para aplicarlos a la solución de la situación problemática planteada.
- 3 Intercambiar capacidades que favorecen la toma de decisiones de un modo consensuado al buscar soluciones.
- 4 Comprender la interrelación que debe necesariamente existir entre la teoría y la práctica, para favorecer la acción en la profesión.

3.4 Lineamientos del Método de Casos.

Los tres modelos siguen los siguientes lineamientos:

- 1 Definición y delimitación de la situación problemática.
- 2 Recolección, clasificación y crítica de datos.
- 3 Formulación de hipótesis.
- 4 Crítica de las hipótesis, y selección de la que se considere más acertada.
- 5 Verificación de la hipótesis.

4. Propuesta del Caso Analizado.

Con el propósito de investigar la aplicación del Método de Casos como técnica didáctica en el ámbito del aula, en la Facultad Regional de Bahía Blanca (FRBB) (UTN) se decidió implementar esta metodología en la asignatura electiva "*Sustentabilidad en la Ingeniería*", afín a la temática, ubicada en el 3^{er} Nivel de la carrera. Esto se realizó en el ciclo lectivo 2015.

En esta oportunidad, el caso presentado a los alumnos aludió a analizar un ejemplo de Proyecto Sustentable a realizarse en la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina, denominado "*Ecoproyecto CRONO*". El proyecto se constituye en el complejo edilicio de mayor envergadura de la ciudad y la región, por lo cual, adquiere un alto valor simbólico, de icono de la ciudad. El mismo, será emplazado en calle Dorrego y General Paz de la ciudad, y comprende la construcción de dos torres habitacionales, cocheras para vehículos, y equipamientos gastronómicos, locales comerciales y una plazoleta. El esquema del mismo se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Ecoproyecto Crono.

Se propuso a los alumnos que analizaran el ecoproyecto Crono, con la intención de evaluar la sustentabilidad del mismo, tanto en su etapa de diseño como en el proceso constructivo, mediante la aplicación de herramientas que permitieran estimar de forma predictiva, algunos valores a fin de establecer los parámetros dentro de los cuales deben encontrarse los datos recogidos del edificio (consumos energéticos de fabricación y transporte, emisiones de CO₂, conductividad de los materiales constructivos, etc.), basadas en sistemas de criterios para la asignación de valores a determinados parámetros, en una escala que oscila entre “pequeño” y “gran” impacto ambiental. Como metodología de trabajo se utilizaron las Normas Internacionales “*Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental- LEED*” (*Leadership in Energy and Environmental Design*) [25].

Por todo lo anterior, queda claro que el modelo de la propuesta establecida en la asignatura, corresponde al caso centrado en la solución de problemas.

5. Resultados y Discusión

El ecoproyecto CRONO fue evaluado y controlado mediante la herramienta internacional *Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental - LEED*. (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Dicha herramienta, utiliza una triple propuesta de valor (medio ambiente, economía y comunidad) una serie de cumplimiento de pre requisitos, y un sistema de créditos para la puntuación, definiendo las siguientes categorías para evaluar la sustentabilidad de los proyectos:

- Sitios sustentables.
- Racionalización de consumo de agua.
- Energía y atmósfera.
- Materiales y recursos.

- Calidad ambiental interior.
- Innovación en el diseño.
- Prioridades regionales.

La herramienta aplicada, permitió contemplar al edificio y su relación con el entorno en diferentes ámbitos, desde los materiales hasta la conectividad con la ciudad, cercanía a servicios básicos y a transporte público, entre otros (selección y desarrollo del terreno, reducción de emisiones asociadas a transporte, diseño de paisajismo sostenible, protección y restauración de hábitats, reducción del efecto de Isla de Calor y reducción de la contaminación lumínica) a fin de minimizar el impacto ambiental de la ubicación del edificio sobre el terreno.

También, se previó la reducción de la contaminación procedente de las actividades de construcción mediante el control de la erosión del terreno, la sedimentación de las vías de agua y la generación de polvo transportado por el aire, mediante la implementación de un “Plan de Control de Erosión y Sedimentación”, según normativa local.

En la Figura 6, se indican brevemente las fases implementadas para desarrollar la propuesta.

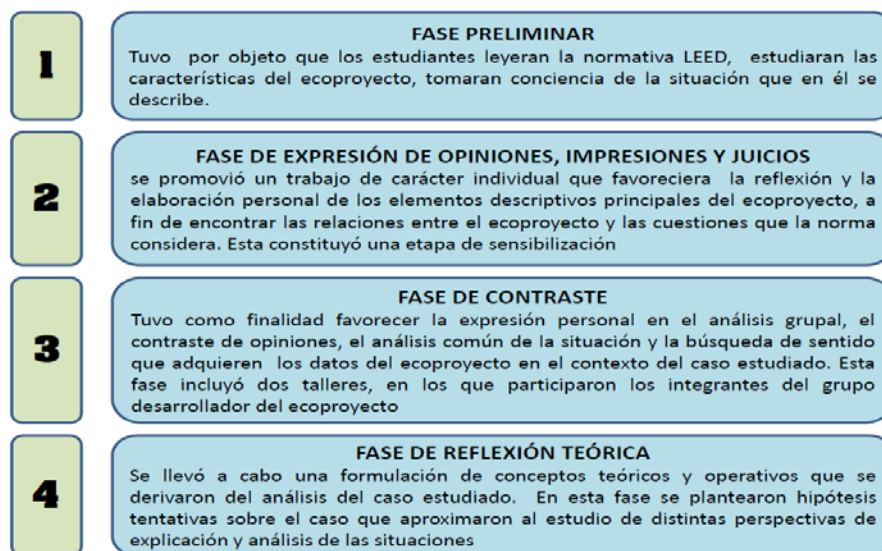


Figura 6. Fases del Método de Casos propuesto. (elaboración propia)

La acción de los docentes estuvo centrada en organizar la comunicación y consecución de fines compartidos en el aula, contribuyendo a establecer los roles que desempeñaron los actores en ese ámbito, y también a resolver los conflictos de poder y de negociación en la toma de decisiones que fueron surgiendo.

Como responsables de guiar el proceso de aprendizaje, los docentes acompañaron a los grupos de estudiantes, brindando asesoramiento ante las dificultades, y sugiriendo posibles soluciones. Estas ayudas se fueron eliminando gradualmente, hasta que los estudiantes fueron capaces de elaborar y ejecutar su propuesta por sí mismos, luego de adquirir un enfoque inter y transdisciplinario.

La aplicación de la técnica didáctica del MdC permitió constatar que con ella fué posible promover que el alumno fuera capaz de (Tabla 1):

Tabla 1. Habilidades constatadas a partir del Método de Casos propuesto.

Aprender activamente en forma colaborativa y participativa.
Reflexionar durante todo el proceso.

Poner en práctica pensamiento crítico.
Lograr un aprendizaje amplio y profundo.
Adquirir un mayor compromiso con su comunidad.
Desarrollar destrezas profesionales.
Entrar en mayor contacto con su entorno social y profesional.
Conocer más profundamente la realidad circundante.
Autoevaluar su propio aprendizaje.
Desarrollar autonomía y la toma de decisiones.
Asumir sus decisiones con responsabilidad.

Fuente: Elaboración propia

Durante la actividad se promovió que los alumnos investigaran por su propia cuenta, encontraran como un conocimiento se relaciona con otros, especialmente con aquellos que ya disponían previamente, que propusieran conclusiones, etc.

Se pudo constatar también que durante las discusiones grupales, fue posible desplegar y desarrollar ciertas habilidades sociales, que a la hora de propender hacia la sustentabilidad, favorecen su tratamiento. En ese sentido, mencionamos: aceptar puntos de vista diferentes al propio, la escucha activa [26], respetar la diversidad de opiniones, discutir fundadamente, propiciar la tolerancia, etc.

Para lograr alcanzar la solución a la situación problemática planteada, los alumnos debieron administrar su tiempo, realizar el análisis, la síntesis y la evaluación de sus propuestas, comunicarse tanto en forma oral como escrita, tomar y compartir decisiones, etc.

La circunstancia de interactuar con el equipo desarrollador del ecoproyecto le confirió al MdC mayor realismo, y se constituyó en un factor muy movilizador para los alumnos. Estos actores sociales, externos al ámbito de la universidad, con sus necesidades, demandas, preferencias y sus puntos de vista, influyeron en la percepción del problema real. Esta integración de actores, permitió superar el tradicional proceso disciplinario e interdisciplinario del aula tradicional, para dar paso a una actividad transdisciplinaria. Esta circunstancia se representa en la Figura 7:

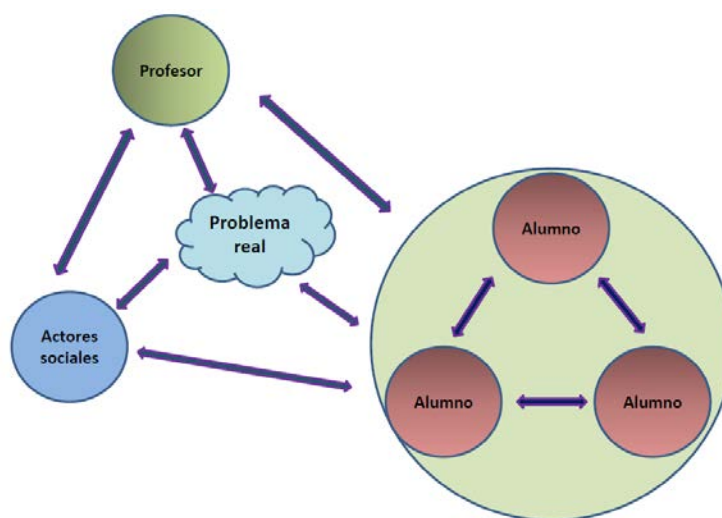


Figura 7: Modelo de enseñanza hacia la sustentabilidad.

Fuente: Stauffacher, 2006.[16]

En esta oportunidad, se logró una aproximación transdisciplinar [27], en la que los docentes, los alumnos y el equipo desarrollador del ecoproyecto, pudieron conformar una comunidad en la que el proceso de aprendizaje tuvo lugar. El análisis fue más allá de lo estrictamente científico. La integración del conocimiento desde diferentes fuentes se tornó muy significativa, al diluirse la frontera entre el conocimiento científico propiamente dicho y los intereses de los actores sociales. La aplicación del MdC permitió la integración de varios tipos de conocimientos. De este modo, la *realidad lograda* [28], fue el resultado de la yuxtaposición de diferentes miradas, que debieron ser negociadas e integradas durante todo el proceso.

Una de las etapas evaluación, consistió en que los alumnos expusieran ante el grupo desarrollador del ecoproyecto, sus apreciaciones y sugerencias con el propósito de optimizar el índice de sustentabilidad a lograr según la aplicación de la metodología LEED. La evaluación a la soluciones propuestas por los alumnos, intentó demostrar la existencia de un equilibrio entre los impactos económicos, ambientales y sociales.

Es interesante destacar que las etapas de evaluación permitieron reflexionar sobre los cambios que se fueron operando en las concepciones y en las prácticas de los alumnos. Considerando que el MdC es un proceso continuo, promotor de dudas y búsquedas de alternativas, lo cual facilitó el aprender a razonar sobre el propio razonamiento, permitió aplicar el pensamiento al acto mismo de pensar, y posibilitó la reflexión sobre las actividades realizadas, para orientarlas y asegurar su mejor resultado. Es de destacar, que el MdC provocó también la oportunidad de generar planteamientos éticos, que ocurrieron tanto a nivel individual (con el propio alumno) como a nivel colectivo (con la comunidad de aprendizaje).

6. Conclusiones y recomendaciones

Esta metodología aplicada al ecoproyecto Crono, facilitó la presentación en clase de un ejemplo directo de la ingeniería civil, en el cual se pudo mostrar su fuerte relación con la sustentabilidad.

La aplicación de la técnica didáctica permitió constatar que con ella es posible promover que el alumno sea capaz de desarrollar una serie de habilidades compatibles con la intención de formar en sustentabilidad, como el análisis, síntesis y evaluación de la información. Se evidenció durante el proceso el desarrollo del pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, además de otras actitudes y valores como la innovación y la creatividad. La estimulación permanente de la capacidad de auto-reflexión, proporcionó el desarrollo de un pensamiento propio y la toma de conciencia de los estudiantes en su propio ámbito cultural.

A través de la investigación, se observó que la estrategia didáctica propuesta, contribuyó a suministrar variables contextualizadas de estudio que facilitaron comprender en detalle la situación problemática, y promover analizar el cómo y el por qué de dicha realidad.

Este tipo de enseñanza-aprendizaje fomenta también la curiosidad, lo cual motivó que los alumnos buscaran explorar la situación desde más de una óptica y que hallaran datos inéditos sobre los temas estudiados.

Se encuentra que la técnica se constituye en una oportunidad de aprendizaje significativo y trascendente, puesto que en la medida en que los alumnos participan en el análisis, logran involucrarse y necesariamente se comprometen, es decir, "toman partido", tanto en la discusión del caso como en el proceso grupal para la reflexión.

La aplicación del MdC viabiliza que los estudiantes perciban como el desarrollo sustentable puede ser aplicado en prácticamente todas las decisiones de la Ingeniería Civil, ampliando así

su capacidad para comprender las consideraciones sociales, ambientales y económicas asociadas a los proyectos de su profesión.

En base a lo anterior, el MdC, como medio pedagógico se justifica ampliamente, puesto que los alumnos logran aprender mejor que con respecto a otros métodos más tradicionales.

Si bien es cierto que la metodología de enseñanza que un Profesor puede seleccionar como la más adecuada para implementar en el aula, y que ésta depende ciertamente de variables como el número de alumnos, sus características, los contenidos propios de la materia, e incluso la consideración de algunos aspectos sociales y culturales, la formación ambiental, encuentra en el MdC un aliado indiscutido para lograr sus objetivos.

La experiencia permite subrayar la importancia de esta metodología para introducir e integrar saberes ambientales en el Plan de Estudios de la carrera, y destaca como los ejemplos de la profesión, ayudan significativamente a la comprensión de los conceptos de sustentabilidad y desarrollo sustentable, al poner en práctica habilidades que remedan la actividad profesional, favoreciendo involucrar aspectos éticos y sociales. En efecto, el hecho de que la situación problemática se perciba además, como íntimamente vinculada a su futuro profesional, motiva y obliga fuertemente a los alumnos, a que aprehendan y manejen con soltura los conceptos de desarrollo sustentable, y experimenten el compromiso de utilizarlos tanto en el mundo académico como en su futura actividad.

Por lo mencionado, el MdC promueve una mayor comprensión social y contribuye a una mejor formación sistémica de los futuros profesionales de la ingeniería civil, al facilitar incorporar las cuestiones de sustentabilidad en la apreciación de las soluciones técnicas.[29].

7. Referencias

-
- [1] BRUNTLAND, G (ed). 1987. *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*, Oxford: Oxford University Press.
 - [2] GUTIERREZ-MARTIN, F. y HUTTENHAIN, S.H. (2003). *Environmental education: new paradigms and engineering syllabus*. Journal of Cleaner Production, Vol. 11 No. 3.
 - [3] MORIN, E. (2002). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós Studio.
 - [4] CAEIRO,S.; LEAL FILHO,W.; JABBOUR, Ch., AZEITEIRO, U. (2013). *Sustainability Assessment Tools in Higher Education Institutions*. Springer.
 - [5] DECLARACIÓN DE BARCELONA. (2004). IV Fórum de Autoridades Locales para la Inclusión Social. Barcelona.
 - [6] DUDERSTADT, J. J., (2008). *Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education*. The Millennium Project, The University of Michigan.
 - [7] ASCE. (American Society of Civil Engineers). (2008). *Civil Engineering. Body of Knowledge for the 21st Century. Preparing the Civil Engineer for the Future*. Reston, Virginia. USA
 - [8] IMPROVING ENGINEERING EDUCATION. (2006). *The ImpEE Project*. Universidad de Cambridge. Inglaterra. (<http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/>).
 - [9] ASHFORD, N.A. (2004). *Major challenges to engineering education for sustainable development: what has to change to make it creative, effective, and acceptable to the established disciplines?*. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 5 No. 3.
 - [10] ASCE. (American Society of Civil Engineers). (2010). *La visión para la Ingeniería Civil en 2025*. Reston, Virginia. USA.

- [11] CNUMAD. (1992). (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo). *Agenda 21*. Río de Janeiro.
- [12] STERLING, S. (2004). *Higher education, sustainability, and the role of systematic learning*. In B. P. Corcoran & A. E. J. Wals (Eds.), *Higher education and the challenge of sustainability. Problems, promise, and practice* (Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- [13] CARR, W., KEMMIS, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Martínez Roca, Barcelona.
- [14] KEMMIS, S. (1988). *El curriculum: Más allá de una teoría de la reproducción*. Con la colaboración de Lindsay Fitzclarence. Ediciones MORATA Madrid.
- [15] JUÁREZ LUGO, C. S., RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, G. y LUNA MONTIJO, E. (2012). *El cuestionario de estilos de aprendizaje CHAEA y la escala de estrategias de aprendizaje ACRA como herramienta potencial para la tutoría académica*. Revista Estilos de Aprendizaje, N°10, Vol 10. México.
- [16] STAUFFACHER, M.W, A.I. Lang, D.J. Wiek, A. & Scholz R.W. (2006). *Learning to research environmental problems from a functional socio-cultural constructivism perspective*. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol.7 (3), 252-275.
- [17] DE MIGUEL, M. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias*. Madrid: Alianza
- [18] MUCHIELLI, R. (1970). *El método del caso*. Madrid. Ibérico Europea de Ediciones.
- [19] Azapagic, A., Perdan, S. and Clift, R., *Sustainable Development in Practice: Case Studies for Engineers and Scientists*. Chichester: John Wiley (2004).
- [20] WASSERMANN, Selma. 1994. *The Belief Checkup List*. In: *Introduction to Case Method Teaching: A Guide to the Galaxy*. New York. Teachers College Press.
- [21] BRUNER, J.S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge Mass. Harvard University Press.
- [22] MIEG, H. A. (1996). *Managing the interfaces between science, industry, and education: Case studies for environment, education, and knowledge integration at the Swiss Federal Institute of Technology*. World Congress of Engineering Educators and Industry Leaders Vol I, . UNESCO, Paris.
- [23] BOEHRER, J. (1995). *How to teach a case*. Cambridge: Case Program. John F. Kennedy School of Government. Harvard University.
- [24] MARTÍNEZ, A., MUSITU, G. (1995). *El estudio de casos para profesionales de la acción social*. Madrid. Narcea
- [25] LEED (2009). for New Construction and Major Renovations Rating System. USGBC Member Approved November 2008 (Updated October 2013). Disponible en: <http://www.usgbc.org/leed>.
- [26] ROBERTSON, K. (2005). *Active listening: More than just paying attention..* Australian Family Physician, Vol. 34, Nro. 12.
- [27] SCHOLZ, R.W., LANG D.J., ARNIM WIEK, A.I., y STAUFFACHER, M. (2006). *Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning. Historical framework and theory*. International Journal of Sustainability in Higher Education. Vol. 7 Nro. 3
- [28] NISBET, J. y SHUCKSMITH, J. (1991). *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Santillana.
- [29] MIEG, H. A. (2000). *University-based projects for local sustainable development: Designing expert roles and collective reasoning*. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol.1, Nro1.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE CASO: ENSEÑANZA MEDIANTE EL ENFOQUE DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INGENIERÍA Y MATEMÁTICAS (STEM EN INGLÉS) PARA DESARROLLAR HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN EN LOS ESTUDIANTES

Ana Beatriz Prieto, Universidad Nacional del Comahue, anabeatrizprieto@gmail.com

Ricardo Chrobak, Universidad Nacional del Comahue, mecenster@gmail.com

Resumen— Actualmente el mundo enfrenta desafíos como: resolver problemas generados por el cambio climático, desarrollar la gestión energética, restaurar zonas degradadas, etc. Por lo que necesita ciudadanos capacitados en cuestiones científicas. Paradójicamente las evaluaciones PISA muestran pobres resultados, además cada vez es menor el número de estudiantes que continúan carreras relacionadas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería o Matemática.

Por esto, el grupo de investigación “La enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) y el desarrollo del Pensamiento Crítico (PC)” se propuso realizar cambios en los enfoques de enseñanza de ciencias, en el marco del proyecto de investigación donde participan estudiantes del Doctorado en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

La educación mediante el enfoque STEM (acrónimo en inglés que significa Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se considera uno de los motores de cambio porque desarrolla en los estudiantes habilidades de pensamiento crítico, comunicación, colaboración, creatividad e innovación trabajando en equipos. Esto contribuye a lograr las competencias de: saber, saber hacer, ser y saber convivir juntos.

Aplicando este enfoque, se realizó un estudio de caso sobre un tema de interés ecológico, como la problemática de la interacción entre las riberas del río Chimehuín y la calidad del agua.

Los resultados fueron promisorios y permitieron recomendar el uso del enfoque STEM en la enseñanza de Ingeniería.

Palabras clave— *Educación STEM, aprendizaje basado en problemas, enseñanza de ciencias.*

1. Introducción

A escala global existe preocupación por mejorar la educación y en particular la educación STEM (acrónimo en inglés que significa Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) a través de todos los niveles educativos, desde la educación preescolar hasta los post-doctorados y también en los ámbitos no formales de educación [1] [7] [9] [16] [21] [22] [23]. Este interés es motivado por varias razones: a) fortalecimiento de las economías intentando permanecer o llegar a ser líderes en la rápida evolución y expansión de la economía mundial; b) pobre rendimiento de los estudiantes [2] en los temas STEM determinado por las bajas calificaciones en las evaluaciones internacionales PISA (Programme for International Student Assessment),

TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) y otras; c) disminución del número de estudiantes que finalizan carreras STEM, con baja representación de las mujeres y otras minorías [3] [4]; d) necesidad de los países de contar con ciudadanos capacitados para enfrentar los desafíos del siglo XXI [5] [6] como: resolver problemas generados por el cambio climático, desarrollar la gestión energética, restaurar zonas degradadas, etc.

Esto ha motivado reformas en los sistemas educativos de muchos países. Bybee [7] considera que las diferencias entre las reformas STEM y otros esfuerzos de reforma educativa se basan en tres factores clave: a) la educación STEM pretende dar respuesta a los desafíos económicos globales que enfrentan muchas naciones, b) reconoce la demanda de alfabetización STEM para la solución de problemas tecnológicos y ambientales a nivel mundial, y c) se centra en los conocimientos necesarios para desarrollar las habilidades requeridas para el siglo XXI (creatividad e innovación, pensamiento crítico y resolución de problemas, comunicación y colaboración).

Las reformas STEM [8] han sido implementadas de manera diferente según los países. Según Ritz [9] algunos países fusionaron los contenidos de educación científica y tecnológica (por ejemplo, Francia, Israel, Países Bajos), otros han desarrollado programas de ingeniería en sus escuelas para integrar ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (ej. Canadá, Suecia, Estados Unidos), también tienen cursos o programas STEM integradores. Los programas de educación STEM integrados utilizan el aprendizaje basado en problemas o en proyectos para ayudar a los estudiantes a aprender cómo resolver los problemas del mundo real utilizando los conocimientos de manera integrada, interdisciplinaria. [9] [10]. En Inglaterra, la reforma de la educación STEM tiene dos objetivos principales: 1) generar un flujo de personas calificadas para el mercado laboral que requiere conocimientos STEM y 2) la alfabetización STEM de la población general. Mediante el Programa STEM están fomentando iniciativas, creando programas de estudios y proporcionando materiales de soporte de alta calidad para la enseñanza. En Francia, el gobierno, muchas fundaciones, escuelas y empresas están dedicando sus esfuerzos a la promoción de la educación STEM y la difusión de carreras que requieren conocimientos y habilidades STEM. En Australia ACOLA (Australian Council of Learned Academies) publicó en 2013 un análisis de las estrategias internacionales de educación STEM [11] y sobre ésta base estableció políticas nacionales y programas específicos focalizados en la educación, el conocimiento, la innovación y la influencia en la educación STEM. El sistema educativo de Corea del Sur combina en STEM temas de ciencia, tecnología y economía doméstica como un área de aprendizaje desde 2011. En Taiwán, combinan la ciencia y la tecnología como un área de aprendizaje en las escuelas para ayudar a los estudiantes a experimentar relaciones entre los mismos y su integración en las prácticas comerciales e industriales. Recientemente modificaron la educación tecnológica y la combinaron con las tecnologías de información creando una nueva área de aprendizaje. En África varias fundaciones están promoviendo la enseñanza de temas STEM a través del desarrollo curricular y la capacitación docente en diferentes niveles de enseñanza. [9] [11] [12]

Muindi y Guha proponen que debería configurarse un fondo global para respaldar los programas más innovadores y eficaces en el mundo en desarrollo para mejorar la accesibilidad y la calidad de la educación STEM en todo el mundo. Un fondo STEM global y coordinado ayudaría a cerrar las brechas y ofrecer un mayor acceso a los recursos y programas, que estimulen las habilidades requeridas para el siglo 21. Las organizaciones internacionales, como el Banco Mundial y UNESCO podrían ayudar gestionar un fondo de educación STEM, proporcionando la infraestructura, acceso a la red global de formación, apoyo financiero y técnico. [13]

Con las reformas educativas para mejorar la educación STEM los espacios informales de aprendizaje han tomado relevancia [14] por su potencial para comunicar la ciencia, por ejemplo: los centros de ciencias, museos, prácticas, clubes de ciencias [15], programas de verano, programas después del horario escolar, programas de ciencia ciudadana, campamentos de ciencias, festivales de ciencias, cursos masivos abiertos, programas de mentores, programas de investigación internacionales para niños y jóvenes, diseños de objetos con referencias a conceptos STEM (ej. Lámparas de pie con diseño de ADN, remeras con fórmulas químicas, relojes con cálculos, etc.), competencias y desafíos de ciencias, becas, premios a la investigación e innovación y otros. La educación no formal se considera que ayuda a difundir conceptos científicos, desarrollar habilidades y competencias, fomentar la innovación y la investigación integrando conceptos STEM y aplicándolos a la resolución de problemas del mundo real. También ayuda a despertar vocaciones hacia carreras universitarias STEM, fomentan la autoestima de los estudiantes y los vincula con la sociedad [16] [17] [18]. En algunos casos se los considera clave en la difusión hacia la sociedad de medidas reducción de riesgo de desastres. [19]

A partir del creciente uso de internet, dispositivos móviles, redes sociales, cámaras que transmiten en vivo, datos abiertos, monitoreos globales en línea, interactividades gráficas de alta calidad, laboratorios virtuales, videos, películas, juegos, dibujos animados, webinar y otros, las formas de comunicación de la ciencia se multiplican brindando oportunidades de aprendizaje y de investigación para cualquier persona con interés en los mismos. [15] [20] [21] [22] [23]

2. Materiales y Métodos

Atendiendo a la problemática desarrollada anteriormente, el grupo de investigación de la universidad está trabajando en éstos temas en el ámbito de la educación formal y no formal. En éste caso integrantes del grupo pusieron en práctica el enfoque STEM en el Club de Ciencias del CEI “San Ignacio” que funciona después del horario escolar. El CEI “San Ignacio es una escuela agrotécnica localizada a 10 km. de la ciudad de Junín de los Andes.

Este club de ciencias es un espacio extracurricular, al que concurren los estudiantes en forma voluntaria. El principal objetivo es desarrollar en los estudiantes las habilidades requeridas para el siglo XXI integrando conceptos STEM en la investigación colaborativa para tratar de resolver problemas del mundo real que tengan incidencia a nivel local, regional [24] [25] o internacional [26]. Además propicia un ambiente de aprendizaje adecuado para el desarrollo de vocaciones STEM.

A raíz de la preocupación por la disminución de las precipitaciones níveas en la región que afectan los caudales de los ríos un grupo de cuatro estudiantes decidieron realizar un muestreo de la calidad del agua del río Chimehuín en distintos sitios a lo largo de su curso. También se generó la pregunta de investigación sobre la influencia antrópica en la calidad del agua y el efecto amortiguador de las riberas. Por éste motivo decidieron realizar transectas de vegetación para estudiar los tipos de cobertura vegetal en las riberas. Las transectas de vegetación son líneas que proveen una escala muestral de la cobertura vegetal. [27]

Los estudiantes comenzaron el trabajo buscando información sobre la calidad del agua y el efecto de filtro que realizan las riberas. Como gran parte de la información solo está disponible en inglés utilizaron traductores online para facilitar la tarea. Los trabajos de investigación realizados por otros fueron analizados utilizando el diagrama UVE [28]. Luego, formularon las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué relación hay entre las riberas y la calidad del agua en ambientes poco alterados por el hombre? ¿Qué tipo de impactos antrópicos se observan en

las riberas del río Chimehuín? ¿Cómo puede cuidarse la calidad del agua con el cuidado de las riberas?

La información conceptual general de las búsquedas bibliográficas la reunieron en un mapa conceptual. Para diseñar y realizar la propia investigación utilizaron el diagrama UVE.

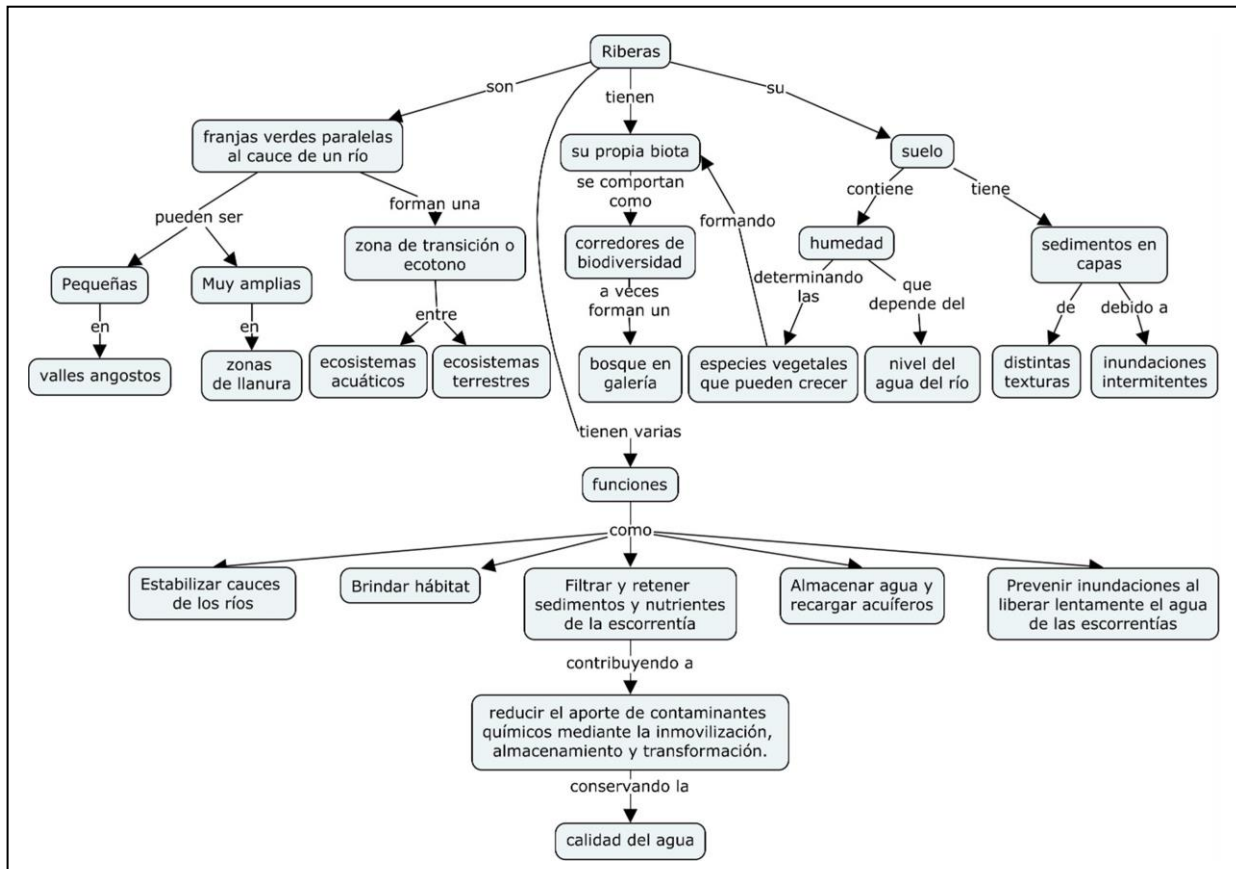


Figura 1. Mapa conceptual sobre las riberas.
Fuente: elaboración propia



Figura 2. Muestreos y análisis de calidad de agua realizados por los estudiantes.
Fuente: elaboración propia

Los sitios de muestreo fueron georeferenciados y se calcularon las pendientes utilizando la aplicación Google Earth Pro. Los datos obtenidos de las mediciones de calidad del agua y las transectas de vegetación de las riberas fueron procesadas utilizando el software Excel. Los datos de caudales del río Chimehuín fueron proporcionados por la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC).

El informe de investigación fue redactado en grupo y diseñaron una presentación multimedia [29] para difundir los resultados en la escuela y en la comunidad.

3. Resultados y Discusión

Por tratarse de una escuela agrotécnica, los estudiantes están acostumbrados a monitorear variables ambientales. Además la escuela participa de los programas internacionales de educación ambiental: a) The GLOBE Program [30] y b) Environment On Line (ENO) [31] desde hace más de 15 años. Tres de los estudiantes que realizaron ésta investigación ya habían participado de otras en años anteriores. Este contexto hace que a los estudiantes les resulte de interés el tema debido a que se trata de una problemática local que los afecta directamente.

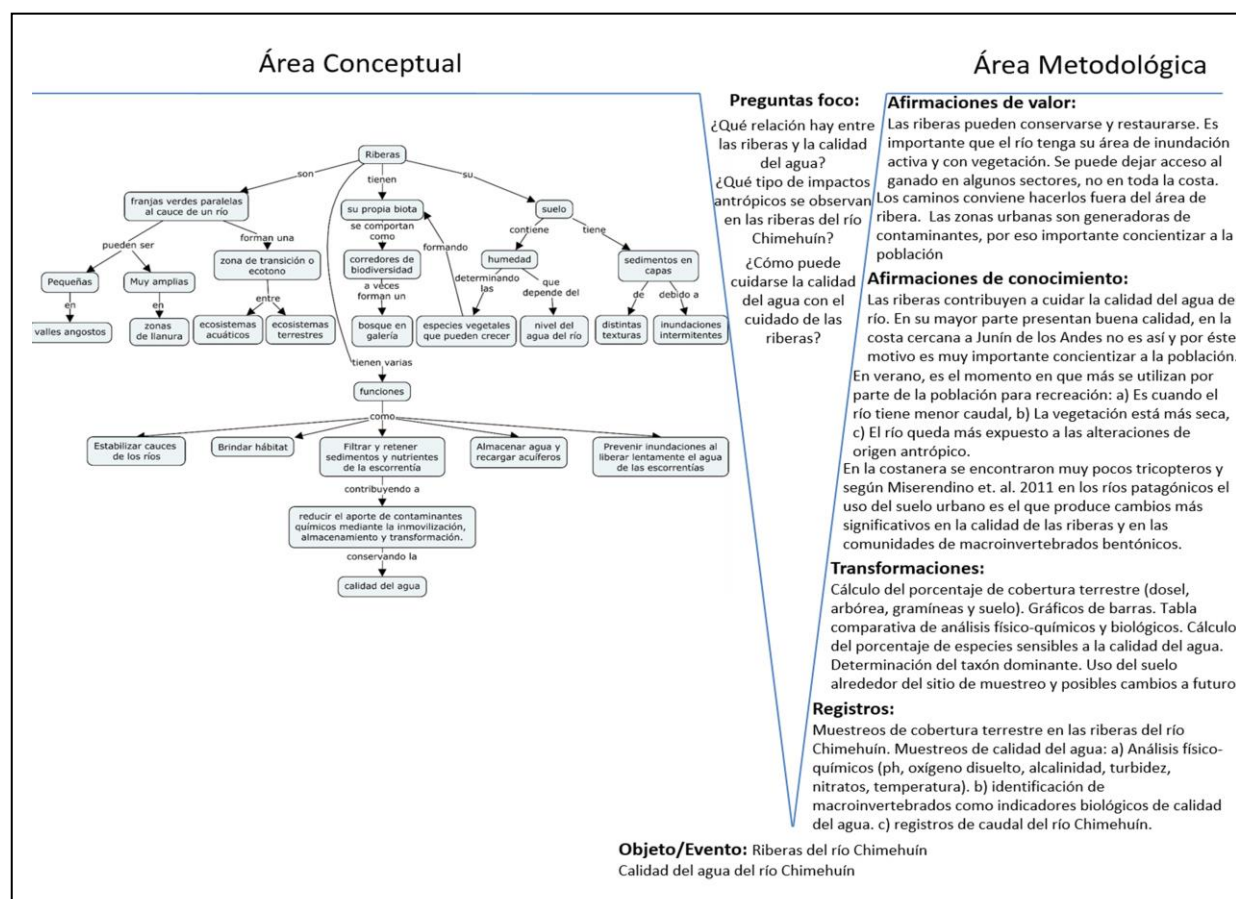


Figura 3. Diagrama UVE con los resultados de la investigación realizada por los estudiantes
Fuente: elaboración propia

Los estudiantes lograron procesar la información recopilada utilizando mapas conceptuales dinámicos asociando imágenes, gráficos, animaciones. El uso del diagrama UVE los ayudó a diseñar y desarrollar la investigación. El procesamiento de los datos les permitió evaluar la

fortaleza de algunos y la debilidad de otros para extraer conclusiones. A partir de las conclusiones también fueron capaces de brindar recomendaciones de manejo de las riberas del río para mejorar la calidad del agua.

El trabajo de investigación fue presentado al Premio Argentino Junior del Agua, realizado anualmente por la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS) [32] en su rol de organizador nacional del Stockholm Junior Water Prize. [33]



Figura 4. Premiación en Argentina y presentación como finalistas en Stockholm Junior Water Prize, en Suecia ante jurados internacionales.

Fuente: elaboración propia

El trabajo de investigación resultó finalista en el Premio Argentino Junior del Agua, por lo tanto los estudiantes viajaron a Buenos Aires para exponerlo ante un jurado en la sede de AIDIS Argentina. En éste evento el trabajo resultó ganador y representó a la Argentina en el Stockholm Junior Water Prize, en Suecia. Además AIDIS publicó el trabajo [34] en su revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

A partir de éste premio los alumnos debieron traducir su investigación a inglés y readaptarla en formato de poster [35]. Posteriormente los estudiantes viajaron a Suecia para participar del Stockholm Junior Water Prize y exponer ante jurados internacionales. Ambas experiencias de exponer la investigación ante profesionales, en Argentina y luego en inglés en Suecia ayuda a los estudiantes a adquirir las habilidades de comunicación de la ciencia, utilizando términos técnicos e intercambiando ideas con personas de mayor experiencia que ellos.

La experiencia en Suecia también ayudó a adquirir habilidades otro tipo de habilidades al tener que comunicarse todo el tiempo en inglés y convivir durante una semana con otros estudiantes de países con culturas algunos similares y otras muy diferentes a la suya. Los estudiantes se sintieron felices de compartir y aprender con otros. Además de exponer su trabajo en la competencia también compartieron viajes de estudio y participaron en las actividades de la Semana del Agua en Estocolmo con profesionales de todo el mundo. Esto los ayudó a ampliar su visión del mundo, sobre todo si se considera que provienen de un contexto rural con escasas oportunidades similares a ésta.

En mayo de 2016 fueron invitados a exponer el trabajo y la experiencia en Suecia en el 20° Congreso de Saneamiento y Medio Ambiente organizado por AIDIS. Esta fue una nueva experiencia motivadora y desafiante para los estudiantes.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los clubes de ciencia son espacios de aprendizaje informales donde los estudiantes participan en proyectos de investigación que integran contenidos de distintas asignaturas, además trabajan sobre problemas del mundo real. En este caso tres de los alumnos provienen del área rural e incluso su escolarización primaria fue en éste ámbito, el otro alumno es de Junín de los Andes donde han tenido pocas oportunidades de desarrollar habilidades de poner en práctica el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y la comunicación de su trabajo tanto en español como en inglés.

Exponer su trabajo de investigación ante profesionales y especialistas en el tema, ayuda a los estudiantes a vincularse profesionalmente participando en conversaciones referidas a temáticas de STEM, a conocer el mundo profesional y el tipo de trabajo que realizan, en éste caso se relacionaron en su mayoría con ingenieros sanitarios.

Aplicar en forma integrada conceptos STEM para resolver problemas los hace valorar la importancia y la utilidad de los mismos. Estudiar problemas locales y llegar a establecer recomendaciones les aumenta la autoestima y los vincula con la sociedad.

Si bien no todos los estudiantes optan voluntariamente por concurrir a un club de ciencias, muchos estudiantes cuando ven logros de sus amigos **dejan de percibir los temas STEM como difíciles y comienzan a participar**. Por esto se considera que los clubes de ciencias son un aporte más a las oportunidades de aprendizaje de los estudiantes y en muchos casos ayudan a vencer estereotipos y prejuicios que han sido una barrera importante para el aprendizaje y para optar por carreras de ingeniería.

5. Referencias

- [1] GONZALEZ, H. B.; KUENZI, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service, Library of Congress. 38p.
- [2] FRASER, B.; TOBIN, K.; MCROBBIE, C. J. (Eds.). (2011). *Second international handbook of science education*. Vol 24. Springer Science & Business Media. 1564p.
- [3] SALMON, A. (2015). *A Complex Formula: Girls and Women in Science, Technology, Engineering and Mathematics in Asia*. Bangkok: UNESCO. 110p.
- [4] HILL, C.; CORBETT, C.; ST ROSE, A. (2010). *Why so few? Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington: American Association of University Women. 134p.
- [5] BOKOVA, I. (2010). *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*. UNESCO, World Federation of Engineering Organizations, International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences, and International Federation of Consulting Engineers. París. 396p.
- [6] ROBERTS, K. (2013). *Literature Review—A Selection of the Work of International Organizations on STEM education and STEM-related issues*. Australian Council of Learned Academies. 64p.

- [7] BYBEE, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association. 40p.
- [8] WILLIAMS, P. J. (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education*. Wellesbourne, Warwickshire, v.16, n.1, p.26–35.
- [9] RITZ, J. M.; FAN, S. C. (2015). STEM and technology education: International state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*. v.25, n.4, p.429-451.
- [10] SANDERS, M. E. (2012). Integrative Stem Education as “Best Practice”. In: MIDDLETON, H. E. (Ed.) *Explorations of best practice in technology, design and engineering education*. Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia, v.2, p.102-117.
- [11] MARGINSON, S.; TYTLER, R.; FREEMAN, B.; ROBERTS, K. (2013). *STEM: Country Comparisons Final Report*. Australian Council of Learned Academies. 178p.
- [12] KAHN, M. (2014). 17 STEM education in the quest to build a new South Africa. In: FREEMAN, B.; MARGINSON, S.; TYTLER, R. (Ed.). *The Age of STEM: Educational Policy and Practice Across the World in Science, Technology, Engineering and Mathematics*. New York: Routledge. Taylor & Francis Group. p.278-291.
- [13] MUINDI, F.; GUHA, M. (2014). Developing world: Global fund needed for STEM education. *Nature*, v.506, n.7489, p434.
- [14] STOCKLMAYER, S.; CERINI, B. (2013). *The importance of informal learning in science for innovation education*. New York: The Routledge International Handbook of Innovation Education. 664p.
- [15] GOTTFRIED, M. A.; WILLIAMS, D. (2013). STEM club participation and STEM schooling outcomes. *Education policy analysis archives*, Arizona State University, United States, v.21, n.79, p.1-27.
- [16] HIN, L. T. W.; SUBRAMANIAM, R. (Eds.). (2014). *Communicating Science to the Public: Opportunities and Challenges for the Asia-Pacific Region*. Springer, Netherlands. 298p.
- [17] KRISHNAMURTHI, A.; BALLARD, M.; NOAM, G. G. (2014). *Examining the Impact of Afterschool STEM Programs*. Noyce Foundation. Afterschool Alliance. Harvard University. 33p.
- [18] LÖVHEIM, D. (2014). Scientists, Engineers and the Society of Free Choice: Enrollment as Policy and Practice in Swedish Science and Technology Education 1960–1990. *Science & Education*, Springer Netherlands, v.23, n.9, p.1763-1784.
- [19] FERNANDEZ, G.; SHAW, R. (2015). Youth participation in disaster risk reduction through science clubs in the Philippines. *Disasters*, Wiley Online Library, v.39, n.2, p.279-294.
- [20] DUDO, A. (2015). Scientists, the Media, and the Public Communication of Science. *Sociology Compass*, Wiley Online Library, v.9, n.9, p.761-775.
- [21] FREEMAN, B.; MARGINSON, S.; TYTLER, R. (2014). *The Age of STEM: Educational Policy and Practice Across the World in Science, Technology, Engineering and Mathematics*. New York: Routledge. Taylor & Francis Group. 304p.
- [22] SACCO, K.; FALK, J. H.; BELL, J. (2014). Informal science education: lifelong, life-wide, life-deep. *PLoS Biol*, San Francisco, California, v.12, n.11, p.1-3.

- [23] ROBELEN, E. W.; SPARKS, S. D.; CAVANAGH, S.; ASH, K.; DEILY, M.E.P.; ADAMS, C. (2011). Science Learning outside the Classroom. *Education Week*, Bethesda MD, v.30, n.27, p.1-16.
- [24] PRIETO, A. B.; CHROBAK, R.; PLAZA, M. J. (2012) Integración de TICs, investigación y herramientas metacognitivas en la educación de ciencias y ambiental. Estudio de caso: Cambio climático y eventos extremos en Patagonia Norte. In: A. J. CAÑAS, J. D. NOVAK, J. VANHEAR, Eds. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proc. of the Fifth Int. Conference on Concept Mapping. v.3, p.114-117.
- [25] PRIETO, A. B.; CHROBAK, R. (2013). Integración de TICs, investigación y herramientas metacognitivas en la educación de ciencias y ambiental. Estudio de caso: disponibilidad de agua de las cuencas del noroeste de Patagonia y su relación con la actividad solar. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, Granada (Spain), v.4, n.1, p.132-141.
- [26] PRIETO, A.B.; BERTOSSI, M. B.; AMATO, M. I.; CARO VERA, C.; PIRIZ, P.; CAMEJO, M. (2016) La colaboración, uno de los desafíos educativos del siglo XXI. Un proyecto de investigación ambiental colaborativo entre estudiantes y docentes de tres países. En: CHROBAK, R.; CHROBAK, E. (Coords.) *La creatividad como base de la innovación*. Actas del II Congreso Internacional de Investigación y Docencia de la Creatividad. Neuquén: EDUCO. p.267–280.
- [27] THE GLOBE PROGRAM. (2005) Protocolos de cobertura terrestre. En: Guía del Maestro. Washington, WA. 303p.
- [28] NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca. 228p.
- [29] AIGO, E., ARCE, M., PORMA, J. A., PORMA FAVRE, J. L. (2015) Riberas y calidad del agua en el río Chimehuín. Recuperado de <https://prezi.com/wymukuqunucp/riberas-y-calidad-del-agua-en-el-rio-chimehuin/#>
- [30] The GLOBE Program. (2016) Recuperado de www.globe.gov
- [31] Environment On Line – ENO. (2016) Recuperado de www.enoprogramme.org
- [32] Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – AIDIS. (2016) Recuperado de <http://www.aidisar.org.ar>
- [33] Stockholm International Water Institute – SIWI. Stockholm Junior Water Prize. (2016) Recuperado de <http://www.siwi.org/prizes/stockholmjuniorwaterprize>
- [34] AIGO, E., ARCE, M., PORMA, J. A., PORMA FAVRE, J. L. (2015). Riberas y calidad del agua en el río Chimehuín. Primer premio. Premio Argentino Junior del Agua 2015. Aidis Argentina. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Buenos Aires, v.126, p.10-20.
- [35] AIGO, E., ARCE, M., PORMA, J. A., PORMA FAVRE, J. L. (2015) Riverbanks and water quality in the river Chimehuin. Recuperado de https://1drv.ms/b/s!AuT8Twaq_I-T8kL-8gAUtoOG12rU



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Análisis comparativo de Planes de Estudios en la carrera de Bioingeniería de la UNSJ

Graffigna, Juan Pablo, FI-UNSJ, [jgrafig@gateme.unsj.edu.ar](mailto:jgrafig@gate.me.unsj.edu.ar)

Echenique, Ana María, FI-UNSJ, amechenique@gateme.unsj.edu.ar

Seminara, María Paula, becario CONICET/ FI-UNSJ, paulaseminaratorcivia@gmail.com

Resumen— Desde el año 2005 a la fecha, la carrera de Bioingeniería de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) se ha consolidado fuertemente atravesando procesos de acreditación, formación de recursos humanos de posgrado, generación de nuevas líneas de investigación, construcción de infraestructura y adquisición de tecnología específica. Esto ha permitido elevar la calidad de los egresados mediante un proceso de mejora continua. Sin embargo, los índices académicos de promoción, ingreso, permanencia y egreso sufrieron un deterioro significativo. El mismo ha estado asociado a diversos factores: contexto desfavorable para la bioingeniería entre los años 2000 y 2005, deterioro en el nivel medio, poca adaptación institucional a los cambios de contexto, etc. Por tal motivo, a partir del año 2013 se promovieron estrategias para mejorar los índices académicos, resultando el más significativo la aprobación e implementación en el año 2014 del nuevo Plan. El presente trabajo presenta un estudio comparativo de aspectos académicos vinculados al ingreso y permanencia, del Plan de Estudios 2014 y el anterior, sin disponer a la fecha datos de índices de egreso. A partir del análisis comparativo se puede afirmar que el actual Plan de Estudios ha generado una mejora significativa en la inscripción, ingreso y permanencia y permite proyectar una hipótesis de progreso en los índices de la carrera a largo plazo.

Palabras clave— *Carrera de Bioingeniería (UNSJ), Planes de Estudio, Índices Académicos.*

1. Introducción

Numerosos estudios se han abocado a la comparación de planes de estudio. Algunos de estos han utilizado metodología cualitativa como el presente trabajo, analizando y comparando las resoluciones respectivas a diferentes planes de estudio y rescatando el discurso de informantes claves [1]. Al respecto, la universidad Complutense de Madrid presenta varios estudios que afirman que una metodología descriptiva y comparada aporta significatividad y especificidad al objeto de estudio [2]. Los estudios comparativos de planes de estudio no son ajenos al área de la ingeniería encontrando trabajos que comparan materias comunes a diferentes ingenierías de una universidad con el objeto de considerar el sustento epistemológico e ideológico de

dichos planes y poner en evidencia la concepción de educación y del sujeto cognoscente que existe detrás de la currícula diseñada para cada carrera según el tiempo dedicado a cada materia, la disposición de las mismas, etc. [3]. Por último, y sólo para destacar algunos de tantos antecedentes que evidencian la importancia de esta comparación, se destaca el trabajo de la Universidad de La Plata por tener un objetivo afín al del presente trabajo, a saber: analizar el impacto que han tenido los cambios producidos en los planes de estudio de la Facultad sobre algunos de los problemas identificados como principales causas de deserción y fracaso [4].

La carrera de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan (FI-UNSJ) es el segundo programa de grado que se implementó a nivel nacional. La misma depende del Departamento de Electrónica y Automática (DEA) y se encuentra funcionando desde el año 1993 por convenio con la Universidad Nacional de Entre Ríos, y luego, desde 1995 con un Plan de Estudios propio. Los primeros egresados se graduaron en 1999. Este plan de estudios sufre cambios en 2003 vinculados al nuevo régimen de correlatividades de la FI-UNSJ para todas las carreras [5].

En el año 2003, el Ministerio de Educación de la Nación establece la resolución 1604/2003[6] por la cual declara la carrera de interés público y define contenidos curriculares mínimos para la todas las carreras de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica del país. En tal sentido, se inicia un proceso de análisis comparativo del plan de estudios existente y dicha resolución definiendo un conjunto de cambios necesarios para que la carrera se ajuste a la normativa. A partir del análisis propuesto se agregan algunos contenidos específicos, se cambian de nombre algunos espacios curriculares y se incorpora la instancia de Práctica Profesional Supervisada. Este nuevo Plan de Estudios entra en vigencia en 2005.

Desde el año 2005 a la fecha, la carrera se ha consolidado fuertemente atravesando dos procesos de acreditación, la formación de recursos humanos de posgrado, la generación de nuevas líneas de investigación, la construcción de un nuevo edificio, las características de las actividades prácticas que se realizan y la vinculación con los egresados y el medio y la adquisición de tecnología específica. Esto ha permitido elevar la calidad de los egresados mediante un proceso de mejora continua.

Sin embargo, los índices académicos de promoción, ingreso, permanencia y egreso sufrieron un deterioro significativo. El mismo ha estado asociado a diversos factores entre los cuales se pueden mencionar: contexto desfavorable para la bioingeniería entre los años 2000 y 2005, deterioro en el nivel medio, poca adaptación institucional a los cambios de contexto, etc.

Por tal motivo, a partir del año 2013 se promovieron estrategias para mejorar los índices académicos. Entre ellas, el cambio más significativo es la aprobación e implementación en el año 2014 del nuevo Plan de Estudios [7].

La modificación del Plan de Estudios incluyó los siguientes aspectos sobresalientes:

- Presentación diferente de actividades curriculares optativas y horas. Estos aspectos se han incorporado en anexos para poder generar cambios más ágiles en función de nuevas reglamentaciones o requerimientos. (Ej. Altas o bajas de asignaturas optativas, cambio del número de semanas de clases por semestre, etc.)
- Homogenización con otras carreras de Ingeniería Biomédica o Bioingeniería del país. Se han evaluado las otras carreras existentes para adecuar algunas actividades curriculares y facilitar la movilidad estudiantil.
- Integración de los ingresantes a la carrera. Se ha incorporado la asignatura “Introducción a la Bioingeniería” en el primer semestre del Plan. El objetivo consiste en orientar al estudiante ingresante en el contexto de la Bioingeniería, su Plan de Estudios y su articulación con el resto de las asignaturas.

- Reestructuración de las actividades curriculares del área de las Ciencias Biológicas. Las asignaturas “Biología I” y “Biología II” se han renombrado con denominaciones más pertinentes, sin afectar sus contenidos. Los nombres de estas asignaturas en el nuevo Plan son “Biología” y “Anatomía” respectivamente. Por otra parte, se han unificado las asignaturas “Fisiología I” y “Fisiología II” en una asignatura denominada “Fisiología”. La carrera tiene actualmente una elevada carga horaria en esta área, por lo tanto se plantea esta reducción de contenidos.
- Reestructuración de las actividades curriculares del área Física. Los contenidos básicos de la asignatura “Calor y Principios de Termodinámica” se han incorporado en la asignatura “Física I”. Los contenidos restantes se incorporan en una nueva asignatura optativa homónima. En “Física III” se han incorporado los conceptos de Física Nuclear y Radiaciones Ionizantes.
- Reestructuración de las actividades curriculares del área mecánica. Se han reemplazado las asignaturas “Mecánica de Materiales” y “Mecánica y Mecanismos” por “Biomecánica” e “Ingeniería en Rehabilitación”. Los nombres y contenidos de las nuevas asignaturas se corresponden con RM1603/04.
- Reestructuración de las actividades curriculares del área electrónica. Se han unificado las asignaturas “Electrónica Digital I” y “Electrónica Digital II” en una asignatura denominada “Sistemas Digitales I” y se ha renombrado la asignatura “Electrónica Digital III” por “Sistemas Digitales II”. La carrera tiene actualmente una elevada carga horaria en esta área, por lo tanto se plantea esta reestructuración de contenidos. Por otra parte, debido a la excesiva cantidad de contenidos en la asignatura “Electrónica Analógica”, se ha considerado pertinente su desdoblamiento en las asignaturas “Electrónica Analógica I” y “Electrónica Analógica II”.
- Reestructuración de las actividades curriculares del área Bioinstrumentación. Se ha incorporado una nueva asignatura denominada “Sensores y Transductores” que incorpora contenidos de “Bioinstrumentación I”. Por otra parte, debido a la excesiva cantidad de contenidos en la asignatura “Bioinstrumentación II”, se ha considerado pertinente su desdoblamiento en las asignaturas “Instrumentación Biomédica I” e “Instrumentación Biomédica II”.
- Incorporación de requisitos del Plan actual como asignaturas. Se han incluido como asignaturas los siguientes requisitos: Inglés y Práctica Profesional Supervisada. Las nuevas asignaturas se denominan “Inglés I”, “Inglés II”, “Práctica Profesional Supervisada”.
- Reducción de carga horaria y algunos contenidos en algunas asignaturas.
- Modificación en el semestre de dictado de algunas asignaturas.

En forma paralela al cambio de plan de estudios, se han propuesto estrategias para fortalecer las políticas de ingreso, permanencia y egreso. A continuación se describen alguna de ellas.

Las políticas de **promoción** comprenden todas las acciones emprendidas con el propósito de hacer conocer la carrera en el medio y particularmente en las escuelas secundarias. Para ello se han implementado mejoras en la utilización de la Oferta educativa que realiza la Universidad todos los años. En esta actividad, la carrera participa con un espacio donde presenta tecnología médica y describe las características de la carrera y el campo profesional del Bioingeniero. En esta actividad participan docentes y alumnos avanzados y se han presentado algunas mejoras operativas. Además las políticas de promoción institucionales el DEA ha implementado visitas a Escuelas y Colegios para brindar charlas sobre la carrera y el perfil profesional del Bioingeniero. Las mismas son coordinadas entre el responsable de la actividad y las autoridades de cada institución visitada. El objetivo es brindar información de

la carrera y registrar información de estudiantes interesados para luego convocarlos. Por otra parte el DEA se han organizado visitas a las instalaciones de la Facultad, que consisten en una charla informativa y la visita a los principales laboratorios de la carreras. Esto permite que los interesados puedan conocer el ámbito de estudio, es decir, la infraestructura, el equipamiento, los estudiantes y los docentes de un modo más natural. Esta actividad pretende mostrar con mayor profundidad aspectos de la carrera. La convocatoria a las visitas se realiza por diversos medios (WhatsApp, email, etc.) a partir de los listado obtenidos en las actividades anteriores. Finalmente existe una última estrategia asociada a las pasantías de estudiantes secundarios que son coordinadas y muchas veces iniciadas desde los colegios o escuelas secundarias. El objetivo es canalizar la pasantía obligatoria del nivel medio en aquellos estudiantes que presentan interés en la carrera, realizando alguna actividad simple que les permita conocer la Bioingeniería y el entorno universitario donde se imparte.

Respecto al **Ingreso**, las estrategias están vinculadas a abordar las incertidumbres sobre la carrera, desconocimiento de la vida universitaria, problemas de adaptación y/o aprendizaje, etc. Para ello se han definido varias acciones. Por un lado se realiza una Charla de Presentación dentro del curso de Introducción a la Vida Universitaria dispuesto en el curso de ingreso. Esta instancia tiene como función que los estudiantes conozcan a los docentes de la carrera y puedan establecer un primer canal de contacto para solucionar aspectos específicos así como evacúan dudas sobre la carrera y sus aspectos operativos. Esta problemática de ingreso también es abordada en la Actividad Curricular: Introducción a la Bioingeniería incorporada en el Plan de Estudios 2014. Esta asignatura pretende presentar a los nuevos estudiantes la carrera de Bioingeniería, los alcances de la misma, el plan de estudios y el campo laboral. En este marco, además de las clases teóricas, los estudiantes realizan pequeños trabajos de investigación sobre la Bioingeniería, analizan el plan de estudios y algunas actividades curriculares, reciben la visita de egresados que cuentan sus experiencias laborales, etc. Por otra parte, se realizan informes y exposiciones orales que pretenden estimular sus habilidades de comunicación y los vínculos con sus pares. También en estos ámbitos se presentan las instancias de acompañamiento profesional y de pares en la adaptación. Para ello se presentan todas las instancias institucionales y departamentales para trabajar algunas dificultades académicas en el ingreso.

Las estrategias de **permanencia** se asocian fundamentalmente a trabajar problemáticas que disminuyan la deserción y la cronicidad en la carrera. La carrera de Bioingeniería ha presentado una diferencia importante entre la duración teórica y la duración real. A partir del análisis de las causas se ha trabajado en diferentes niveles. Por un lado se ha trabajado en la adecuación curricular plasmada en la modificación del Plan de Estudios. El mismo se viene gestando desde hace varios años y tiene en cuenta las siguientes consideraciones generales: disminución de contenidos básicos; ampliación y adecuación de contenidos específicos; conversión de actividades curriculares para lograr mayor afinidad a la carrera; mejoramiento de los mecanismos de articulación y correlatividades; etc.

La CASCPE también ha iniciado un proceso de análisis de los índices académicos de los estudiantes, a partir de información obtenida del SIU-Guaraní [8]. El centro de cómputos de la UNSJ envía los datos y se obtiene la siguiente información: Cantidad de materias por alumno; Última reinscripción anual; Información sobre estado de la cursada de cada alumno; Información sobre estado de los exámenes de cada alumno; Datos personales de los estudiantes; etc. Los primeros índices facilitan el análisis de los estudiantes que están en riesgo de deserción y se realiza un abordaje para evaluar las causas de la misma. La información de cursadas y exámenes se utiliza para calcular índices vinculados a la cantidad

de veces que deben cursar o rendir los estudiantes cada una de las asignaturas. A partir de esto, se puede evaluar aquellas actividades curriculares que presentan alta tasa de reprobación, recursada o aplazos. Esto permite trabajar con el equipo docente las causas del problema. Encuestas a estudiantes.

Otro modo de realimentación son las encuestas de los estudiantes. Las mismas se cargan en forma anónima en un sistema web y permite que los estudiantes puedan expresarse sobre el desempeño de cada una de las cátedras. La información contempla datos sobre el estado académico del encuestado, cantidad de actividades curriculares que cursa, calidad de contenidos, metodologías empleadas y opiniones general. Los formularios se encuentran abiertos en forma permanente y se realiza una devolución periódica desde el Coordinador de Carrera hacia el equipo de cátedra.

En los últimos años se ha evidenciado la necesidad de los estudiantes de participar activamente en actividades vinculadas a enriquecer la carrera. A partir de ello y conociendo iniciativas similares en otras carreras, un grupo de estudiantes planteó la necesidad de crear una estructura formal para vincular a los estudiantes de Bioingeniería. Estas inquietudes permitieron que se esté terminando de formalizar, como Asociación de hecho reconocida por la Facultad, la Asociación Sanjuanina de Estudiantes de Bioingeniería (ASEBIO). Esta asociación se encarga de la organización de las Jornadas de Estudiantes de Bioingeniería, la coordinación de los viajes a congresos, entre otras actividades.

La adscripción a proyectos de investigación por parte de los estudiantes es una tarea que se ha realizado en forma constante en los últimos años. Sin embargo, la misma ha estado enfocada en alumnos avanzados que realizan su Trabajo Final. A fin de generar una instancia de promoción temprana de las actividades de investigación, se ha promovido la adscripción de estudiantes desde los primeros años dentro de Proyectos de Investigación acreditados.

El **egreso** es la última fase de la formación universitaria formal de grado en Bioingeniería. Las acciones encaradas se centran en la estimulación de los estudiantes avanzados que han desertado, en la promoción de la oferta laboral y de posgrado. A partir de los índices académicos analizados por la CASCPE se ha podido detectar aquellos alumnos que adeudan muy pocas materias y se está trabajando en estimularlos para la finalización de su formación de grado. En tal sentido, se está apoyando a estos estudiantes mediante el asesoramiento sobre las convocatorias nacionales al respecto y el acompañamiento para la finalización de sus estudios.

Esta herramienta de comunicación permite brindar a los egresados información de interés sobre la carrera. La misma fue creada hace unos años, enviando constantemente novedades sobre: ofertas laborales, ofertas de posgrado, nueva legislación para la Bioingeniería, etc.

En este trabajo se pretende demostrar el impacto de tal cambio de plan en los índices académicos, presentar y analizar “cualitativamente” las diferentes acciones emprendidas. Las mismas se han llevado a cabo por diferentes actores: Autoridades del Dpto, Coordinador, CASCPE, docentes, estudiantes, personal de apoyo, etc.

2. Materiales y Métodos

El análisis presentado en esta sección es de carácter cualitativo como se mencionó en secciones anteriores. Mediante esta metodología se pretende analizar la experiencia

académica en la implementación de las estrategias. La obtención de parámetros cuantitativos totales no puede aún desarrollarse debido a que el Nuevo Plan de Estudio se halla en el 3 año de su implementación y requiere un período mayor de análisis.

Sin embargo, se han comenzado a procesar los datos cuantitativos como la sistematización del número de ingresantes, cantidad de reprobados por materia, reinscriptos por año, etc. Se sostiene que esto permitirá evaluar el impacto de la estrategia del cambio de plan de estudio sobre los índices académicos (ver tabla 1 en sección de Resultados y Discusión).

La metodología cualitativa utilizada en el presente estudio se enfoca en la comparación de las características de ambos planes en función de las resoluciones respectivas a cada uno de ellos. Por otra parte, se rescatan representaciones sociales que comparten alumnos actuales, egresados del plan anterior y profesores de la carrera que han presenciado ambos planes de estudio. Asimismo, rescata ciertas distinciones entre la población estudiantil que ha transitado este cambio de plan comparado con otras carreras de ingeniería de la misma universidad que no han sido atravesados por ningún cambio en su plan de estudio.

Se recabaron los discursos que reflejan las representaciones de los 44 nuevos ingresantes. Dichos discursos espontáneos se recogieron y analizaron a partir de cartas de los alumnos como actividad práctica semi-dirigida al comienzo de la nueva materia “introducción a la Bioingeniería”, en la cual debieron comentar el modo en que conocieron la carrera, las razones de su elección y demás aspectos vinculados con el paso del nivel medio al ámbito universitario.

Asimismo, se rescataron las experiencias de los graduados del plan 2005 mencionando, en una charla de vinculación entre alumnos de ambos planes, sus dificultades durante el cursado, métodos y estrategias de estudio que pudieron construir, articulación entre las materias básicas y específicas y caracterización de su pasaje hacia la vida profesional actual.

Por último, se contrastó la caracterización que poseen informantes claves acerca de las modificaciones reflejadas en la población estudiantil de la carrera de bioingeniería en comparación con otras ingenierías de la misma Facultad. Se buscó estos informantes fueran profesores de otra carrera de ingeniería además de la que es foco en este estudio y hubiesen dictado clases en cohortes del antiguo y actual plan de estudios. Esto tuvo como resultado que pudiese tener una visión global y distintiva entre estas poblaciones a fin de compararlas.

3. Resultados y Discusión

En base a la metodología cualitativa utilizada pudieron obtenerse los siguientes datos.

En base al diálogo entre nuevos ingresantes y egresados, el total de los estos últimos manifestaron haber experimentado determinadas dificultades. En cuanto a estas destacamos a modo de síntesis: horarios de cursado, vinculación horizontal y vertical de los temas, excesivo tiempo de permanencia diaria en la facultad dejando escaso tiempo disponible para el estudio, obstáculos en la comunicación con los profesores, complicaciones para el cursado de materias correlativas, desconocimiento de la especificidad de la carrera hasta los años avanzados, abstracción de las materias de los primeros años, dificultades en la constante socialización que aparea el normal cursado de la carrera debido al notorio desgranamiento, cantidad de años de duración del cursado y su correlación con las demás actividades que desempeñan los estudiantes, escasas posibilidades de insertarse en proyectos de investigación de laboratorios tempranamente, etc. Se rescata que todas estas dificultades han sido tenidas en cuenta para la toma de decisiones en torno a las modificaciones que resultarían pertinentes y necesarias, y son aspectos que evidencian notable mejoría en el plan actual de la carrera.

Dos de los 44 alumnos ingresantes mencionaron haber comenzado la carrera con el plan anterior manifestando los beneficios para el estudiante del actual plan de estudios, entre otras características primordiales rescatan la unificación en los horarios de cursado, una relación

visiblemente más frecuente y accesible para con los profesores y un conocimiento amplio de la carrera y su salida laboral desde el primer año de cursado mediante la materia “Introducción a la Bioingeniería” que es parte de la innovación del corriente plan.

En relación a los profesores de esta y otras carreras ingenieriles que fueron tomados como informantes clave, destacan que la población de Bioingeniería de la FIUNSJ es marcadamente más comprometida y proactiva en estos últimos años en comparación con las poblaciones de otras carreras de la misma Facultad e hipotetizan que esto puede deberse a la motivación que reflejan los alumnos del primer año del corriente plan a partir de las actividades que los vinculan tempranamente con los profesionales y ámbitos laborales de la Bioingeniería. Estas actividades acercan a los estudiantes la realidad específica que vivirían como futuros profesionales y facilitan el transcurso por las materias de los primeros años que connotan un grado de abstracción elevada y abrupta en el pasaje del nivel medio al universitario.

En cuanto a los primeros datos cuantitativos que han podido rescatarse, se evidencia una notoria y significativa mejoría en el porcentaje de desgranamiento estudiantil, lo cual evidenciaría que el presente plan de estudio impactará positivamente sobre los índices académicos en los próximos años.

Tabla 1. Comparación porcentual de desgranamiento en los dos últimos años académicos de cada plan en una actividad curricular común a ambos planes.

Año Académico	Plan 2005		Plan 2014	
	2012	2013	2014	2015
Inscriptos	35	33	36	30
Estudiantes aprobados	11	14	19	15
Estudiantes no aprobados	24	19	17	15
Porcentaje de desgranamiento	68, 57	57,57	47,22	50

Fuente: elaboración propia

Diferencia entre ambos planes: 14. 46% mayor de retención en los dos últimos años. En cuanto a las estrategias de **promoción**, cabe destacar que las mismas han permitido potenciar las políticas al respecto. Sin embargo, en las Ferias Educativas de los últimos años aparecen aspectos a destacar a partir de encuestas realizadas a docentes, estudiantes de la carrera, alumnos secundarios e ingresantes de primer año. En ellas se evidencia que: la participación de los estudiantes secundarios es limitada y pasiva; el espacio previsto dificulta el desarrollo de actividades de divulgación científica o cultural; existe gran disparidad en compromiso e interés en las personas encargadas de promocionar la carrera, y así, una variación significativa en el impacto hacia los estudiantes.

Habría que discutir si el ámbito es el adecuado, si el personal que participa está capacitado y si las actividades que complementan la oferta educativa son realmente atrayentes. Debido a que esto excede las políticas de la carrera, desde la CASCPE se ha decidido apoyar este ámbito y sumarlo como mecanismo de registro de interesados en la carrera.

La **visita a escuelas** posee alto impacto, aunque requiere de gran coordinación interna y externa. Los directivos de las instituciones escolares manifiestan dificultad en la disposición horaria para las mismas, y hay docentes de la carrera con poco interés en esta actividad.

Las **visitas a los laboratorios** representan una importante vía para conocer la carrera y el entorno universitario. Sin embargo, ya que han participado mayormente estudiantes de penúltimo año del secundario iniciándose en 2014, sus efectos se verán reflejados en 2016. Finalmente, se aprecia que la mayoría de los estudiantes que han iniciado su **pasantía del secundario** en actividades curriculares de la carrera, comenzaron luego sus estudios de

Bioingeniería. Si bien la cantidad de estudiantes es muy limitada (6 alumnos), es una actividad motivadora muy interesante. De los 44 ingresantes, 20 acudieron a las visitas de laboratorio, 25 a la oferta y sólo 3 recibieron las visitas en su colegio.

En cuanto al **ingreso** se presenta un análisis de cada estrategia. La **charla de presentación** es una instancia que ayuda a integrar las acciones institucionales de la Facultad y el DEA, a la vez que permite iniciar un diálogo fluido con los recursos humanos de la carrera.

La actividad curricular “**Introducción a la Bioingeniería**” ha permitido a los estudiantes una mayor seguridad en la elección de la carrera, funcionando como una “hoja de ruta” de su vida universitaria. Además, ha colaborado en el sentido de pertenencia e identidad respecto a la carrera. El “sentirse parte”, la posibilidad de tener un horizonte en la vida académica y encontrarle sentido al estudio de las ciencias básicas son, sin dudas, aspectos claves en la motivación de los estudiantes de las dos últimas cohortes con este nuevo plan.

El **acompañamiento profesional** psicológico ha permitido trabajar problemáticas puntuales de forma temprana; interviniendo con estudiantes que en forma voluntaria han accedido a encuentros para canalizar problemáticas asociadas a la vocación, la ambientación, el aprendizaje o situaciones familiares complejas. El apoyo y detección tempranos, de generación de competencias transversales y asistencia en problemas emocionales, inciden en el rendimiento académico y bienestar de los estudiantes.

Aún no puede dimensionarse el impacto de las actividades sobre la **permanencia**. La **adecuación curricular** del nuevo Plan de Estudios es superadora del Plan anterior. Si bien el anterior tenía todos los elementos requeridos por [6] y respondía al contexto inicial de la carrera; la nueva alternativa representa una mejora significativa en los trayectos académicos de los estudiantes. El Plan 2014 surge de numerosas entrevistas, análisis y reuniones con docentes, egresados y estudiantes, que brindaron sus experiencias y situaciones problemáticas. La **lista de correo electrónico** es una herramienta formal, creada por la Comisión de Seguimiento para comunicarse con los estudiantes. El impacto es directo y los estudiantes se muestran interesados en la información enviada.

El **seguimiento de los índices académicos** es uno de los mecanismos de realimentación más directos que permiten evaluar el proceso educativo. A partir de las estadísticas se han podido detectar alumnos en riesgo de deserción y problemas al interior de las diferentes cátedras.

Las **encuestas a los estudiantes** permiten a los estudiantes brindar una voz directa a las autoridades de carrera para el abordaje de problemáticas puntuales. A partir de éstas se abordaron temas metodológicos, personales o de contenido al interior del equipo de cátedra.

La **ASEBIO** representa para el DEA una vía de comunicación bidireccional con los estudiantes y un modo de canalizar actividades con una fuerte participación estudiantil, de las cuales, la más importante es la **Jornada Anual de Estudiantes de Bioingeniería**. La misma permite una comunicación entre estudiantes de diferentes años de la carrera. La devolución de todos los participantes es provechosa y positiva. Por otra parte, posibilita potenciar la identidad como carrera dentro de una Facultad con 12 carreras de ingeniería más.

El **Viaje a Empresas** representa una instancia pre-profesional que permite conocer a la Bioingeniería desde un ámbito productivo, conociendo contextos diferentes al clínico u hospitalario clásicos. Permite afianzar los vínculos entre pares y el trabajo grupal.

Las problemáticas de **egreso** están vinculadas a estimular la finalización de estudios y vincular al egresado con el ámbito profesional tanto laboral como de formación.

La **Lista de Egresados** ha recibido una valoración altamente positiva entre los graduados. Mediante este instrumento se realiza un seguimiento y realimentación de las experiencias profesionales de gran cantidad de Bioingenieros. Paralelamente a las acciones puntuales, se

está buscando en establecer mayor cantidad de redes de comunicación con posibles empleadores y buscando diferentes alternativas de formación profesional.

4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se presentó la sistematización y el análisis de todas las estrategias implementadas por la FI-UNSJ y en particular por el Dpto desde la CASPE, para mejorar los índices académicos vinculados a la promoción, ingreso, permanencia y egreso de la Carrera de Bioingeniería. Debido a la reciente implementación de las actividades presentadas se realizan análisis netamente cualitativos, postergando unos años más el análisis cualitativo que permita un análisis profundo de la efectividad de las políticas implementadas.

No obstante, existen algunos indicadores que permiten evidenciar cambios altamente positivos en los estudiantes y su rendimiento. A partir de entrevistas se presentan los aspectos más relevantes de dichas políticas:

- Mayor motivación de los estudiantes, fundamentalmente en el segundo año de la carrera que corresponde a la primera cohorte del Plan 2014.
- Mejor rendimiento académico entre los alumnos del Plan Nuevo respecto al Plan Anterior. Esto se ha comparado en las actividades curriculares que han permanecido invariantes.
- Mejor diálogo docente-alumno desde el primer año de la carrera.
- Mayor contacto de los alumnos de primer año con los estudiantes y docentes del ciclo superior. A la fecha se han realizado estancias cortas de los estudiantes en los laboratorios de la carrera mediante adscripciones a proyectos de investigación.
- Mayor sentido de pertenencia e identidad como grupo entre los estudiantes de la carrera.
- Mayor número de pasantías de alumnos del ciclo medio.

Por lo expuesto se puede afirmar que existe un importante cambio cualitativo en la promoción, ingreso, permanencia y egreso que permite proyectar una hipótesis de mejora en los índices académicos de la carrera a mediano y largo plazo. Se pretende abordar a futuro el cálculo de índices cualitativos para potenciar el análisis. Hasta el momento, y a partir del presente, análisis comparativo se puede afirmar que el actual Plan de Estudios ha generado una mejora significativa en la inscripción, ingreso y permanencia y permite proyectar una hipótesis de progreso en los índices de egreso de la carrera a largo plazo.

Se propone continuar con el análisis cualitativo y, primordialmente, hacer foco en el análisis cuantitativo del impacto de ambos planes de estudio. En función a esto, se encuentra en proceso un trabajo de tesis doctoral que tiene como temática el análisis de los condicionantes psicosociales del rendimiento académico y la comparación de ambos planes de estudio a fin de detectar el impacto del mismo sobre el bienestar y rendimiento estudiantil. En base a dicho propósito, del cual son protagonistas los autores de este trabajo, se intentarán diseñar nuevas estrategias superadoras que incidan sobre aquellos aspectos que se consideren como falencias que aun afectan sobre los índices académicos como la deserción, desgranamiento y duración promedio de la carrera. En suma, se busca el análisis y posterior diseño de estrategias educativas que repercutan en la calidad educativa que se encuentra en constante análisis y proceso de memoria en la carrera de bioingeniería de la UNSJ.

5. Referencias

- [1] BELLUZZO, A; BURASCHI, S; VELEZ, JG. (2012). Estudio comparativo de los planes de estudio de la Lic. en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas de la

- Universidad Nacional de Córdoba” en Anales de las V Jornadas de Economía Crítica. Buenos Aires.
- [2] BARRANQUERO, A; REDONDO, F. (2009) Comparative analysis of the Journalism curricula before and after Bologna. Anales del I congreso Internacional de A. Latina de Comunicación social, 2009, Universidad de Tenerife, España.
 - [3] DULCE, M. y cols. (2013). Análisis comparativo de planes de estudio de licenciaturas en ingeniería Revista Electrónica de pedagogía ODISEO. Año 10, Numero 19.
 - [4] MORENO, R.; ROSSI, A; LORENZO, G. Análisis comparado del cambio de planes de estudio a través del rendimiento de los estudiantes. Recatado de: <http://www.saece.org.ar/docs/congreso4/trab09.pdf>.
 - [5] FACULTAD DE INGENIERÍA, UNSJ. (2005). Plan de Estudios 2005. Ordenanza 06/2005.
 - [6] MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA. (2004). Resolución Ministerial 1603/2004.
 - [7] FACULTAD DE INGENIERÍA, UNSJ. (2013). Plan de Estudios 2014. Ordenanza 17/2013.
 - [8] GURMENDI, L.; WILLIAMS, R. (2008). Trabajo Técnico colaborativo en el proyecto SIU-Guaraní. Secretaría de Políticas Universitarias. Ministerio de Educación.



III CADI
IX CAEDI
2016



UTILIZACIÓN DE MINERÍA DE DATOS EN EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA

Hernán César Ahumada, Universidad Nacional de Catamarca,

hcahumada@tecno.unca.edu.ar

Juan Carlos Leguizamón Almendra, Universidad Nacional de Catamarca,

daa@tecno.unca.edu.ar

Carlos Gabriel Herrera, Universidad Nacional de Catamarca, cgherrera@tecno.unca.edu.ar

Hugo Rubén Dip, Universidad Nacional de Catamarca, hugorubendip@gmail.com

Resumen - Las estadísticas de deserción y desgranamiento en las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Catamarca, son de magnitud significativa produciéndose fundamentalmente en los primeros años de la carrera. En ese sentido muchos han sido los intentos por tratar de revertir estos indicadores a través de diferentes estrategias, algunas con mayor éxito que otras. La mayoría de estas acciones revelan demasiado tarde el abandono de estudiantes en diferentes tramos de la carrera. En el trabajo se analiza, utilizando métodos de Minería de Datos, el rendimiento académico de alumnos en asignaturas de las ciencias básicas de carreras de ingeniería, con el objetivo de establecer su incidencia en la condición de alumno activo o inactivo al finalizar el ciclo académico. Se aplica la técnica de reglas de asociación para identificar las correspondencias más significativas considerando para cada asignatura la condición de alumno libre, regular con la cantidad de asignaturas aprobadas al finalizar año académico. Se calculan tres métricas para las reglas obtenidas de manera de ponderar la relevancia de cada una de ellas y se establecen las conclusiones correspondientes en base a los resultados más destacados. Los resultados obtenidos permitirán establecer medidas didácticas e institucionales y poder diseñar un Sistema de Alerta Temprana de Deserción.

Palabras clave— Ingeniería, Deserción, Minería de Datos

1. Introducción

Las estadísticas de deserción y desgranamiento que se observan en las carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, son de magnitud significativa y se producen fundamentalmente en los primeros años de estudios. Así por ejemplo en las asignaturas que componen el primer año de las Carreras se pueden observar cifras de alumnos que no logran regularizar o abandonan el cursado superiores al 50 por ciento de la matrícula. El elevado porcentaje de alumnos libres en algunas asignaturas claves de las Ciencias Básicas y de las Tecnologías Básicas produce un desgranamiento importante de alumnos, especialmente en los dos primeros años de cursado.

Este trabajo se halla inserto en el proyecto de investigación “Hacia la búsqueda de un sistema de alerta temprana de deserción en carreras de Ingeniería” que se desarrolla en el Departamento de Formación Básica de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca cuyo objetivo general es Elaborar sistemas de alerta

temprana para casos de riesgo de deserción por motivos académicos en los alumnos de carreras de Ingeniería aplicando técnicas de Minería de Datos Educativos.

La minería de datos educativos (Educational Data Mining -EDM), Romero [1], es una disciplina relacionada con el desarrollo de métodos para extraer información útil a partir de los datos que se generan en los entornos educativos, y utilizarla para mejorar dicho entorno. La información así obtenida se convierte en el insumo indispensable para la toma de decisiones.

Publicaciones previas han demostrado que la minería de datos se puede utilizar para detectar alumnos en riesgo de deserción. Luan [2] aplicó exitosamente técnicas de minería de datos para predecir qué grupos de alumnos podrían abandonar los estudios. En un trabajo relacionado, Lin [3] usó técnicas de minería de datos para optimizar los esfuerzos para retener estudiantes. Para ello se generaron modelos predictivos basados en datos de los estudiantes, que permitieron detectar con gran precisión aquellos alumnos que debían recibir ayuda de los sistemas de retención de alumnos. Investigadores de la Universidad Estatal de Bowie, Chacón, [4] desarrollaron un sistema basado en minería de datos que permite a dicha Institución identificar y atender a estudiantes en riesgo de abandono de estudios. Madhyastha, [5], utiliza minería de datos para analizar la similitud de conceptos en una evaluación de tipo de opciones múltiples. Cetintas [6] analiza las frases relevantes e irrelevantes de problemas de matemáticas utilizando técnicas probabilísticas. En Chalaris [7] se utilizan técnicas de Minería de Datos en una manera de apoyar a la administración de una institución de educación superior, proporcionando nuevos conocimientos relacionados con los procesos educativos, y en la misma línea Campagni [8] desarrolla técnicas de agrupación y de patrones secuenciales con el fin de identificar estrategias para mejorar el rendimiento de los estudiantes y de la programación de los exámenes, introduciendo una carrera ideal como la carrera de un estudiante ideal que ha tomado cada examen justo después del final del curso correspondiente, sin retrasos y comparar la carrera de un estudiante genérico con el ideal mediante el uso de las diferentes técnicas de Minería de Datos.

En función de lo expuesto precedentemente el objetivo del trabajo es analizar, utilizando técnicas de Minería de Datos, el rendimiento académico de alumnos en asignaturas de las ciencias básicas de carreras de ingeniería, para establecer su incidencia en la condición de alumno activo o inactivo al finalizar el ciclo académico y establecer similitudes en la problemática de la deserción de los alumnos desde el punto de vista de las asignaturas de las ciencias básicas,

Estos resultados permiten determinar patrones de comportamiento académico en alumnos de primer año de las carreras de Ingeniería y a su vez establecer medidas didácticas e institucionales a los efectos de diseñar un sistema de alerta temprana de deserción de alumnos.

2. Materiales y Métodos

Se realiza un trabajo de investigación de tipo cuantitativo, sobre una población de 39 alumnos de la cohorte 2014 en la carrera de Ingeniería en Informática que se dicta en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

Para el análisis de datos se aplican técnicas de Minería de Datos. Las usadas en este trabajo son: Reglas de Asociación es una técnica de minería de datos muy utilizada desde que Agrawal presentara un algoritmo eficiente para generarlas automáticamente a partir de procesar bases de datos, Agrawal [9]. Una regla de asociación tiene dos partes, antecedente y consecuente. El antecedente está formado por un atributo o conjunción de atributos encontrados en los datos. El consecuente representa a otro atributo encontrado en combinación con el antecedente.

Formalmente, una regla de asociación es una implicación lógica de la forma $X \Rightarrow Y$, donde X es la premisa o antecedente que representa la condición o conjunción de condiciones que deben ser ciertas para que la conclusión o consecuente Y se cumpla. Por lo tanto, una regla de la forma $X \Rightarrow Y$, puede ser interpretada a modo general de la siguiente forma: si sucede X , entonces sucede Y .

Las reglas de asociación ayudan a descubrir combinaciones de pares atributo-valor que ocurren con frecuencia en un conjunto de datos e inferir relaciones a partir de ellas que resultan bastante sencillas de interpretar. Entre los algoritmos para encontrar reglas de asociación se destacan los denominados Apriori, Agrawal [10], y Eclat, Zaki [11]. Ambos algoritmos se usan para identificar eventos frecuentes, con la ventaja de que los resultados obtenidos con Apriori pueden usarse para generar reglas de asociación.

Para cuantificar el grado de validez de una regla de asociación, se utilizan principalmente dos medidas denominadas soporte y confianza, Hasler [12]. Soporte se puede calcular para cada evento en particular o para una regla.

El soporte de un evento es la frecuencia relativa de ocurrencia de tal evento en la muestra de datos. Puede ser vista como la probabilidad marginal (o no condicional) de que ocurra el evento. En símbolos:

$$sop(X) = P(X) \quad (1)$$

El soporte de una regla de asociación, se entiende como la proporción de veces que el antecedente X y el consecuente Y se presentan de manera simultánea en los datos. Es por lo tanto, la probabilidad conjunta de ambos eventos. En símbolos:

$$sop(X \Rightarrow Y) = P(X \cap Y) \quad (2)$$

El soporte de una regla se calcula como el cociente del número de casos a los cuales la regla se aplica y predice correctamente entre el número total de casos.

En tanto que, Confianza es la proporción de eventos que contienen a X en los cuales también se observa la ocurrencia de Y , puede interpretarse como la probabilidad del consecuente Y dado que ocurre X . En símbolos:

$$conf(X \Rightarrow Y) = \frac{sop(X \Rightarrow Y)}{sop(X)} \quad (3)$$

$$conf(X \Rightarrow Y) = \frac{P(X \cap Y)}{P(X)} \quad (4)$$

$$conf(X \Rightarrow Y) = P(Y/X) \quad (5)$$

La confianza se calcula como el cociente entre el número de casos a los cuales la regla se aplica y predice correctamente entre el número de instancias a las cuales la regla se aplica. Esto es, la confianza da la probabilidad de que la regla clasifique correctamente una instancia a la cual se aplica, Carreño [13].

Dado que un algoritmo de reglas de asociación tiende a generar una gran cantidad de casos es usual establecer valores de umbral mínimos tanto para el soporte como para la confianza. Se debe a que una regla con bajo soporte significa que la misma se cumple en pocos casos, en tanto que si la confianza de la regla es baja implica que la ocurrencia del antecedente influye

débilmente sobre el consecuente. Entonces, si el soporte de una regla mide la frecuencia de ella y la confianza representa la fortaleza de regla, es de interés encontrar reglas frecuentes (soporte alto) y fuertes (confianza alta).

$$lift(X \Rightarrow Y) = \frac{sop(X \Rightarrow Y)}{sop(X) * sop(Y)} \quad (6)$$

$$lift(X \Rightarrow Y) = \frac{conf(X \Rightarrow Y)}{sop(Y)} \quad (7)$$

El indicador lift de una regla de asociación permite medir la ganancia de información que resulta la probabilidad condicional (confianza de la regla) con respecto a la probabilidad no condicional (soporte del consecuente).

Valores de lift próximos a 1 pueden interpretarse como que la regla establecida prácticamente no reduce la incertidumbre ya que numerador y denominador son valores cercanos.

Cuanto mayor a 1 sea el lift, se deberá al hecho de que la probabilidad condicional del consecuente Y (confianza de la regla) es mayor que la probabilidad no condicional (soporte del consecuente Y). Podemos interpretar esta situación como la reducción en la incertidumbre por el aporte que supone la ocurrencia del antecedente X de la regla. Cuanto mayor sea el lift, diremos que más fuertemente relacionados están el antecedente y el consecuente.

3. Resultados y Discusión

El plan de estudios de Ingeniería en Informática, contempla en primer año siete materias que fueron numeradas de la siguiente manera: 1.Fundamentos de Informática, 2.Física I, 3.Análisis Matemático I, 4.Sistemas de Representación, 5. Álgebra, 6.Química, 7.Geometría Analítica

Tabla 1. Código y régimen de materias de primer año

Código	Materia	Régimen
1	Fundamentos de Informática	2° cuatrimestre
2	Física I	Anual
3	Análisis Matemático I	Anual
4	Sistemas de Representación	Anual
5	Álgebra	Anual
6	Química	1° cuatrimestre
7	Geometría Analítica	2° cuatrimestre

Fuente: Plan de Estudios de Ingeniería en Informática

Se analiza el historial cronológico de asignaturas de primer año cursadas por cada uno de ellos en los años académicos 2014 y 2015. Los datos provienen del sistema SIU Guaraní y detallan para cada alumno la condición alcanzada según acta de regularidad en la que figuró inscripto. Los valores posibles de la variable condición son: Regular o Libre al finalizar la cursada.

Utilizando la técnica de Minería de Datos denominada Reglas de Asociación, se busca conocer los resultados más frecuentes en la población bajo estudio y posteriormente determinar la existencia de correlaciones entre los resultados obtenidos por los alumnos en el cursado de las materias mencionadas anteriormente.

Para generar las reglas de asociación se utiliza el lenguaje de programación R, Team [14], que brinda las herramientas apropiadas para aplicar técnicas de minería de datos. Se aplicó el algoritmo Apriori implementado en la librería arules, Hahsler [15]. Las gráficas de las reglas obtenidas, se generan mediante la librería arulesViz, Hahsler [16].

El algoritmo Apriori espera que los datos a procesar estén en formato de transacciones. Una transacción se identifica mediante un número y está compuesta por una secuencia de ítems. En el presente trabajo, se construye una transacción por cada alumno, donde los ítems que las componen son las materias que haya regularizado. Las transacciones obtenidas se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Detalle de transacciones con materias regularizadas por cada alumno.

1 {6}	2 {1,2,3,4,6,7}	3 {6,7}
4 {1,3,6,7}	5 {1,2,3,4,5,6,7}	6 {2,4}
7 {1,2,4}	8 {2,3,4,6}	9 {2,3,5,6,7}
10 {1,2,3,4,6,7}	11 {1,2,3,4,5,6,7}	12 {1,3,4,6,7}
13 {}	14 {}	15 {}
16 {6}	17 {7}	18 {}
19 {3,4,6}	20 {}	21 {6,7}
22 {1,2,3,4,5,6,7}	23 {1,4,6}	24 {}
25 {}	26 {3}	27 {1,6,7}
28 {1,2,4,6,7}	29 {}	30 {}
31 {1,3,6}	32 {1,2,3,4,5,6}	33 {}
34 {}	35 {1,2,3,4,5,6,7}	36 {}
37 {1,2,7}	38 {1,7}	39 {1,2,4,5,6,7}

Fuente: elaboración propia

La longitud de una transacción está determinada por la cantidad de elementos (ítems) que la componen. En base al detalle de las transacciones de la Tabla 1, se determina la longitud de cada una de ellas y se realiza el conteo de la cantidad de transacciones de una determinada longitud. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Detalle de transacciones con materias regularizadas por cada alumno.

Longitud de la transacción	0	1	2	3	4	5	6	7
Cantidad de transacciones	12	4	4	6	2	3	4	4

Fuente: elaboración propia

Las columnas de la Tabla 3 informan que, por ejemplo, 12 alumnos no regularizaron ninguna materia, 4 regularizaron sólo una materia, y que sólo 4 alumnos han regularizado las 7 materias de primer año.

Para visualizar las cantidades listadas en la Tabla 3, se generó un gráfico circular que se muestra en la Figura 1.

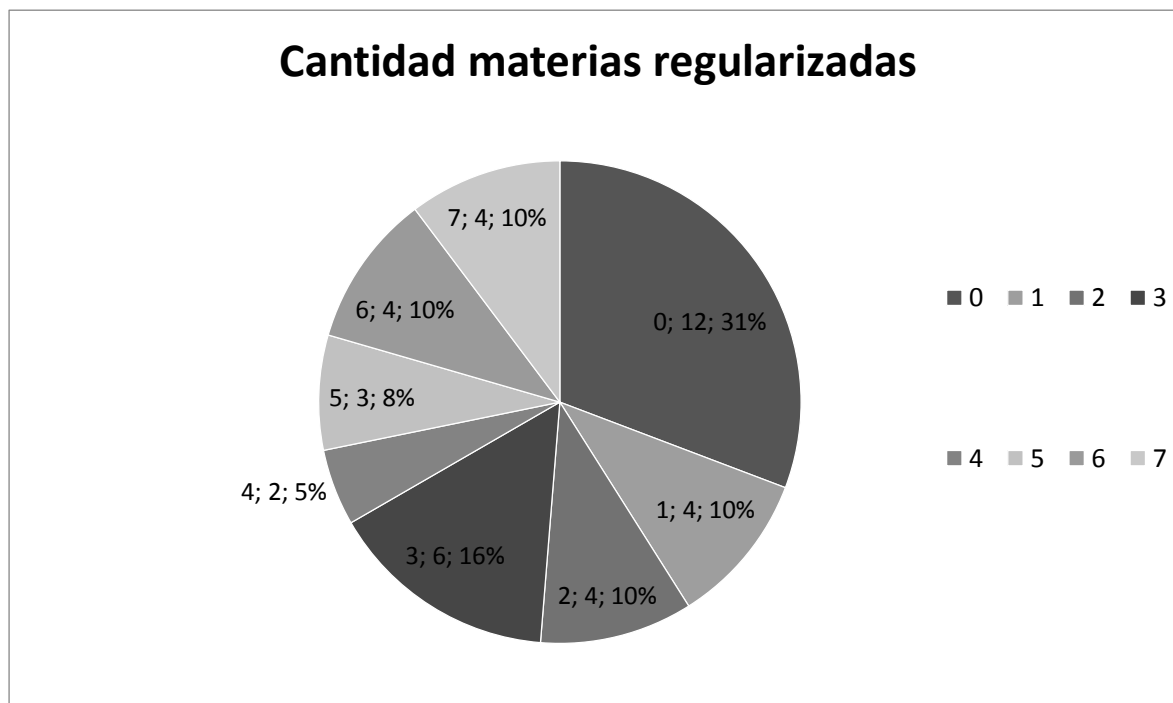


Figura 1. Cantidad de materias regularizadas.

Fuente: elaboración propia

De la observación de la Figura 1, se desprende que casi un tercio de los alumnos no regularizó ninguna materia de primer año, mientras que sólo el 10% ha regularizado las siete materias correspondientes al primer año del plan de estudios.

Para detallar la cantidad de alumnos que regularizan cada materia se confeccionó la Tabla 4. En la misma se calculó la frecuencia relativa con respecto a los 39 alumnos de la cohorte y en la última fila se incluye la frecuencia relativa con respecto a los 27 alumnos que al menos regularizaron una de las siete materias de primer año.

Tabla 4. Frecuencia absoluta y relativa de alumnos regulares en cada materia.

Materia	6	1	7	4	2	3	5
Frec.Absoluta	21	17	17	15	14	14	7
Frec.relativa(39)	0,54	0,44	0,44	0,38	0,36	0,36	0,18
Frec.relativa(27)	0,78	0,63	0,63	0,56	0,52	0,52	0,26

Fuente: elaboración propia

De la observación de la Tabla 4, se desprende que la materia que más regularizaron los alumnos es la número 6 (Química), mientras que la que menor nivel de regularización presenta es la materia 5 (Álgebra).

A continuación se presentan en forma tabular las reglas de asociación obtenidas mediante el algoritmo A priori. Las reglas se ordenan de forma decreciente según el valor de Soporte de cada una de ellas, y se consignan la Confianza y Lift de las mismas.

En la Tabla 5, se enumeran de forma correlativa las reglas de asociación cuyos antecedentes consten de una sola materia. Esto es las asociaciones encontradas entre pares de materias. Se indican para cada una de ellas los valores de Soporte, Confianza y Lift que son indicadores para cuantificar la relevancia y la significancia de una regla de asociación. Las reglas de asociación están ordenadas según el valor decreciente del Soporte de cada una de ellas.

Tabla 5. Soporte, Confianza y Lift de Reglas con 1 ítem en el antecedente

	Regla	Soporte	Confianza	Lift
1	{7} \Rightarrow {6}	0,36	0,82	1,53
2	{1} \Rightarrow {6}	0,36	0,82	1,53
3	{7} \Rightarrow {1}	0,33	0,76	1,75
4	{3} \Rightarrow {6}	0,33	0,93	1,72
5	{4} \Rightarrow {6}	0,33	0,87	1,61
6	{4} \Rightarrow {2}	0,31	0,80	2,23
7	{4} \Rightarrow {1}	0,31	0,80	1,84
8	{1} \Rightarrow {2}	0,28	0,65	1,80
9	{6} \Rightarrow {2}	0,28	0,52	1,46
10	{3} \Rightarrow {4}	0,26	0,71	1,86
11	{3} \Rightarrow {1}	0,26	0,71	1,64
12	{2} \Rightarrow {7}	0,26	0,71	1,64
13	{3} \Rightarrow {2}	0,23	0,64	1,79
14	{3} \Rightarrow {7}	0,23	0,64	1,47
15	{4} \Rightarrow {7}	0,23	0,60	1,38
16	{5} \Rightarrow {2}	0,18	1,00	2,79
17	{5} \Rightarrow {6}	0,18	1,00	1,86
18	{5} \Rightarrow {3}	0,15	0,86	2,39
19	{4} \Rightarrow {5}	0,15	0,40	2,23
20	{7} \Rightarrow {5}	0,15	0,35	1,97
21	{1} \Rightarrow {5}	0,15	0,35	1,97

Fuente: elaboración propia

Referencias: 1. Fundamentos de Informática, 2.Física I, 3.Análisis Matemático I, 4.Sistemas de Representación, 5.Álgebra, 6.Química, 7.Geometría Analítica

Para calcular el soporte de la regla {7} \Rightarrow {6} se contabiliza la cantidad de veces que se dan simultáneamente los dos eventos, es decir alumnos que regularizaron ambas materias. De la base de datos surge que 14 de los 39 alumnos tienen regularizadas las materias 6 y 7 (Química y Geometría Analítica). El cociente representa la probabilidad conjunta.

$$sop(\{7\} \Rightarrow \{6\}) = 14/39 = 0,36$$

El valor de soporte significa que la regla establecida se verifica en el 36% de los casos.

En tanto que, la Confianza de una regla de asociación se plantea de la siguiente manera:

$$conf(X \Rightarrow Y) = \frac{sop(X \Rightarrow Y)}{sop(X)}$$

El soporte del evento {7} está dado por la cantidad alumnos que regularizaron la asignatura 7 (Geometría Analítica).

$$sop(\{7\}) = 17/39$$

Es por ello que la Confianza de la regla {7} \Rightarrow {6} resulta:

$$conf(\{7\} \Rightarrow \{6\}) = \frac{14/39}{17/39} = \frac{14}{17} = 0,82$$

Se observa que de los 17 alumnos que regularizaron la materia 7 (Geometría Analítica), 14 de ellos también regularizaron la materia 6 (Química).

Dado que la confianza de una regla se interpreta como la probabilidad condicional del consecuente dado que ocurre el antecedente. El valor de confianza obtenido representa que existe una probabilidad de 0,82 de que un alumno regularice la asignatura 6 si es que regulariza la materia 7.

El valor del parámetro lift es un indicador de la significancia estadística de cada regla de asociación y está definido como:

$$lift(X \Rightarrow Y) = \frac{sop(X \Rightarrow Y)}{sop(X) * sop(Y)} = \frac{conf(X \Rightarrow Y)}{sop(Y)}$$
$$lift(\{7\} \Rightarrow \{6\}) = \frac{14/17}{21/39} = \frac{0,82}{0,54} = 1,53$$

Como el lift es mayor a uno (1,53) se entiende que existe dependencia entre el antecedente y el consecuente, esto es que si el alumno regulariza la materia 7 se incrementa la probabilidad de que también regularice la materia 6.

Por lo tanto, en base a los valores de soporte, confianza y lift de la regla {7} \Rightarrow {6}, representan que la misma se verifica en el 36% de los casos, y que si un alumno está regular en la materia 7 existe una probabilidad de 0,82 de que también esté regular en la materia 6.

En la Tabla 6, se detallan las reglas de asociación cuyos antecedentes consten de dos materias. Las reglas están ordenadas con respecto al nivel de Soporte en forma decreciente. También se indican los valores de Confianza y Lift de cada regla de asociación.

Tabla 6. Soporte, Confianza y Lift de Reglas con 2 ítems en el antecedente

	Regla	Soporte	Confianza	Lift
1	$\{1,6\} \Rightarrow \{4\}$	0,28	0,79	2,04
2	$\{6,7\} \Rightarrow \{1\}$	0,28	0,79	1,80
3	$\{1,2\} \Rightarrow \{4\}$	0,26	0,91	2,36
4	$\{2,6\} \Rightarrow \{4\}$	0,26	0,91	2,36
5	$\{4,6\} \Rightarrow \{3\}$	0,26	0,77	2,14
6	$\{1,6\} \Rightarrow \{3\}$	0,26	0,71	1,99
7	$\{4,7\} \Rightarrow \{1\}$	0,23	1,00	2,29
8	$\{2,6\} \Rightarrow \{3\}$	0,23	0,82	2,28
9	$\{2,7\} \Rightarrow \{1\}$	0,23	0,90	2,06
10	$\{2,6\} \Rightarrow \{7\}$	0,23	0,82	1,88
11	$\{2,6\} \Rightarrow \{1\}$	0,23	0,82	1,88
12	$\{3,7\} \Rightarrow \{6\}$	0,23	1,00	1,86
13	$\{4,7\} \Rightarrow \{6\}$	0,23	1,00	1,86
14	$\{4,7\} \Rightarrow \{2\}$	0,21	0,89	2,48
15	$\{2,3\} \Rightarrow \{4\}$	0,21	0,89	2,31
16	$\{1,3\} \Rightarrow \{4\}$	0,21	0,80	2,08
17	$\{3,7\} \Rightarrow \{1\}$	0,21	0,89	2,04
18	$\{2,6\} \Rightarrow \{5\}$	0,18	0,64	3,55
19	$\{3,7\} \Rightarrow \{2\}$	0,18	0,78	2,17
20	$\{4,7\} \Rightarrow \{3\}$	0,18	0,78	2,17
21	$\{1,3\} \Rightarrow \{2\}$	0,18	0,70	1,95
22	$\{2,3\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,67	3,71
23	$\{2,7\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,60	3,34
24	$\{1,2\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,55	3,04
25	$\{1,4\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,50	2,79
26	$\{3,6\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,46	2,57
27	$\{4,6\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,46	2,57
28	$\{6,7\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,43	2,39
29	$\{1,6\} \Rightarrow \{5\}$	0,15	0,43	2,39

Fuente: elaboración propia

La regla de asociación nº 2 en la Tabla 6 nos informa, por los valores de soporte, confianza y lift de la regla $\{6,7\} \Rightarrow \{1\}$, que la misma se verifica en el 28% de los casos, y que si un alumno está regular en la materias 6 y 7 (Química y Geometría analítica) existe una probabilidad de 0,79 de que también esté regular en la materia 1 (Fundamentos de Informática).

Las reglas n° 3 y n°4 también resultan relevantes por los valores de Soporte, Confianza y Lift que tienen. Ambas reglas se cumplen en el 26% de los casos, y la probabilidad de que suceda en consecuente dado que ocurre el antecedente es de 0,91. El alto valor de lift (2,36) indica que el hecho de regularizar las materias que figuran en el antecedente, eleva fuertemente la probabilidad de regularizar la materia del consecuente.

En la Tabla 7, se muestran las reglas de asociación cuyos antecedentes lo componen tres materias. El nivel de soporte de las reglas es menor ya que sólo el 33% de los alumnos han regularizado cuatro o más materias.

Tabla 7. Soporte, Confianza y Lift de Reglas con 3 ítems en el antecedente

	Regla	Soporte	Confianza	Lift
1	{1,2,6} => {4}	0,23	1,00	2,60
2	{1,2,3} => {4}	0,18	1,00	2,60
3	{2,6,7} => {5}	0,15	0,67	3,71
4	{1,2,6} => {5}	0,15	0,67	3,71
5	{1,2,4} => {5}	0,15	0,60	3,34
6	{1,4,6} => {5}	0,15	0,55	3,04

Las reglas n°1 y n°2 de la Tabla 7, se destacan por los valores de confianza y lift que poseen. El máximo valor de confianza (1,00), indica que si el alumno regulariza las tres materias del antecedente, con seguridad regulariza también la materia del consecuente. En tanto que el valor de lift igual a 2,60 confirma que si se cumple el antecedente se incrementa la probabilidad de que ocurra el consecuente y que tal evento no es fruto del azar.

El análisis realizado mediante la técnica de Reglas de Asociación permitió identificar y organizar cuáles fueron las materias que cada alumno regularizó durante los años académicos 2014-2015. En terminología de minería de datos, se construyó para cada alumno una transacción compuesta por los ítems que representan las materias que el alumno haya regularizado. La longitud de cada transacción indica cuántas materias fueron regularizadas por un alumno. En base a esa métrica se observa que prácticamente un tercio de los alumnos no regularizó ninguna materia, en tanto que otro 33% del alumnado tiene regulares entre 1 y 3 materias; y sólo el restante 33% de la población bajo estudio ha regularizado entre 4 y las 7 materias de primer año del plan de estudios.

Teniendo en cuenta que para ser considerado alumno activo debe aprobar al menos 2 materias por año académico y, como transcurrieron 2 años académicos debería tener cuatro materias aprobadas para ser alumno activo. Según la longitud de las transacciones se tiene que el 66% de la cohorte 2014 no ha regularizado más de 3 materias y por lo tanto es muy probable que actualmente sean considerados alumnos inactivos.

Las reglas de asociación que surgen de las transacciones analizadas permiten conocer la frecuencia de aparición conjunta de las diferentes materias (ítems), dicha frecuencia de aparición conjunta se denomina Soporte de la regla. También se determinó la probabilidad condicional (Confianza) asociada al hecho de regularizar una materia dado que también se regulariza/n otras materias (de 1 a 3 materias).

4. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de los datos de regularidad de la cohorte 2014 de la carrera de Ingeniería en Informática durante los años académicos 2014-2015. Se ha utilizado una técnica de minería de datos conocida como Reglas de Asociación.

Se puede afirmar que un elevado porcentaje de alumnos no logran regularizar ninguna materia que componen el Ciclo Común de Articulación de la Carrera de Ingeniería y otro porcentaje importante no logra regularizar el número de asignaturas necesarias para lograr mantenerse como alumno activo de la facultad.

La aplicación de la técnica de Reglas de Asociación permitió realizar un análisis novedoso de los resultados del rendimiento académico de las asignaturas del primer año de la carrera. Se obtuvieron distintas reglas de asociación cuya relevancia y significancia fue cuantificada por indicadores de soporte, confianza y lift.. En los casos analizados existen reglas de asociación con alto valores de los indicadores de soporte cercanos al 40% de los alumnos de la muestra, el indicador de confianza cercanos a la unidad los que nos indica de la elevada probabilidad de que regularice la asignatura si ha regularizado otra y con altos valores del indicador lift, lo que nos indica la fuerte correlación entre el antecedente y consecuente de la regla analizada, como por ejemplo se puede citar la regla de asociación entre las asignaturas {3} y {6} Análisis Matemático I y Química. También se encuentran relaciones interesantes cuando el antecedente está compuesto por dos asignaturas o por tres asignaturas.

Estos resultados permiten determinar cuáles son las asignaturas o grupos de asignaturas que presentan a los estudiantes mayores dificultades en su regularización y permiten tomar medidas didácticas destinadas a subsanar dichas dificultades para mejorar los indicadores del primer año de la carrera de Ingeniería en Informática.

5. Referencias

- [1] ROMERO, C., VENTURA, S., PECHENIZKIY, M., & BAKER, R. S. (Eds.) (2010): Handbook of educational data mining. CRC Press.
- [2] LUAN, JING. (2002): "Data mining and its applications in higher education." *New directions for institutional research* 2002.113. (17-36).
- [3] LIN, TUNG YEN, CERCONE, NICK. (2012): Rough sets and data mining: Analysis of imprecise data. *Springer Science & Business Media*,
- [4] CHACON, FABIO, DONALD SPICER, AND A. VALBUENA. (2012): "Analytics in support of student retention and success." *Research Bulletin* 3.
- [5] MADHYASTHA, TARA, AND EARL HUNT. (2009) "Mining diagnostic assessment data for concept similarity." *JEDM-Journal of Educational Data Mining* 1.1 : 72-91.
- [6] CETINTAS, S., SI, L.; XIN, Y.; ZHANG, D.; PARK, J.; TZUR, R. (2014): "A joint probabilistic classification model of relevant and irrelevant sentences in mathematical word problems." *arXiv preprint arXiv: 1411.5732*.
- [7] CHALARIS, M., GRITZALIS, S., MARAGOUDAKIS, M., SGOUROPOULOU, C., & TSOLAKIDIS, A. (2014). Improving quality of educational processes providing new knowledge using data mining techniques. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 147, 390-397.
- [8] CAMPAGNI, R., MERLINI, D., SPRUGNOLI, R., & VERRI, M. C. (2015). Data mining models for student careers. *Expert Systems with Applications*, 42(13), 5508-5521.

- [9] AGRAWAL, R., IMIELIŃSKI, T., & SWAMI, A. (1993): Mining association rules between sets of items in large databases. In *ACM SIGMOD Record* (Vol. 22, No. 2, pp. 207-216). ACM.
- [10] AGRAWAL, R., & SRIKANT, R. (1994): Fast algorithms for mining association rules. In *Proc. 20th int. conf. very large databases, VLDB* (Vol. 1215, pp. 487-499).
- [11] ZAKI, M. J., PARTHASARATHY, S., OGIHARA, M., & LI, W. (1997): New Algorithms for Fast Discovery of Association Rules. In *KDD* (Vol. 97, pp. 283-286).
- [12] HAHLER, M., GRÜN, B., & HORNIK, K. (2007): Introduction to arules—mining association rules and frequent item sets. *SIGKDD Explor.*
- [13] CARRENO, E., & LEGUIZAMÓN, G. (2006): Balance entre confianza, soporte y comprensibilidad en la evolución de reglas de clasificación. In *VIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- [14] TEAM, R. C. (2014): The R project for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing web-site. [www. R-project. org](http://www.R-project.org). Accessed.
- [15] HAHLER, M., GRÜN, B., HORNIK, K., & BUCHTA, C. (2009): Introduction to arules—A computational environment for mining association rules and frequent item sets. The Comprehensive R Archive Network.
- [16] HAHLER, M., & CHELLUBOINA, S. (2011): Visualizing association rules: Introduction to the R-extension package arulesViz. R project module, 223-238.

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: UN ESPACIO DE FORMACIÓN DEL PROGRAMA DE INGRESO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Irassar, Liliana Elisabet, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, lrassar@fio.unicen.edu.ar

Tenaglia, Marta, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, mtenagli@fio.unicen.edu.ar

Juárez, Ana Mabel, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, mjuarez@fio.unicen.edu.ar

Resumen— El actual Programa para ingresantes que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires a partir de 2015, está orientado a que los alumnos ingresantes fortalezcan competencias básicas para un buen desempeño como estudiantes universitarios y mejorar las condiciones de acceso y de permanencia.

Contempla dos áreas de trabajo: eje de introducción a la vida universitaria y a las carreras de la institución y eje de conocimientos específicos. Este último abarca espacios de formación en lectura, escritura y oralidad, en matemática y en resolución de problemas.

La de Resolución de Problemas es una competencia valiosa que el estudiante de ingeniería debe desarrollar en su formación y que le confiere identidad profesional al egresado, por lo que el nivel alcanzado en esta competencia es un indicador de calidad de la formación profesional que realiza la institución.

En este marco, representa un gran desafío para los docentes pensar cómo contribuir al desarrollo de tan importante competencia desde el inicio de la formación en la universidad.

El presente trabajo pretende compartir la experiencia llevada a cabo con alumnos ingresantes, en el Espacio de Formación en Resolución de Problemas, en cuanto a: selección de problemas; conformación de los equipos docentes; trabajo con los alumnos en clase, entre otras.

Palabras clave— *ingreso, resolución de problemas, competencias.*

1. Introducción

La enseñanza en las carreras de ingeniería está asociada a formar profesionales capaces de resolver problemas, por lo que los dispositivos didácticos contemplan e incorporan muchos problemas para resolver como un medio que contribuye al desarrollo de dicha competencia. La cuestión importante que surge es que no alcanza con resolver una gran variedad de problemas que permitan ejercitar procedimientos de resolución, más bien se debe asumir que la resolución de problemas implica procesos de pensamiento a los cuales atender para dirigir la enseñanza hacia la resolución de problemas como se pretende.

La esencia de la resolución de problemas en ingeniería es el diseño de pequeños o grandes dispositivos, procesos o sistemas con el objetivo de satisfacer demandas de la sociedad. Diseñar es concebir, imaginar, trazar y planificar esos dispositivos, procesos, estructuras, etc. Actualmente esos diseños requieren cada vez más de especialización como incorporar la tecnología y el trabajo en equipo, entre otras. En términos generales, el método o procedimiento que se sigue para resolver problemas es: identificación del problema; recolección de la información necesaria; búsqueda de soluciones creativas; pasar de la idea al diseño; evaluación y selección de la solución; preparación de reportes; implementación del diseño. Todas estas, o la mayoría, son acciones que están presentes cuando una persona debe enfrentarse al desafío de resolver un problema en la vida real. Claro está que si se piensa en particular estar situados en un entorno educativo, tales acciones pueden aprenderse, ensayarse en diferentes oportunidades hasta incorporarlas como estrategias necesarias de resolución de problemas.

Lo anteriormente descripto respalda que las facultades de ingeniería tengan como horizonte formativo en sus estudiantes, un verdadero solucionador de problemas. Por este motivo, la resolución de problemas es una parte clave de los cursos de todas las carreras de ingeniería, en consecuencia resulta imprescindible que los estudiantes aprendan y dispongan de estrategias consistentes para enfrentarse a la resolución de problemas.

En este contexto, los docentes de todos los niveles en la educación superior tienen el gran desafío de planificar una enseñanza que contribuya a dicha formación y es razonable pensar que el logro de esta competencia para resolver problemas se consigue a lo largo de la carrera, luego no queda otra alternativa que abordar este tema desde el inicio mismo, primer tramo de la formación universitaria, asumiendo que pocos alumnos puedan haber trabajado el tema en una etapa educativa anterior. Por otro lado, en general, los estudiantes que llegan a la universidad muestran no tan sólo escasas habilidades para resolver problemas, en el mejor de los casos, sino insuficientes conocimientos previos y hábitos de estudio necesarios para emprender con éxito estudios superiores. Estos, entre otros motivos, influyen inmediatamente en el rendimiento académico en las asignaturas de primer año.

Con el fin de atenuar las causas que inciden en el bajo desempeño académico mencionado de los estudiantes y la formación que se pretende en los futuros profesionales de la ingeniería, se diseñó e implementó un Programa para los alumnos ingresantes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. El objetivo de este Programa no sólo es reducir la distancia entre la formación recibida en el nivel medio y la requerida para el acceso y permanencia en el nivel superior sino también fortalecer competencias básicas para el desempeño como estudiante universitario.

El Programa de referencia contempla dos áreas de trabajo: eje de introducción a la vida universitaria y a las carreras de la institución y eje de conocimientos específicos. Está organizado en cinco Espacios de: Formación Matemática; Formación en Resolución de Problemas; Formación en Lectura, Escritura y Oralidad; Orientación y Ambientación e Introducción a las Carreras de Grado. Los Espacios de formación implementan metodologías de enseñanza que permiten reforzar ciertos contenidos fundamentales y favorecer el desarrollo

de competencias básicas y transversales de modo tal que se facilite su inserción en la vida universitaria y se disminuya de ese modo el desgranamiento estudiantil.

En el presente trabajo se describe el Espacio de Formación en Resolución de Problemas, en cuanto a: características del espacio; selección de problemas; conformación de los equipos docentes; y se comparte la experiencia llevada a cabo con los alumnos ingresantes en la segunda edición del Programa.

La postura que sostiene dicho espacio es no sólo que los estudiantes aprehendan algunas estrategias de resolución de problemas sino que los docentes puedan orientarlos a pensar y reflexionar sobre cada una de sus acciones; de este modo los aportes realizados, en el breve tiempo asignado a este espacio de formación, resultarán significativos.

2. Marco conceptual

Hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y definir una estrategia de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata [1].

Las estrategias de resolución de problemas como procedimientos de pensamiento, combinan métodos algorítmicos con métodos heurísticos. Los algoritmos son identificables, codificables y admiten procedimientos seguros de transmisión. Pero los procedimientos heurísticos no aseguran precisión ya que su efectividad se define por la creatividad con que el sujeto formula las preguntas o inventa las propuestas de solución del problema. Refieren al arte, y en este sentido al saber hacer, de elaborar estrategias para inventar respuestas, a la habilidad creativa de la persona que se manifiesta en su hacer, en la experiencia con que afronta las situaciones problemáticas. Cuando se explora la resolución de problemas por métodos heurísticos emerge un variado paisaje de técnicas que se proponen como adecuadas. Hay estrategias para la recolección e interpretación de información, procedimientos para la elaboración de argumentos, analogías y metáforas, técnicas para la representación gráfica y para el desarrollo de la función asociativa del pensamiento, ejercitaciones para el pensamiento crítico y la creatividad [2].

La mayoría de las propuestas contemporáneas para la resolución de problemas se parecen y se resumen en la siguiente secuencia: identificación del problema, representación del problema, selección de una estrategia adecuada, aplicación de la estrategia y evaluación de la solución [3], [4]. También existe un gran consenso acerca de la relación que existe entre los procesos mentales y los factores cognitivos implicados en la resolución de problemas [5].

Jonassen sostiene que el éxito en la resolución de problemas depende de la combinación de un intenso conocimiento de la materia y de las estrategias de resolución de problemas pero también de componentes actitudinales [6]. En lo referido al conocimiento de la materia, hay que conseguir una comprensión conceptual del tema que se esté tratando antes de abordar la resolución de problemas. No se puede pretender conseguir dicha comprensión mediante la resolución de problemas. Los docentes deben pensar en estrategias que ayuden también a los alumnos a comprender y relacionar conceptos científicos [7].

Por otra parte, la CONEAU plantea, en la Resolución 1232, que la resolución de problemas es una competencia valiosa que el alumno de ingeniería debe alcanzar en su formación, que es una competencia compleja porque implica habilidades múltiples para la identificación y la solución del problema abierto de ingeniería y que esta competencia confiere identidad profesional al egresado. En consecuencia, disponer o no de ella es un indicador de calidad de la formación profesional que realiza la institución.

En palabras del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), “Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo”. Y concluye en la importancia de contar con una referencia en cuanto a las competencias que se deberían desarrollar en los graduados de ingeniería en Argentina. Así se arriba a un consenso sobre las competencias necesarias llamadas genéricas, entre otras: Capacidad de abstracción, análisis y síntesis; Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica; Capacidad para organizar y planificar el tiempo; Capacidad de comunicación oral y escrita; Capacidad de investigación; Capacidad crítica y autocrítica; Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas; Capacidad para tomar decisiones; Capacidad de trabajo en equipo [8].

La Competencia para identificar, formular y resolver problemas implica: ser capaz de identificar una situación como problemática, identificar los datos pertinentes al problema y organizarlos en estructuras coherentes, evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis, delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa, controlar el proceso de ejecución, elaborar informes.

Los problemas reales con los que se encuentran los ingenieros en su profesión no están estructurados ni organizados como tampoco tienen un final cerrado. En otros casos inclusive no se disponen de todos los datos para su resolución, o éstos están confundidos con otros detalles sin importancia. En estos casos, resulta imprescindible ordenar todo un cúmulo de información, para identificar, qué partes de ésta se necesitan para resolver el problema concreto. Los problemas en ingeniería, generalmente no tienen una solución única. Con frecuencia, el objetivo es seleccionar la mejor solución de entre diversas alternativas. En estos casos, es necesario sopesar las distintas consecuencias conflictivas de una acción de ingeniería, y después seleccionar aquella solución que mejor se ajuste a una determinada situación usando un sentido común.

En este marco, la idea de que el ingeniero resuelve problemas es un principio básico que soporta gran parte de las decisiones curriculares en la carrera. Y los interrogantes que se plantean los docentes para organizar sus asignaturas son: qué es resolver problemas o qué hay que enseñar para resolver problemas.

En el Espacio de Formación en Resolución de Problemas se pretende iniciar a los estudiantes en la resolución de problemas, atendiendo lineamientos generales de estrategias de resolución de problemas como procesos de pensamiento, teniendo en cuenta que en esta instancia de formación los objetivos que se persiguen están relacionados con la conceptualización de lo que es un problema y resoluciones sencillas.

3. Espacio de Formación en Resolución de Problemas

Este espacio fue diseñado con los siguientes objetivos: por un lado generar un lugar de trabajo donde los estudiantes puedan revisar y ampliar la propia concepción de lo que es un problema y de lo que significa resolver un problema, es decir, ayudarlos a modificar o resignificar el concepto de resolución de problemas adoptado en la escuela media, extendiendo la resolución de problemas matemáticos a problemas reales como los ingenieriles; por otro lado, ofrecer a los estudiantes un espacio adecuado para resolver problemas sencillos aplicando estrategias variadas.

Para cumplir con los objetivos deseados se definieron qué docentes se ocuparían de este trabajo, qué recursos didácticos serían adecuados, qué dinámica se propondría en el aula, etc. A continuación se desarrollan algunas de las cuestiones mencionadas:

3.1 Conformación de los equipos docentes

Para llevar adelante el trabajo con los estudiantes en el aula, se pensó que los equipos debieran estar formados con docentes de la facultad de ingeniería que desarrollan sus actividades en asignaturas pertenecientes al ciclo superior como también al ciclo básico. La participación de docentes de distintos ciclos formativos contribuye a enriquecer la tarea dentro de este espacio, ya que cada uno tiene experiencias, estrategias y miradas diferentes del tema resolución de problemas. De esta forma se consideró que sus aportes serían valiosos en la selección de los problemas, en el establecimiento de las pautas de trabajo, etc.

3.2 Material de trabajo: Guía de problemas

Para trabajar en este espacio de formación se decidió que los estudiantes contaran con Guías de Problemas para cada clase. Estas guías estarían conformadas con 4 o 5 problemas adecuados para iniciar a los estudiantes en el desarrollo de la capacidad de resolver problemas, seleccionados por los docentes siguiendo algunos criterios. En Anexo 1 se muestran cuatro de los problemas que formaron parte de las guías. Se pretendía, con cada conjunto de problemas, transitar por las etapas de comprensión del enunciado, planteamiento, resolución y evaluación de la solución, pero también se deseaba poder potenciar algunas otras estrategias como: búsqueda de información necesaria, buscar problemas análogos ya resueltos, representar mediante un esquema o gráfico la situación para una mejor comprensión, explorar contextos donde se sitúa el problema, etc. Para lograr esto, se trató de asociar cada problema elegido con posibles estrategias de resolución y abarcar, de esta manera, un mayor abanico de caminos/alternativas para ser aprehendidos por los estudiantes. Para la selección de los problemas se debía tener en cuenta que los estudiantes dispusieran del soporte teórico matemático u otros conocimientos subyacentes en cada uno de ellos.

3.3 Trabajo en el aula

La dinámica de trabajo en el aula con los estudiantes, usando las Guías de problemas, se orientaría a que los estudiantes trabajen en pequeños grupos para propiciar la discusión, el intercambio de ideas e intenten plantear y resolver los problemas, con asistencia/guía de los docentes.

Dado que distintos individuos pueden utilizar distintas estrategias, pensar el mismo problema de manera distinta y que la reflexión metacognitiva es absolutamente personal, en general, para este tipo de tareas en la literatura se propone una modalidad de trabajo individual. No obstante, la decisión de organizar el trabajo en grupos se planteó para introducir a los estudiantes a la resolución de problemas y atenuar el posible desánimo que les genera el bloqueo inicial cuando éste es demasiado sostenido en el tiempo. La indicación es compartir grupalmente las ideas/estrategias de resolución después que cada estudiante haya trabajado/pensado algún tiempo en forma individual el problema.

Luego, ya sea al finalizar cada problema o como cierre de la clase se realizaría una puesta en común, para dar cuenta de las distintas decisiones asumidas y posibilidades de abordaje. En esta instancia los docentes podrían intervenir para socializar y ayudar a que los estudiantes tomen conciencia de las estrategias que surgieron, puedan aprehenderlas y usarlas en otras situaciones.

4. La experiencia

El Espacio de Formación en Resolución de Problemas se desarrolló en 5 encuentros de 2 horas cada uno.

Los docentes se reunieron y realizaron una serie de actividades previas al desarrollo del espacio en cuestión, entre ellas: selección de diversos problemas haciendo a priori un análisis como cuál es la matemática u otros conocimientos necesarios involucrados en cada uno de ellos y si los alumnos dispondrían del soporte teórico para abordar ese problema; reflexión sobre con qué estrategias o caminos posibles podrían hacer frente a los problemas y las posibles dificultades que podrían surgir para resolver un problema dado; establecimiento de lineamientos generales del trabajo en el aula.

Para que los estudiantes contaran con los conocimientos matemáticos necesarios, se mantuvo en comunicación constante con los docentes del Espacio de Formación Matemática, para que no se presentaran obstáculos en el proceso de resolución de los problemas.

Se organizaron comisiones de aproximadamente 50 alumnos, con un equipo integrado por dos o tres docentes para atender el trabajo/consultas de los grupos.

Los estudiantes trabajaron con los problemas seleccionados, en pequeños grupos conformados de, más o menos, 5 integrantes, eligiendo compañeros afines, para intercambiar ideas y discutir alternativas de enfoques, resoluciones, etc. para un mismo problema.

En las puestas en común se intentó generar momentos de reflexión metacognitiva en los estudiantes, invitando a pensar en lo que habían resuelto, lo que más les había costado, lo que fue más simple, lo que más y lo que menos les gustó, compartir la diversidad de posibilidades. Se plantearon preguntas para que puedan ser relacionadas con posibilidades de cambio, diversos contenidos matemáticos involucrados, reconocimiento de las heurísticas utilizadas, registro de preguntas útiles para la resolución de problemas, etc. Este tipo de actividades promueve la autonomía de los estudiantes y reduce la dependencia del docente.

El último encuentro se destinó a una evaluación del espacio por parte de los estudiantes; consistió en la resolución de un problema, en forma individual donde, además de resolverlo, debían expresar en forma clara las decisiones tomadas y con qué criterios, las estrategias que consideraron relevantes para poder avanzar (realizar un protocolo), con el fin de que pudieran reconocer y apropiarse de aquellas estrategias aprendidas en el curso y que puedan ser útiles en otras oportunidades. Para orientarlos en la elaboración de dicho protocolo, se les facilitó una ayuda con algunas preguntas.

5. Evaluación del Espacio

Para evaluar el Espacio de Formación en Resolución de Problemas, se consideró necesario conocer lo que los estudiantes pudieron hacer al enfrentarse, en forma individual, a un problema dado, luego de haber trabajado en forma grupal distintas estrategias de resolución (evaluación en el último encuentro); las apreciaciones de los docentes sobre cómo fue el trabajo con los alumnos en clase y sus desempeños; las opiniones de los alumnos acerca del espacio, los docentes y el grado de satisfacción sobre las tareas planteadas.

5.1 Evaluación de los alumnos

Para el último encuentro del espacio, se planteó un problema (Anexo 2) en el que los alumnos, además de resolverlo en forma individual, deberían dar cuenta del proceso efectuado para su resolución, en consonancia con las estrategias, tácticas, maneras de abordaje trabajadas durante el desarrollo de las clases y poniendo el énfasis en el hábito de la reflexión

sobre su propio proceso de pensamiento como técnica fundamental para su mejora. Para que no fuera esto un inconveniente a la hora de llevar a cabo la tarea, se brindó una serie de ítems orientativos para ayudarlos a ordenar y expresar sus producciones por una parte, y por otra, facilitar la valoración de las mismas por parte de los docentes. Se muestran a continuación algunas de las preguntas formuladas:

- Cuántas veces leíste el problema completo para comprenderlo?
- Qué partes del enunciado/palabras te han resultado más difíciles de comprender?
- Cuál es el problema a resolver?
- Cuáles son los datos explícitos (puede haber relevantes o irrelevantes)?
- Cuáles son los datos implícitos (puede haber relevantes o irrelevantes) y cómo los has hecho explícitos?
- Cuáles son las ideas principales que has tenido para elaborar un plan de resolución (pensar en problemas semejantes, reducir lo complicado a lo simple, hacer un dibujo, elegir una buena notación, plantear ecuaciones, etc.) y llevarlo adelante?.
- Has pensado en diversos caminos para llegar a la solución del problema?
- Has podido verificar que la solución hallada responde a todas las condiciones del problema? Cómo lo has hecho?
- Si deseas puedes expresar otros comentarios sobre todo el proceso realizado.

Algunos resultados se comentan a continuación:

- La mayoría de los estudiantes comenta que ha realizado entre 2 y 5 lecturas completas del problema propuesto para comprenderlo. Entre las mayores dificultades del enunciado señalan la interpretación de la frase "...hacían un descuento del 15% y reintegraban el precio abonado en la entrada en las compras que superaban los \$100..". Se menciona reiteradamente la dificultad para comprender la palabra "reintegraban".
- Un número grande de estudiantes identifica los datos explícitos e implícitos (tanto relevantes como irrelevantes) que aparecen en el enunciado del problema y lo que se pide hallar: precio de venta del diccionario sin descuento.
- Las ideas principales desarrolladas para elaboración de un plan de resolución involucran el planteo de ecuaciones, regla de tres y sumas y restas. Desde una perspectiva matemática, el planteo de ecuaciones no está formulado de manera cerrada en cuanto a la elección de notación, escritura y resolución de las mismas. Se observan mayoritariamente cálculos de tipo aritméticos.
- Con relación a pensar diversos caminos para la solución del problema, si bien muchos estudiantes contestan que si, a la hora de puntualizar dichas alternativas no las concretan o no dan cuenta de ellas.
- Algunos estudiantes presentan verificaciones sobre las ecuaciones y operaciones utilizadas para la resolución del problema dado, sin efectuar las comprobaciones sobre todas las condiciones del enunciado, resultando éstas parciales en algunos casos, e incompletas en otros.
- Un número reducido de estudiantes resuelve el problema de manera correcta.

5.2 Observación de los docentes

Los problemas seleccionados fueron de tipo heurísticos, en su mayoría, y dado que los estudiantes evidenciaron no estar acostumbrados a este tipo de tareas, durante las clases tenían que buscar, indagar, formular, conjeturar, validar y dar explicaciones, lo cual llevó a que el docente tuviera un rol muy importante cuando los alumnos navegaban por caminos

equivocados, lo cual los conducía en ciertas ocasiones a plantear errores. Allí el docente aprovechó esos momentos para convertirlos en situaciones de aprendizaje.

La valoración global del desarrollo del espacio desde la mirada docente es positiva, ya que aún con el escaso tiempo asignado, no sólo posibilitó a los estudiantes un primer acercamiento al tema de la resolución de problemas, sino que los llevó a una toma de conciencia de sus capacidades.

5.3 Encuesta a los estudiantes

Para conocer las opiniones de los estudiantes acerca de: si las explicaciones de los docentes y la forma de trabajo en clase les ayudó con el aprendizaje de estrategias para resolver problemas; si las tareas fueron de su agrado y si el trabajo en el espacio les pareció interesante; se administró una encuesta en el último encuentro.

Se presentan a continuación algunas opiniones de lo que expresaron los estudiantes: “Muy buenas actividades e ingeniosas que me sirvieron para plantear los problemas”; “Me gustó porque es otro punto de vista para resolver ciertos problemas”; “La forma de trabajar en grupo fue buena para resolver mejor los problemas”; “A veces no se daba una ayuda para proceder a resolver los problemas”; “Fue interesante porque pude llegar a servir para resolver de la vida cotidiana”; “...es un espacio muy interesante porque te hacía pensar demasiado”; “...creo que ayuda a abrir la cabeza y a razonar”; “Fue muy bueno aprender que hay muchas soluciones para un problema”; “Muy bien planteadas las clases”; “Una forma alternativa de aplicar Matemática”; “Ayuda a pensar fuera del límite y a ampliar la visión”; “...mucho debate entre los alumnos”; “Las tareas planteadas fueron muy buenas pero de 5 actividades sólo corregíamos dos. Me hubiese gustado corregir todas”; “...te hace pensar las cosas dos veces”; “Fue interesante. El espacio que más me gusto, que más actividades me gustaron y las variedades de resolución también”; “Me sirvió para poder posicionarme frente a un problema y ver qué parte era importante y cómo verlo”; “El espacio que más me costó, me pareció interesante, pero creo que en el transcurso de la carrera voy a profundizar más en este espacio”; “Agiliza la mente...”

6. Conclusiones

De lo acontecido durante el desarrollo de este espacio, los docentes que participaron coincidieron que fue muy valiosa la tarea propuesta y realizada con los estudiantes, pero también asumieron que por ser un espacio en construcción, requiere mayor discusión para lograr mejoras que se traduzcan en actividades que promuevan mayor interés por parte de los estudiantes.

Algunas posibles líneas de acción: establecer reuniones continuas de discusión y reflexión sobre las fortalezas y debilidades detectadas en los alumnos, con el fin de aunar criterios y planificar acciones superadoras que mejoren la calidad del trabajo. En este sentido se podrían abordar los siguientes ejes focalizando las tareas en:

Seleccionar problemas y/o re-enunciados, formulándolos en lenguaje natural, para que la resolución admita variedad de heurísticas, para permitir que los estudiantes exploren diversos caminos más allá de que resuelvan correctamente.

Consensuar las intervenciones docentes de acuerdo a las etapas que está transitando el estudiante, para ayudarlo con sugerencias o preguntas orientativas para que experimente por él mismo, sin que la asistencia señale el camino a seguir para resolver la situación.

Proponer el planteo de indicadores de desempeño por niveles de los estudiantes para la evaluación del espacio en cuanto a: organización de la información, utilización de heurísticas

variadas, anticipación de un plan de acción, disponibilidad de estrategias de verificación de soluciones propuesta.

7. Referencias

- [1] Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *Sigma: Revista de matemáticas*, 19, 51-63. Recuperado el 19/6/2016 en http://www.hezkuntza.ejgv.euskadi.eus/r43-573/es/contenidos/informacion/dia6_sigma/es_sigma/adjuntos/sigma_19/7_Tendencias_Actuales.pdf
- [2] Jóver, M. (2003). La resolución de problemas en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, Año 4, N° 6. Accedido el 10/6/2015 de http://www.ing.unrc.edu.ar/raei/archivos/img/arc_2011-11-23_21_11_01-68.pdf.
- [3] Polya, G. (2000). *Como Plantear y Resolver Problemas*. Ed.Trilla.
- [4] Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press.
- [5] Sanjosé, V.; Valenzuela, M.; Solaz-Portolés, J. (2007). Dificultades algebraicas en la resolución de problemas por transferencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Accedido el 18/6/2016 de https://www.researchgate.net/publication/28184290_Dificultades_algebraicas_en_la_resolucion_de_problemas_por_transferencia.
- [6] Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of problem-solving. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 48, pp. 63-85.
- [7] Solaz-Portolés, J.; Sanjosé-López, V. (2008). Conocimientos y procesos cognitivos en la resolución de problemas de ciencias: consecuencias para la enseñanza. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, Vol. 1, pp. 147-162
- [8] CONFEDI (2014). “Declaración de Valparaíso” sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano. FASTA Ediciones.

Anexo 1

Algunos problemas trabajados en clase

1) Sembrando césped

Los hermanos Martínez tenían cada uno dinero en el banco, el mayor \$60.000, el menor la mitad que el mayor, y el tercero tanto como sus dos hermanos juntos. Con parte de su dinero compraron tres terrenos cuadrados ubicados uno al lado del otro como muestra la Figura 1. Los terrenos tienen 10m, 8m y 6m de lado respectivamente. Ellos querían sembrar césped en la parte sombreada de la figura, y el hermano menor se encargaría de comprar las semillas. Cuando fue al vivero le preguntaron cuántos metros cuadrados tenía que sembrar. El hermano contestó: ¿tiene un lápiz y un papel?

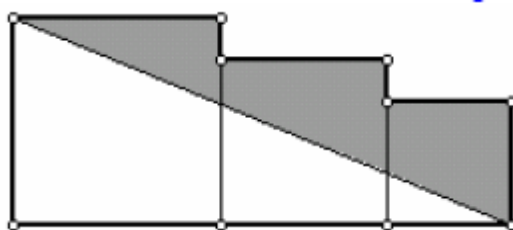


Figura 1. Elaboración propia

2) Pintando mi habitación.

Quiero cambiar mi habitación y he apostado que en 5 horas puedo pintarla sola/o. Mi amigo Ignacio, que trabaja como pintor, dice que tardaría 3 horas. ¿En cuánto tiempo podríamos pintarla trabajando juntos?

3) Círculos y más círculos

En la Figura 2, los tres círculos son tangentes unos a otros. Si la relación entre los diámetros de los círculos blancos es 3:1, ¿qué fracción del círculo mayor ha sido sombreada?

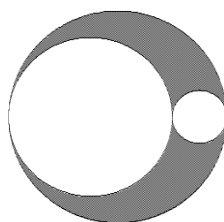


Figura 2. Elaboración propia

4) ¿Tan alta como la Torre Eiffel?

Juan y Pedro ven desde las puertas de sus casas una torre, bajo ángulos de 45° y 60° . La distancia entre sus casas es de 126 m. Hallar la altura de la torre.

Anexo 2

Problema para la Evaluación del Espacio de Formación en Resolución de Problemas

La Feria del Libro

Lucía viajó el sábado a Buenos Aires para visitar a su hermano Pablo que acaba e irse a estudiar arquitectura. El domingo amaneció nublado de modo que suspendió su programa de ir al Tigre, y decidió ir a la feria del libro. El valor de la entrada era de \$10 pero presentando su carnet de estudiante sólo tuvo que pagar \$5. Como no había desayunado, en cuanto entró fue al bar y gastó \$4 en un café con leche y tostadas. Después, recorrió un par de horas la exposición antes de decidirse a comprar varios libros y un diccionario. No quería gastar demasiado, de modo que a pesar de que al principio se concentró mucho en comparar la calidad de las encuadernaciones de las distintas editoriales, finalmente terminó eligiendo la que mejores precios ofrecía. En la editorial Nahuel hacían un descuento del 15% y reintegraban el precio abonado en la entrada en las compras que superan los \$100. Lucía eligió varios libros que en conjunto costaban \$84 y cuando escogió un diccionario el empleado le confirmó que el monto total superaba los \$100. Como todavía dudaba el muchacho y le ofreció un almanaque de regalo si se decidía inmediatamente. No lo pensó más, pagó con un billete de \$100 y uno de \$20. En la caja le devolvieron \$14,50. ¿Cuál era el precio de venta del diccionario sin el descuento?



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CARACTERÍSTICAS DE UN JUEGO SERIO PARA SU INTEGRACIÓN A UNA PROPUESTA EDUCATIVA DE FÍSICA

Bouciguez, María José, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), majo.bouciguez@gmail.com

Santos, Graciela, Núcleo de Educación en Ciencias con Tecnologías (ECienTec) Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), nsantos@exa.unicen.edu.ar

Bravo, Bettina, Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), bbravo@fio.unicen.edu.ar

Abasolo, María José, Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata (UNLP), mjabasolo@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen— La enseñanza de la Física es una de las principales áreas que ha utilizado las potencialidades de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) para el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza. La tecnología informática en las clases de Física se presenta como un instrumento facilitador para la interpretación de fenómenos físicos y la comprensión de los conceptos científicos involucrados.

Algunas de las herramientas mediadoras utilizadas en la enseñanza de la Física son las simulaciones, las herramientas de modelado, los mundos virtuales, los laboratorios virtuales y más recientemente los videojuegos.

En virtud de la información obtenida de diferentes docentes de Física este trabajo presenta las características que debe poseer un juego serio como herramienta educativa para ser integrada en una propuesta de enseñanza en la asignatura de Física de segundo año de las carreras de Ingeniería.

Palabras clave— *juego serio, herramienta educativa, enseñanza aprendizaje de Física.*

1. Introducción

En alguna medida la tecnología es protagonista de la cotidianeidad de las personas e instala, paulatinamente, nuevas prácticas. Los jóvenes de hoy se inician en el mundo digital a través de los videojuegos, los cuales recrean el mundo real o crean nuevos mundos y les proponen desafíos y problemas a resolver a partir de metodologías de motivación que los involucra y compromete con la situación planteada. Muchas veces estos videojuegos presentan una

importante carga emotiva, llevándolos a apropiarse del problema y hacer de la resolución una meta personal.

Ante esta realidad, y dado que las TIC implican modos de pensar, interactuar e informarse, la educación enfrenta el desafío de idear procesos pedagógicos capaces de generar experiencias de aprendizaje que tengan en cuenta estas nuevas pautas culturales.

La enseñanza de la Física es una de las principales áreas que ha utilizado las potencialidades de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) para el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza. La tecnología informática en las clases de Física se presenta como un instrumento facilitador para la interpretación de fenómenos físicos y la comprensión de los conceptos científicos involucrados [1] [2].

Algunas de las herramientas mediadoras utilizadas en la enseñanza de la Física son las simulaciones, las herramientas de modelado, los mundos virtuales, los laboratorios virtuales y más recientemente los videojuegos.

Los juegos permiten recrear contenido que puede estar no disponible históricamente, ser imaginario, futurista, muy caro o peligroso de producir en la vida real. En un juego el estudiante aprende haciendo, interactuando con el mundo, observa los resultados de sus acciones, y prueba sus hipótesis. Los participantes pueden experimentar el aprendizaje.

Los juegos proporcionan una experiencia situada en la que el jugador está inmerso en tareas de resolución de problemas complejos [3].

Las simulaciones comparten características con los juegos, incluyendo el uso de un mundo virtual y un objetivo concreto, pero las simulaciones utilizan un conjunto más refinado de reglas, desafíos y estrategias para guiar a los participantes en el desarrollo de determinados comportamientos y competencias que son altamente transferibles [4].

En una visión unificada, los videojuegos, los mundos virtuales y las simulaciones pueden ser interpretados como ejemplos de entornos virtuales altamente interactivos [4]. Esta perspectiva permite idear posibles combinaciones a partir de los affordances y propósitos de cada uno.

Entre las potencialidades educativas de estos entornos interactivos pueden mencionarse:

- la representación dinámica de fenómenos complejos difíciles de implementar en el salón de clases o el laboratorio;
- la visualización de las interacciones entre los objetos digitales y de las consecuencias de estas interacciones, lo cual permite a los estudiantes explicitar sus modelos mentales;
- la representación de relaciones y procesos, fomentando la comprensión de los conceptos subyacentes, la respuesta inmediata, el control de las variables y la relación entre las representaciones multilingües (oral, escrito, algebraico, gráfico tecnológica), lo que permite plantear hipótesis y ensayar ideas.

El uso de herramientas interactivas en las clases de ciencia está cobrando cada vez mayor interés entre profesores e investigadores en educación en ciencias debido a que se presentan como potenciales mediadores para favorecer los aprendizajes significativos [5]. Tales herramientas, inmersas en un ambiente de enseñanza y aprendizaje, constituyen una nueva realidad para los actores involucrados (docentes y alumnos). Estos ambientes tecnológico de aprendizaje constituyen un arreglo didáctico donde el hardware y software también son mediadores integrados en el modelo pedagógico; y se caracteriza por ser un espacio donde se desarrollan actos de enseñanza basados en actividades promotoras de discusiones argumentadas y de colaboración entre pares para favorecer el aprendizaje significativo en los alumnos [5].

Las herramientas interactivas que se incluyen en los espacios tecnológicos de aprendizaje conjugan las semiosis de los distintos actores que las han construido. Por un lado el autor debe anticipar los movimientos del alumno-usuario, mantener su atención y saber transmitir la información necesaria que asegure la continuidad de la interacción y, por otro lado, el alumno no puede dejar de activar competencias perceptivas e interpretativas durante la interacción [6]. Tales herramientas constituyen una nueva realidad en la construcción de significados en ciencias, la que puede verse entorpecida si los diseñadores no toman en cuenta que tanto él como el docente pertenecen a mundos semióticos diferentes al de los alumnos.

El presente trabajo se realiza en el marco de la investigación de tesis doctoral “Diseño de ambientes virtuales interactivos educativos basados en videojuegos y simulaciones para el aprendizaje de Física”, donde se pretende diseñar un framework para el desarrollo de entornos interactivos educativos que unifiquen [4] simulaciones y videojuegos buscando conjugar las características de estos a partir de los principios del aprendizaje constructivista. Entre las características que interesa conjugar pueden mencionarse la optimización del sentido de lugar y presencia de los mundos virtuales, la participación y diversión por parte de los videojuegos, y el rigor y la transferencia de los aprendizajes para la resolución de nuevas situaciones de las simulaciones.

Los videojuegos de interés en esta investigación son los conocidos como juegos serios. Es decir, juegos donde el aprendizaje es el objetivo principal, que integran en su diseño aspectos de las teorías de aprendizaje que se contemplen, de manera que proporcione experiencias serias en los diferentes ámbitos de aplicación, teniendo siempre en cuenta la expectativa de los jugadores si se desea lograr un aprendizaje efectivo [7].

Un framework es un diseño reutilizable de un sistema, que describe como el sistema se descompone en un conjunto de objetos que interactúan entre sí [8]. Los frameworks son generadores de aplicaciones que se relacionan con un dominio específico, es decir, con una familia de problemas relacionados. Una de las etapas principales del desarrollo de un framework es el análisis del dominio gracias a la cual se identifican parcialmente los “frozen-spots” y los “hot-spots”, es decir aquellos puntos inmutables que constituirán el núcleo del framework y aquellos otros puntos flexibles que serán instanciados al generar una aplicación específica a partir del framework.

Como parte de esta instancia de identificación de los requisitos del dominio y posibles requerimientos futuros se realizó una revisión de juegos serios para la enseñanza de la Física los cuales se caracterizaron en función de la tecnología que involucran, los aportes y limitaciones al aprendizaje desde una perspectiva constructivista social [9]. Además se llevaron a cabo encuestas a estudiantes y docentes de carreras de Ingeniería de la UNICEN. Las encuestas a alumnos se realizaron con la intención de conocer sus experiencias y expectativas en cuanto al uso de videojuegos y fueron presentadas en [10]. A continuación se comentan acerca de las encuestas realizadas a docentes de Física.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación tuvo como objetivo conocer las dificultades que se le presentan al estudiante desde la perspectiva de quienes llevan adelante la enseñanza de la Física en carreras de Ingeniería y acerca de la experiencia de los docentes en la utilización de entornos interactivos en sus prácticas profesionales y personales. En particular se desea conocer:

- a. ¿Qué temas resultan más difíciles a los alumnos y cuáles son esas dificultades?
- b. ¿Cuáles son las competencias que deben desarrollar los alumnos que cursan Física atendiendo a la formación que requiere su futuro desempeño profesional?
- c. ¿Qué utilización hacen de la computadora los estudiantes en las clases de Física?

- d. ¿Qué utilización hacen los docentes de entornos virtuales interactivos?
- e. ¿Qué opinión poseen los docentes en cuanto a los videojuegos como recurso didáctico?
- f. ¿Qué tecnología utilizan los docentes, con qué objetivo y cuál es su experiencia con videojuegos?

Para ello se realizó una encuesta a un grupo de seis docentes de Física de carreras de ingeniería de la UNICEN. Los mismos constituyen un grupo heterogéneo en cuanto a que han alcanzado distinta formación de grado y postgrado, y cumplen diferente función docente.

3. Resultados

A continuación se presentan los resultados del análisis de las encuestas realizadas a los docentes de Física.

Temas difíciles para los estudiantes

En cuanto a los temas que ofrecen mayores dificultades a los estudiantes, los docentes de Física coincidieron que son tres: cinemática, dinámica de cuerpos rígidos y movimiento oscilatorio. En su opinión los posibles problemas que estos temas presentan a los estudiantes son la elección y trabajo con sistemas de referencias, la determinación de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, el trabajo con vectores, el poder "...expresar en un conjunto de ecuaciones el fenómeno que se está estudiando...", "...no tener hábito de lectura...", "...la aplicación de la matemática a la resolución de problemas...", "...la integración en un mismo tema los distintos conceptos previos" y "...considerar a los cuerpos como partículas o como sólidos rígidos..."

3.1 Competencias a desarrollar en Física

En las encuestas se mencionó que las habilidades/destrezas/competencias que se busca que desarrollen los estudiantes de Física considerando que es una asignatura de carreras de ingeniería son:

- "...adquieran conocimientos básicos para realizar modelos que representen el sistema físico a estudiar". Se consideran que son puntos importantes: respetar el rango de validez de cada modelo, comprender el significado físico de los distintos términos de las ecuaciones que se obtengan y la utilización del análisis matemático para el planteo de las distintas situaciones (con la consecuente simplificación de las demostraciones). En este sentido es muy importante adquirir manejo en el formalismo de la física, de las herramientas matemáticas ya conocidas. Que los estudiantes logren traducir al lenguaje matemático diferentes problemas formulados en lenguaje coloquial.
- Logren "...habilidades y destrezas relacionadas con la resolución de ejercicios y problemas (como por ejemplo interpretación de enunciado, detección de datos, uso de marcos teóricos pertinentes, análisis de resultados)..." Relacionar estos problemas con problemas reales, "tratar de desarrollar ejemplos que tengan que ver con necesidades reales"
- Ganen habilidades y destrezas en el desarrollo de prácticas experimentales: obtener datos, procesarlos para obtener la información buscada, estimar la incerteza de los resultados, interpretación de los mismos a la luz de marcos teóricos pertinentes y extraer conclusiones. "Desarrollo de las clases de laboratorio a conciencia, entendiendo cual es el objetivo de cada una de los pasos que se van realizando."

- Motivar la escritura de informes “...donde claramente se ve una gran deficiencia para explicar en forma coherente los objetivos, desarrollo y conclusiones.”
- Se busca que los estudiantes comprendan los principios y las leyes fundamentales de la física, para poder aplicarlos a la resolución de problemas y para que le proporcionen una sólida base en el posterior cursado de materias específicas de la carrera de ingeniería que han elegido.

3.2 Física en carreras de Ingeniería

Cuando se les preguntó a los docentes de qué manera tenían en cuenta en la práctica docente que la asignatura está destinada a estudiantes de carreras de ingeniería, respondieron que principalmente lo consideran en 2 aspectos:

- La bibliografía utilizada en la materia.
- Que los problemas incluidos en la guía de trabajos prácticos hagan referencia a situaciones que tengan que ver con el quehacer ingenieril (contextualización de los problemas y prácticas experimentales): en el diseño de las experiencias de laboratorio, planteando trabajos en los cuales, mediante la medición y la utilización de las leyes físicas vistas, pueda obtenerse información sobre variables del sistema no accesibles directamente; tratando de que el alumno comprenda la importancia que tiene para un ingeniero poder llevar a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos, tomando decisiones adecuadas para resolver las dificultades que se puedan presentar.

3.3 Uso de computadora en las clases de Física

En relación a la utilización de la computadora se menciona que la misma sólo se emplea para los trabajos prácticos de laboratorio, en especial para recoger o adquirir datos (mediante uso de sensores - interface), procesar datos (calcular parámetros estadísticos, realizar gráficos, etc.) y para realizar los informes. Se comenta que los alumnos presentan no solo desconocimiento de programas como Origin, Lab y Mathcad, sino que además “...de utilitarios, Word, Excel, graficadores, etc.”

3.4 Utilización de entornos virtuales interactivos por parte de los docentes

En la encuesta se consulta a los docentes acerca de la utilización de entornos virtuales interactivos y de las razones por las cuales se emplean o no. De manera unánime respondieron que en clases de Física el docente utiliza algunas simulaciones y no se utilizan ambientes virtuales ni videojuegos. Entre las razones se mencionan que:

- se las desconoce,
- las “... clases son demasiado numerosas para el uso del [trabajar en] laboratorio de informática...” y,
- son muchos temas para ver y se cuenta con una carga horaria muy corta.

Todos los docentes tuvieron una opinión positiva respecto a la utilización de las herramientas informáticas como recurso didáctico. Al referirse a herramientas informáticas la mayoría de ellos lo relacionó con programas para procesar datos experimentales y para representarlos gráficamente. Entre las bondades de estas herramientas destacaron que aportan rapidez y precisión. Uno de los docentes se refirió a herramientas informáticas posibles de utilizar en “... clases teóricas y prácticas para ayudar a los alumnos a “visualizar” mejor los fenómenos estudiados e interpretar los modelos y leyes que la Física propone para explicarlos, haciendo uso de simulaciones, por ejemplo”. Otro mencionó que “... la utilización de simulaciones puede ser adecuada como apoyo a las clases teóricas o para verificar si los resultados

obtenidos para alguno de los problemas propuestos resultan verosímiles. Este último caso podría constituirse en una práctica habitual de los alumnos accediendo desde cualquier PC. Sin embargo, considero preferible que la posible validez de los resultados obtenidos sea constatada en base a su experiencia cotidiana, al conocimiento de resultados aceptados por la comunidad científica o por medio de procedimientos sencillos como la verificación de las unidades, la evaluación de las expresiones halladas en valores para los cuales el resultado resulta intuitivamente obvio, el análisis del rango de validez de la expresión y la aproximación a distintos límites.”

3.5 Videojuegos como recurso didáctico

Cuando se consultó a los docentes acerca de la utilización de un videojuego como recurso didáctico respondieron lo siguiente:

- “Podría ser en clases prácticas o de laboratorio con la finalidad de que a través de una actividad lúdica el alumno interprete mejor un determinado tema ya visto en la teoría.”
- “Dependiendo del videojuego, se podría aplicar en alguna parte de la teoría, en laboratorio o en extraclase. No lo veo conveniente en las clases prácticas.”
- “No conozco videojuegos que puedan utilizarse como recurso didáctico por lo que no puedo contestar esta pregunta con criterio. Imagino que podría usarse para incentivar a los alumnos a utilizar las leyes de la Física para resolver alguna situación problemática y con ello ayudarlos a interpretar más y mejor el conocimiento usado.”

3.6 Tecnología en la vida personal del docente

Todos los docentes encuestados poseen una PC, la mayoría poseen una notebook, una netbook y teléfono móvil con conexión a Internet. La mayoría de ellos no utilizan videoconsolas (por ejemplo PlayStation 2, PlayStation 3, Wii, etc.)

De la encuesta se rescata que la computadora los profesores la utilizan para tareas como enviar emails, buscar información, escuchar la radio o leer el periódico, acceder a una plataforma educativa, editar presentaciones, editar videos, procesar texto.

A la mayoría no le gusta o interesa la utilización del chat, de redes sociales, de sitios para subir información o producciones personales, de paquetes de oficina on line y, los juegos off line.

En cuanto a su experiencia con videojuegos los encuestados mencionaron el Tetris, el solitario, Age of Empires, Zuma Deluxe y de deportes (futbol, tenis, básquet y voley).

A esto uno de ellos menciona que si bien hace años que no juega, no lo atraen, pero reconoce que sí atraen y mucho a los estudiantes.

4. Primeras decisiones de diseño

Los resultados del análisis de las encuestas realizadas a docentes de Física sumada a la información obtenida a partir de otras fuentes de información ya presentadas en otros trabajos [9] [10] permite definir características básicas del dominio de aplicación, las cuales sirven a los fines de orientar las primeras decisiones del diseño de un juego para el aprendizaje de la Física en carreras de Ingeniería.

4.1 Tema de enseñanza

De los tres temas que los docentes coinciden en que presentan mayor dificultad a los estudiantes, se considera interesante desarrollar tecnología para aportar a la conceptualización del movimiento oscilatorio.

Una de las dificultades que enfrenta la enseñanza de la Física es que muchas veces los estudiantes no cuentan con el lenguaje científico y matemático necesario para realizar y comprender los necesarios procesos de abstracción involucrados en muchos fenómenos físicos. Este es el caso de la enseñanza del movimiento oscilatorio, la cual se ve oscurecida por la matemática requerida. Según Collins [11] la abstracción y transferencia son posibles cuando el alumno ha experimentado la aplicación de sus conocimientos en una actividad plena de sentido y en contextos variados que faciliten la generalización y la reflexión sobre la práctica. Para fenómenos complejos, como el movimiento oscilatorio, donde es clave y poco intuitiva la evolución temporal de las variables implicadas, resulta complicado diseñar actividades de aprendizaje conceptualmente productivas con lápiz y papel o en el laboratorio. En estos casos la tecnología puede servir de soporte para el aprendizaje cualitativo, mediando procesos de modelado y permitir el abordaje de diferentes tipos de problemas. Según Esquembre [12], esto puede facilitar la tarea de los profesores cuya intencionalidad didáctica sea que “los estudiantes hagan ciencia de una manera exploratoria y constructiva”. Por otro lado, hasta el momento no se han encontrado videojuegos para el tema movimiento oscilatorio, lo cual justifica aún más la elección del desarrollo de un videojuego para facilitar la conceptualización de este tema.

4.2 Portabilidad del videojuego

El análisis de las encuestas muestra que tanto docentes como estudiantes cuentan con PC y teléfono móvil con conexión a Internet. Por otro lado, de la encuesta a docentes puede rescatarse que dos de los motivos que limitan la utilización de entornos interactivos, es la gran cantidad de alumnos y el tiempo de clase disponible. Esta información es relevante a los fines de determinar la portabilidad de la aplicación educativa que se busca desarrollar y en función de eso seleccionar una herramienta de desarrollo. Es decir, las plataformas más apropiadas serían PC, teléfonos móviles y notebook por ser los recursos tecnológicos de los que disponen los estudiantes y docentes. Esto brindaría la flexibilidad necesaria para utilizar estas aplicaciones durante, por ejemplo, una clase teórica, práctica, de laboratorio o en extraclase. De esta manera se cubriría el abanico de posibilidades respecto al momento en que se utilizaría este tipo de aplicación, ya que los docentes encuestados no mostraron mayoritariamente preferencia por un determinado momento para su uso.

4.3 Tipo de videojuego

En virtud de la información obtenida de las encuestas, a pesar de las diferencias en cuanto a la mayor o menor medida en que los utilizan, tanto docentes como estudiantes poseen experiencia en los juegos conocidos como juegos casuales. Teniendo en cuenta esto es posible considerar tres tipos de juegos:

- Juegos casuales.
- Juegos de misiones.
- Juegos de aventura.

Nielsen [13] menciona que el término "*casual*" se atribuye a los juegos que suelen ser baratos de producir, directos en el concepto, divertidos, de rápido acceso, fáciles de aprender, fáciles de jugar y que no requieren habilidades especiales de videojuegos previas, ni experiencia o el compromiso de tiempo regular para jugar. En ellos es generalmente fácil hacer una pausa, detener y reiniciar con pocas consecuencias para el disfrute del jugador. Los juegos casuales utilizan equipos menos potentes en comparación con juegos de disparo o los RPG (role-playing game). Están disponibles en muchos formatos de plataformas: PC, consola de videojuegos, consolas de juegos portátiles y teléfonos móviles. ([6]Nielsen, 2009). Ejemplos de ello son el Buscaminas, Pacman, Tetris.

Marfisi [14] en su tesis define un tipo de juego de aprendizaje al que llama "*juego de misiones*". "*Un juego de misión es un juego en el que el jugador debe pasar por una serie de etapas. Estos pasos pueden ser sucesivos o paralelos y no son forzosamente obligatorios. Las etapas, lo que llamamos "misiones" pueden variar de tipos como una búsqueda exitosa, resolver un puzzle, obtener una puntuación determinada...*"[14].

Fernández Vara [15] considera que los *juegos de aventuras* comparten cinco rasgos distintivos que los separan de otros géneros:

- la narrativa está integrada en el juego
- el jugador controla a un personaje o protagonista de la historia, de manera que se convierte en el epicentro de la acción.
- la mecánica fundamental del juego se basa en encontrar la solución a puzzles encadenados por una historia. El aprendizaje se centra en resolver los puzzles y entender su contexto.
- La interacción básica en el juego es la manipulación de objetos para resolver los puzzles.
- El juego incita al jugador a explorar el espacio virtual y experimentar con las diversas acciones que pueden tener lugar en él. En lugar de recibir instrucciones sobre qué es lo que hay que hacer, el jugador ha de encontrar la información a través de conversaciones y acciones diversas aplicadas a cada objeto. De manera que el jugador recorre el entorno del juego en busca de nueva información y nuevos desafíos.

Puzzle se refiere a un desafío mental, un problema que el jugador ha de resolver en lugar de competir con otro jugador. De esta manera, se puede considerar no sólo el contenido de enseñanza a abordar sino una metodología de resolución propia de los problemas de ingeniería. El proceder del estudiante para superar un determinado reto que se le presenta estará de esta manera relacionado no sólo con el contenido de enseñanza sino además con lo que los docentes mencionan como el "quehacer ingenieril".

Finalmente, en virtud de las dificultades mencionadas por los docentes de Física se considera apropiado que el juego permita al estudiante la visualización del entorno virtual desde distintos puntos de vista; la utilización de recursos virtuales manipulables, como representaciones de herramientas matemáticas (por ejemplo reglas) o de elementos propios de los laboratorios de Física, que faciliten la comprensión y toma de decisiones; la visualización y/o manipulación del modelo matemático; la posibilidad de utilizar recursos externos para tomar decisiones (simulaciones, bibliografía, etc.); la posibilidad de hacer anotaciones a medida que se juega, etc.

5. Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se presentan las primeras decisiones para el diseño de un juego serio a ser integrado en clases de Física de carreras de ingeniería. Estas decisiones fueron orientadas por la información del dominio obtenida a partir de revisiones bibliográficas y encuestas a docentes y estudiantes.

Se decidió movimiento oscilatorio como el tema de enseñanza para el cual será desarrollado el juego serio. Se concluyó que el juego debería poder estar disponible para diferentes plataformas como PC, teléfonos móviles y notebook. Dadas las características del dominio los posibles tipos de juegos que se consideran más apropiados son los casuales, de misiones o de aventura.

Los problemas que plantean un puzzle o una misión están situados dentro de un dominio de conocimiento. El diseño de un puzzle o una misión consiste en proporcionar información suficiente para cautivar a un jugador, y que suponga un desafío adecuado al conocimiento y habilidad del jugador, que ya posean o que ha adquirido a medida que exploran el mundo del juego. Para esto el diseñador debe tener en cuenta el nivel cognitivo del alumno, por lo que se considera como uno de los trabajos futuros indagar sobre conocimientos previos del estudiante acerca del movimiento oscilatorio y sobre la metodología de resolución de problemas. Además será necesario indagar sobre la secuenciación de los contenidos de estudio que involucra el tema elegido, el tipo de abordaje que se hace del mismo y los objetivos específicos.

6. Referencias

- [1] PONTES PEDRAJAS, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2 (1), 2-18. Recuperado el 02 de junio de 2009 de <http://www.apac-eureka.org/revista/>
- [2] JIMOYIANNIS, A., & KOMIS, V. (2001). **Computer simulations** in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. Computers & Education, 36(2), 183-204. Jonson, R.
- [3] SQUIRE, K. (2005). Changing The Game: What Happens When Video Games Enter the Classroom? Innovate 1 (6), 2005 http://wisc.academia.edu/kurtsquire/Papers/1356820/Game-based_learning_Present_and_future_state_of_the_field
- [4] ALDRICH, C. (2009). Virtual worlds, simulations, and games for education: A unifying view. *Innovate* 5 (5), http://www.innovateonline.info/pdf/vol5_issue5/Virtual_Worlds,_Simulations,_and_Games_for_Education-_A_Unifying_View.pdf
- [5] ARAUJO, I. S., VEIT, E. A., MOREIRA, M. A., (2008), Physics students' performance using computational modeling activities to improve kinematics graphs interpretation, *Computers & Education*, 50(4), pp. 1128-1140.
- [6] SCOLARI, C., (2004). *Hacer Clic: Hacia una sociosemiótica de las interacciones digitales*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- [7] PROTOPSALTIS, A., PANNESSE, L., HETZNER, S., PAPPAS, D., & DE FREITAS, S. (2010). Creative Learning with Serious Games, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 5, 4-6.
- [8] FAYAD, M. E., SCHMIDT, D. C., & JOHNSON, R. E. (1999). *Building Application Frameworks*. Addison-Wesley Pub Co.
- [9] BOUCIGUEZ, M. J., SANTOS, G. Y ABÁSULO, M. J. (2013). *Potencialidad de los videojuegos en el aprendizaje de Física*, 1er Workshop de Enseñanza de la Física en Argentina. Los desafíos de la investigación educativa y la formación docente. ECienTec (Educación en Ciencias con Tecnologías). Facultad de Exactas, Universidad Nacional del

Centro de la Pcia. De Bs. As., Tandil, Argentina, 16 y 17 de mayo de 2013. ISBN 978-950-658-342-2. Actas disponibles en:

<https://sites.google.com/site/wefensenanzadela fisica/novedades/librodeactaswef> pp. 184-193

[10] BOUCIGUEZ, M. J., SANTOS, G., ABÁSULO GUERRERO, M. J. (2014). Towards the Use of Video Games for Learning: A Survey about Video Games Preferences of Engineering Students. *Journal of Computer Science and Technology (JCS&T)*, 14(1), Tinetti, F. G. (Ed.), ISSN: 1666-6038, pp.25-31.

[11] COLLINS, A. (1997). El potencial de las tecnologías de la Información para la educación. En Vizcarro y León, *Nuevas tecnologías para el aprendizaje* (pp. 29-51). Madrid: Ediciones Pirámide.

[12] ESQUEMBRE, F. (2005). *Creaciones de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicaciones a La Enseñanza de La Física*. Madrid: Pearson Education, S.A.

[13] NIELSEN (2009). Casual Games Market Report, 2007). Insights on Casual Games *Analysis of Casual Games for the PC*. The Nielsen Company Retrieved September 25, 2011, from <http://blog.nielsen.com/nielsenwire/wp-content/uploads/2009/09/GamerReport.pdf>

[14] MARFISI-SCHOTTMAN, I., (2012). Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games Doctorat en informatique. INSA de Lyon

[15] FERNÁNDEZ VARA, CLARA (2012) Los juegos de aventuras gráficas y conversacionales como base para el aprendizaje. Revista de Estudios de Juventud. Monográfico N° 98. Videojuegos y juventud. Coordinador Flavio Escribano. Septiembre 2012. pág. 101-117.



III CADI
IX CAEDI
2016



USO DE ANIMACIONES PARA LA RECUPERACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS Y EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN LA CÁTEDRA QUÍMICA GENERAL

Carina Colasanto, UTN-FRC, UNC-FCEFyN, ccolasanto@yahoo.com.ar

Claudia Carreño, UTN-FRC, UNC-FCEFyN, carreno_claudia@hotmail.com

Nancy Saldís, UNC-FCEFyN, nancyesaldís@yahoo.com.ar

Cristina Oliver, UTN-FRC, cricrioliver@yahoo.com.ar

Ema Sabre, UTN-FRC, emasabre@yahoo.com.ar

Verónica Berdiña, UTN-FRC, veroberdiña@yahoo.com.ar

Iván Delfino, UTN-FRC, ivandelfino05@gmail.com

Gabriel Pekarek, UTN-FRC, gpk_00@hotmail.com

Resumen

Este trabajo muestra un estudio realizado en el año 2016 a un grupo de 102 estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC). Se establece la relación existente entre el uso de material didáctico animado y el aprendizaje autónomo de los alumnos. Las animaciones diseñadas y desarrolladas por un grupo de docentes de la cátedra refieren al reconocimiento y determinación del reactivo limitante para una reacción química y la identificación de sustancias según la familia de compuestos inorgánicos a la que pertenecen. Dichas presentaciones sirvieron para repaso de conceptos básicos de Química y se propusieron junto a diversas actividades a través del aula virtual. El uso de los videos para la revisión de conceptos fue opcional para los discentes. En el presente trabajo se propone el análisis de los resultados obtenidos por los estudiantes en sus evaluaciones respecto del empleo de material didáctico publicado en el aula virtual. De quienes no aprobaron el examen, un 87,5% no utilizaron los recursos animados, un 69,5% no respondieron correctamente consignas sobre reactivo limitante y en exceso; y un 58,3% no aprobó el ejercicio de identificación de familia de compuestos inorgánicos. Los estudiantes no mostraron dominio sobre los contenidos evaluados. Usar animaciones permitió aumentar la identificación de familia de compuestos en un 12,36%.

Palabras clave — química, material didáctico, animaciones, aprendizaje autónomo.

1. Introducción

Una de las nuevas prácticas de enseñanza incorporadas en la Cátedra de Química General de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC) para el aprendizaje de la química se realiza a través del diseño, desarrollo y uso de aulas virtuales (AV) de la plataforma Moodle. Esta plataforma se encuentra disponible en la página web de la UTN-FRC y sirve de apoyo a las clases presenciales.

El desarrollo de estas aulas exige a los docentes universitarios no sólo actualizar sus conocimientos referidos a la relación aprendizaje/incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en las aulas, sino también es menester desarrollar materiales didácticos específicos para estos formatos.

Una de estas actividades implícitas que exigen el desarrollo de las AV es la búsqueda intensiva y permanente de material didáctico. En este sentido, el grupo de trabajo se encontró con algunas dificultades referidas especialmente a la calidad (técnica y académica) del material audiovisual y multimedia publicado en formato digital de origen nacional y en idioma español.

“Perrenoud [1] propone que junto a los métodos activos tradicionales, los instrumentos tecnológicos pueden incorporarse al aula como métodos activos postmodernos. El éxito de éstos dependerá de la competencia del profesor en utilizar lo que la cultura tecnológica actual nos ofrece para ponerlo al servicio de la enseñanza. Por lo tanto, los saberes que comprende esta competencia pertenecen no sólo al dominio técnico sino al didáctico.”

Por ello, es importante comprender que ser docentes en la era digital requiere aprender a desarrollar material didáctico tecnológico con nuevas características que, como en el caso propuesto, apoyen y colaboren en el desarrollo de las clases presenciales.

“El uso crítico de las TIC obliga a interrogarse acerca de cuestiones centrales a la hora de enseñar: la tecnología ¿es sólo una herramienta o abarca otras cuestiones sustanciales en los procesos cognitivos y asociativos del pensamiento, cambios en la lógica del pensar, en la dimensión actitudinal y política?” [2].

Raviolo [3] sostiene que “en la enseñanza de la química las simulaciones o animaciones facilitan la visualización de la dinámica de un proceso químico, mejorando la comprensión de los conceptos, más aún a nivel molecular. Por ejemplo, ayudan a superar la imagen estática y en dos dimensiones que brindan los modelos representados en papel”.

Además, Sierra Pérez [4], propone que “el estudiante obtiene autonomía al lograr criticidad e independencia intelectual; al ser capaz de reestructurar el pensamiento a partir de textos ajenos que se han balanceado desde la auscultación cuidadosa y argumentada de saberes previos y nuevos”; las animaciones diseñadas y desarrolladas por los docentes a través de este modelo de enseñanza, pretenden brindar a los estudiantes las herramientas básicas que les permitan dar los primeros pasos en el desarrollo de algunas estrategias de aprendizaje autónomo.

El presente trabajo está organizado en dos partes. En la primera de ellas se realiza un estudio exploratorio tendiente a reconocer y valorar el uso que los estudiantes hacen de las animaciones diseñadas y desarrolladas por un grupo de docentes de la cátedra de química general que refieren al reconocimiento y determinación del reactivo limitante para una reacción química y la identificación de sustancias según la familia de compuestos inorgánicos a la que pertenecen. El uso de los videos para la revisión de conceptos fue opcional para los discentes. Los resultados fueron recogidos a través de encuestas estructuradas a los

estudiantes y se cotejaron específicamente con los resultados obtenidos en una primera evaluación de estos contenidos.

En una segunda parte de la exploración, el uso de animaciones para la revisión de los temas fue obligatorio y se buscó establecer la relación existente entre el uso de las animaciones y la acreditación del contenido evaluado. Para esta etapa, se propuso un trabajo práctico individual con evaluación entre pares. Luego se analizaron los resultados de la actividad propuesta.

2. Materiales y Métodos

Para este trabajo se seleccionó un grupo de 102 estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC).

Es importante destacar que la mayoría de los estudiantes constituyentes del grupo fueron ingresantes 2016, y participaron del ciclo de nivelación de contenidos que dicta la UTN-FRC, 20 días antes a la recolección de los datos para este estudio. Durante ese período, los docentes abordaron contenidos referidos al reconocimiento y determinación del reactivo limitante para una reacción química y la identificación de sustancias según la familia de compuestos inorgánicos.

Una vez iniciadas las clases de química para el ciclo de grado, los estudiantes recibieron información acerca del uso del aula virtual, y la descripción de los contenidos y actividades propuestas en dicha plataforma (Figura 1). Dentro de las diversas actividades prácticas con las que cuenta el AV para revisar los contenidos básicos, se encuentran publicados 2 videos y una presentación desarrollados por un grupo de docentes correspondientes al reconocimiento y determinación del reactivo limitante para una reacción química y la identificación de sustancias según la familia de compuestos inorgánicos (Figura 2).

Cabe destacar que en las clases de grado no se desarrollaron nuevamente los contenidos del ciclo de nivelación. Los estudiantes dispusieron del material publicado en el AV para consultarlo según las necesidades individuales de cada uno al momento de estudiar.



Figura 1: Presentación del AV de Química
Fuente: Imagen propia

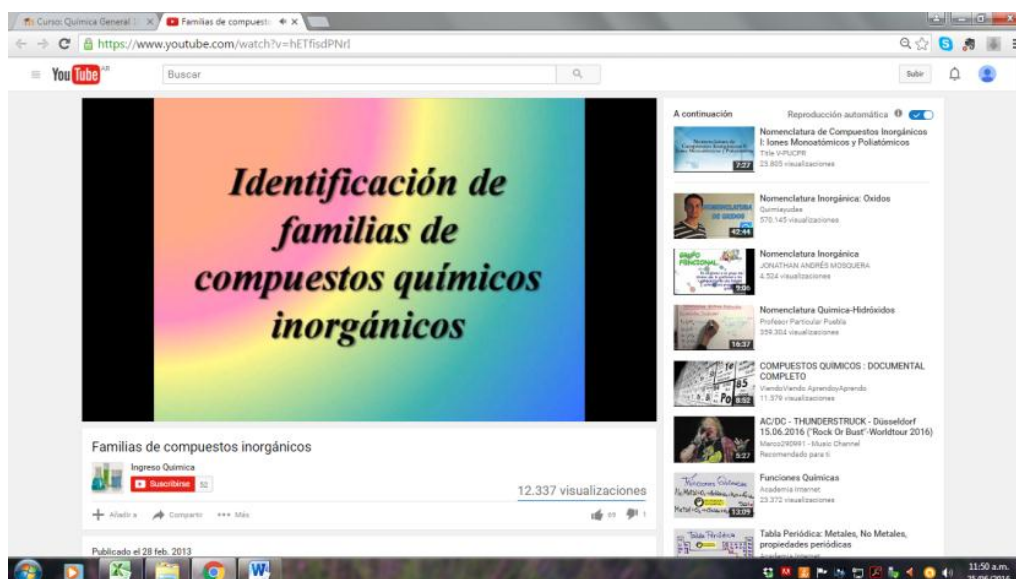


Figura 2: Visualización de video
Fuente: Imagen propia

La primera etapa, se destinó a reconocer y valorar el uso del material didáctico animado propuesto. Para ello, luego del primer parcial, se solicitó a los estudiantes que respondieran una breve encuesta anónima respecto del uso del material didáctico publicado en el AV.

El cuestionario consistió en conocer si el estudiante había aprobado o no el examen parcial y si había utilizado los videos referidos al reconocimiento y determinación del reactivo limitante para una reacción química y la identificación de sustancias según la familia de compuestos inorgánicos.

Luego, se analizó para cada parcial, el problema referido a los temas abordados en este estudio.

Dos meses y medio después, se puso en marcha la segunda parte del trabajo. Se invitó a los estudiantes a traer auriculares y a asistir a la sala de cómputos. Allí, cada alumno debió resolver dos ejercicios en formato papel. Uno correspondiente a la identificación de compuestos de diferentes familias (Tabla 1), y el otro, referido a la determinación estequiométrica de reactivo limitante y exceso.

Tabla 1. Compuestos a identificar

Li(OH)	H_3PO_4
KNO_3	NaHCO_3
SO_3	KH
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	

Fuente: Elaboración propia

Una vez resueltos los ejercicios, se les solicitó que entregasen las actividades e ingresen a sus usuarios de aulas virtuales, para visualizar y escuchar individualmente cada uno de los videos. Los estudiantes podían visualizar los videos las veces que consideraran necesarias.

Mientras ellos accedían a las animaciones, se les entregó uno de los trabajos resueltos anteriormente por alguno de sus compañeros para evaluar y calificar. Una vez terminada la etapa de corrección por parte de los estudiantes a sus pares, se entregaron los trabajos para analizar los resultados.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en la primera etapa del trabajo, muestran que los estudiantes no manifestaron dominio sobre los contenidos evaluados respecto de la resolución del problema de reactivos limitante y en exceso.

El 69,5% no respondió correctamente las consignas sobre dicho tema. Respecto a la identificación de familia de compuestos inorgánicos un 58,3% no pudo identificar los compuestos correctamente. El análisis del empleo de material didáctico publicado en el aula virtual muestra que de quienes no aprobaron el examen, un 87,5% no utilizaron los recursos animados.

La Figura 3 muestra los resultados obtenidos en la segunda etapa del trabajo, que consistió en identificar la “Familia de compuestos” a la que pertenecían y resolver un ejercicio de reactivo limitante y en exceso denominado en la figura como “Lim y Exc”. % M, se estableció como el porcentaje de estudiantes que resolvió mal el ejercicio. %R, corresponde a aquellos estudiantes que lo hicieron de manera regular, considerando regular la mitad de ejercicio correctamente resuelto. %B muestra el porcentaje de estudiantes que resolvieron bien el ejercicio.

Debido a que los estudiantes durante la realización del trabajo, manifestaron tener un alto grado de imposibilidad de plantear correctamente la ecuación estequiométrica que proponía el ejercicio, se decidió identificar esta problemática del trabajo con el nombre de “Reacción”.

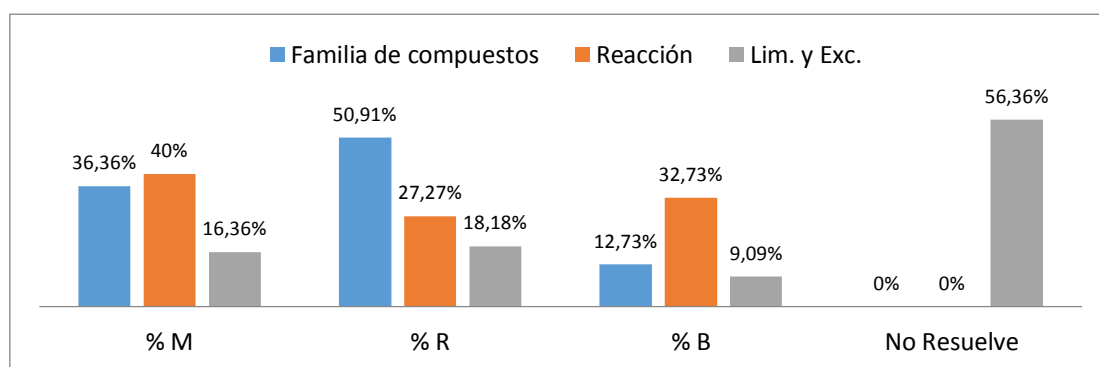


Figura 3: Resultados de la segunda etapa del estudio
Fuente: Imagen propia

En lo que respecta al análisis de la identificación de la familia de compuestos, es interesante destacar que el 50,91% de los estudiantes pudo identificar al menos 4 de 7 de los compuestos y el 12,73 % de ellos lo realizó correctamente. Un 63,64% de los estudiantes identificó dentro de los parámetros esperados a la familia del compuesto.

Posteriormente, con la visualización del video, el 76% de los estudiantes corrigió correctamente la familia de compuestos a la cual pertenecían cada uno de ellos.

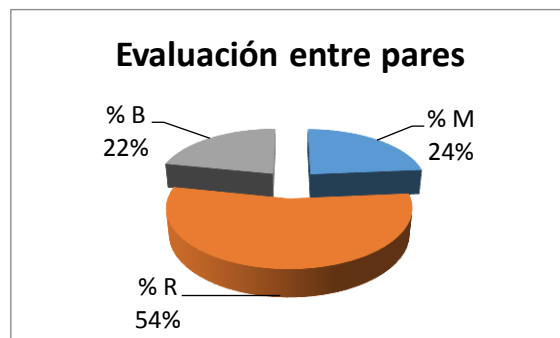
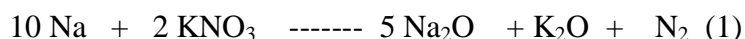


Figura 4: Resultados de evaluación de familia de compuestos
Fuente: Imagen propia

Es notable el alto porcentaje de estudiantes que no resolvió el ejercicio de reactivo limitante y en exceso. El 56,36% no pudo resolverlo porque le fue imposible plantear la reacción estequiométrica. Un 16,36 %, planteó la reacción de manera incorrecta. Un 72,72% de los estudiantes no pudo plantear la reacción estequiométrica correctamente solicitada, tal como se muestra en (1).



4. Conclusiones y recomendaciones

En lo que respecta a la gestión de material didáctico por parte de los estudiantes, es de público conocimiento que muchos de ellos no poseen una actitud pro activa hacia el uso del material “no obligatorio” ofrecido por los docentes. En la primera parte del trabajo se manifiesta perfectamente esta conducta por parte de los estudiantes de primer año.

Si bien en una segunda parte el uso del material didáctico animado fue obligatorio, es posible que el 24% de los estudiantes que no pudo identificar y corregir adecuadamente la familia a la cual pertenecían los compuestos químicos, se trate del grupo de estudiantes que durante la visualización individual, adelantaran varias veces los videos, de manera de retirarse antes, mostrando un escaso compromiso en su formación profesional.

Respecto al uso de animaciones y el aprendizaje autónomo en los estudiantes, se puede destacar que luego de la visualización del video de familia de compuestos inorgánicos, se manifestó una mejora del 12,36% en la resolución de los ejercicios. Es posible establecer la relación directa entre el aprendizaje a través del material didáctico animado y la mejora en el porcentaje de resoluciones correctas de identificación de compuestos.

Si bien los estudiantes poseen escasas oportunidades en el ámbito de la educación formal de propuestas de aprendizaje a través de videos y animaciones, esta es una práctica que los jóvenes utilizan habitualmente para resolver cualquier tipo de problemática en sus vidas cotidianas.

Es considerablemente alto y preocupante el porcentaje de estudiantes que no consiguió plantear las ecuaciones estequiométricas sencillas que les impidió continuar con la resolución de la situación problemática.

Es posible que los estudiantes de primer año no consideren todavía la necesidad de que los contenidos desarrollados con anterioridad deben ser aprehendidos y constantemente recuperados.

Para una próxima experiencia de visualización, se tendrá que disponer de más tiempo para que los estudiantes completen el trabajo ya que la necesidad de cumplir el horario de manera estricta, no predispone adecuadamente a algunos estudiantes para la resolución de las situaciones planteadas.

5. Referencias

- [1] PERRENOUD, PH (2005) *“Diez nuevas competencias para enseñar”*. Educatio, N.º 23_2005
- [2] PERINI, L; TORRENTS, S; (2013). *“Clase N° 1. El diseño de secuencias didácticas con integración de TIC”*. Desarrollo de Propuestas Educativas con TIC 2: Química y TIC 2.
- [3] RAVIOLO, A; (2010) *“Conferencia VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química”*. Santa Fe, 9-11/6/2010.
- [4] SIERRA PÉRRIZ, J; (2016) *“Aprendizaje autónomo: Eje articulador de la Educación Virtual”*. Recuperado el 15 de febrero de 2016.
URL:<http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/viewFile/261/492>.



LOS TRABAJOS PRÁCTICOS COMO FORMADORES DE COMPETENCIAS, UNA EXPERIENCIA CON ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Viviana Lucía Gasull, Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Cs.
Agropecuarias, vgasull@unsl.edu.ar

Patricia Gimeno, Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Cs.
Agropecuarias, pbgimeno@unsl.edu.ar

Resumen

La adquisición y fortalecimiento de las competencias genéricas o básicas en estudiantes que se encuentran cursando carreras de ingeniería, son un factor fundamental para el logro de competencias específicas de los mismos en el transcurso de sus carreras.

Es sabido que existen diversas metodologías y estrategias de enseñanza-aprendizaje que favorecen la adquisición de estas competencias.

La propuesta de este trabajo consiste en el diseño de prácticas de enseñanza basadas en competencias y mediadas por TIC para el logro y/o fortalecimiento de competencias genéricas. El mismo se implementa en la materia Computación I de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería y Cs. Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis. Se presentan los resultados obtenidos en la experiencia, teniendo en cuenta la valoración de los estudiantes respecto a la misma y el nivel de satisfacción de los indicadores definidos para la medición de la adquisición de las competencias en juego.

Cabe recalcar que incorporar nuevas estrategias y metodologías de enseñanza aprendizaje constituye un desafío tanto para el equipo docente como para los estudiantes, dado que el éxito de las mismas depende en gran parte de la capacidad de los distintos actores del proceso para desempeñar nuevos roles.

Palabras clave

Competencias, TIC, Estrategias didácticas, indicadores.

1. Introducción

En el desarrollo de la materia Computación I, Fundamentos de informática y Computación de las carreras de ingeniería de la Facultad de Ingeniería y Cs. Agropecuarias (FICA) de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), se decidió incorporar nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje, seleccionando aquellas que según diversas bibliografías favorecen la adquisición y fortalecimiento de competencias genéricas y transversales.

Aparejado con la modificación de trabajos prácticos se modificó la forma de evaluación de los mismos, incorporando la coevaluación y autoevaluación.

En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos en la experiencia, teniendo en cuenta la valoración de los estudiantes respecto a la misma y el nivel de satisfacción de los indicadores definidos para la medición de la adquisición de las competencias en juego.

2. Antecedentes

Según el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina se considera competencia a la capacidad de articular con eficacia un conjunto de estructuras mentales y valores que permiten poner en juego diferentes saberes, en un determinado contexto, con el fin de resolver situaciones profesionales durante la realización de las carreras de Ingeniería [1]

Analizando la definición anterior queda claro que además de aprender habilidades profesionales, el estudiante debe adquirir conocimientos y actitudes personales que le permitan ocupar un lugar en el mundo laboral y en la sociedad. Si hasta el momento un estudiante completaba sus estudios demostrando la asimilación de determinados conocimientos, ahora acredita la adquisición de ciertas competencias que potencialmente podrá poner en práctica en las actividades profesionales o de investigación asociadas a su título profesional (Delgado, Borge, García, Oliver y Salomon, 2005) [2]. Como señala Harvey (2000) [3] los conocimientos específicos no son el primer determinante de la idoneidad para el empleo a la hora de contratar profesionales. Los empresarios o potenciales empleadores de los universitarios comienzan a buscar personas que posean otras habilidades además de las específicas que tradicionalmente han sido las trabajadas en las instituciones educativas, otorgando un valor especial a la adquisición de competencias transversales o genéricas (Hughes, Hollingsworth, Jones, Markham, 1997; Ayats, Zamora, Desantes, 2004) [4].

Entre las competencias transversales que revisten particular interés encontramos la capacidad de gestionar de forma autónoma y permanente el conocimiento, de investigar, de trabajar en equipos, de comunicarse en un segundo idioma y de aprender a lo largo de la vida.

Ahora bien si nos centramos en aquellas competencias básicas necesarias para que los estudiantes puedan abordar sus estudios en carreras de ingeniería el CONFEDI en el documento sobre “Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios” CONFEDI 2009 [5], las competencias generales que deben desarrollar los estudiantes del ciclo medio son creatividad, interés por aprender, pensamiento crítico (capacidad de pensar con juicio propio) habilidad comunicacional, capacidad para resolver situaciones problemáticas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios y trabajar en equipo, poseer pensamiento lógico y formal, e identifica tres (3) tipos de competencias Básicas, transversales y específicas.

Particularmente centraremos nuestro interés en las Competencias Básicas que refieren a los conocimientos, procedimientos, destrezas y actitudes fundamentales para el desarrollo de otros aprendizajes, entre las que se incluyen la comprensión lectora, la producción de textos y la resolución de problemas; y Competencias Transversales que están referidas a la capacidad para regular sus propios aprendizajes, aprender solos y en grupo, y resolver las dificultades a que se ven enfrentados durante el transcurso del proceso de aprendizaje es decir son aquellas que aluden a capacidades claves para los estudios superiores e incluyen la autonomía en el aprendizaje y las destrezas cognitivas generales.

Según el proyecto Tuning (2007) [6], las competencias Genéricas (transversales, comunes a todas las profesiones), incluyen elementos de orden cognitivo y de orden motivacional, y se expresan a través de las denominadas:

- Competencias instrumentales, de orden metodológico o de procedimiento, tales como la capacidad de análisis y síntesis, de organización y planificación, y de gestión de información.
- Competencias personales, tales como la capacidad para el trabajo en equipo, la habilidad para el manejo de las relaciones interpersonales, el compromiso ético.
- Competencias sistémicas, que se manifiestan en el aprendizaje autónomo, la adaptación a nuevas situaciones, la creatividad y el liderazgo, entre otras.

Las competencias son capacidades, si bien innatas en algunos estudiantes adquiribles en el resto, la forma de adquisición de las competencias es por medio de la práctica, por este motivo en el desarrollo de las clases se deberían explorar diversos métodos de enseñanza aprendizaje, entendiendo como método “la forma de proceder que tienen los profesores para desarrollar su actividad “. En este sentido, señala Poblete que “el enfoque de las competencias modifica los puntos de vista convencionales sobre la forma de aprender y de enseñar, pues el aspecto central, como vimos, no es la acumulación primaria de conocimientos, sino el desarrollo de las posibilidades que posee cualquier individuo, mediante fórmulas de saber y de saber hacer contextualizadas” Ahora bien, debe tenerse en cuenta que los mismos objetivos de aprendizaje y competencias pueden ser conseguidos utilizando diversos métodos y técnicas de enseñanza y aprendizaje y de evaluación.

2.1 Evaluación de competencias

El desarrollo de las competencias requiere ser comprobado en la práctica mediante el cumplimiento de criterios de desempeño claramente establecidos. Los criterios de desempeño, entendidos como los resultados esperados en términos de productos de aprendizaje (evidencias), establecen las condiciones para inferir el desempeño; ambos elementos (criterios y evidencias) son la base para evaluar y determinar si se alcanzó la competencia. Por lo mismo, los criterios de evaluación están estrechamente relacionados con las características de las competencias establecidas.

Al centrar el aprendizaje en el estudiante la evaluación adquiere una nueva dimensión, si bien el objetivo evaluación es la valoración de la calidad de aprendizaje conseguido por el estudiante, esta debe permitir además valorar si el estudiante ha alcanzado, como objetivo, no sólo los conocimientos sino también las competencias previamente definidas por el profesor para una materia concreta. Esto exige que el estudiante se apropie de los objetivos de aprendizaje y los criterios que se utilizarán para la evaluación.

Dentro de los cambios de la evaluación se incorpora a los estudiantes en estos procesos, como una forma que estos se apropien de los objetivos y criterios del aprendizaje y su evaluación, promoviendo la autoevaluación y coevaluación o evaluación por pares

2.1.1 Autoevaluación

La autoevaluación es un objetivo de aprendizaje en sí mismo. Los estudiantes deben aprender a ser profesionales competentes capaces de evaluar su propia práctica para analizarla y mejorarla a lo largo de la vida profesional. Toda autoevaluación implica reflexión, pero no toda reflexión implica autoevaluación, ya que ésta supone emitir juicios, y aquella se centra en la actividad de exploración [7]

La autoevaluación proporciona al estudiante estrategias de desarrollo personal y profesional que podrá utilizar tanto en el presente como en el futuro, le ayuda a desarrollar su capacidad crítica, favorece la autonomía, le compromete en el proceso educativo, y motiva para el aprendizaje. Asimismo, incrementa la responsabilidad de los estudiantes con relación a su propio aprendizaje y promueve la honestidad en juicios emitidos con relación a su desempeño. En actividades de trabajo en grupo, la autoevaluación del proceso de grupo es una herramienta para aprender a trabajar en colaboración (Bryan, 2006).

2.1.2 Coevaluación o evaluación por pares

La evaluación de los compañeros a lo largo del proceso con fines formativos, fomenta el aprendizaje tanto de los que evalúan el trabajo como de los que reciben las aportaciones de los compañeros, a través del desarrollo del pensamiento crítico.

La actividad evaluativa en base a criterios y evidencias promueve la honestidad y el respeto por los demás, favoreciendo la colaboración y el clima de confianza. Aprender a presentar valoraciones al trabajo y no a la propia persona y aprender a recibir apreciaciones y críticas constructivas de los demás como elementos para la mejora, supone un avance en la colaboración y el trabajo en equipo.

2.1.3 Matrices de valoración o rúbricas

Otro componente inherente a la evaluación de competencias es que estas deben expresarse en indicadores o comportamientos que puedan observarse de alguna manera, una posible alternativa para ello es recurrir a una tabla de doble entrada, también denominada rúbrica que según Herrera (2001) [8] es una pauta, minuta o tabla que nos permite aunar criterios de evaluación, niveles de logro y descriptores. Es un recurso lo suficientemente flexible que se puede regular en la práctica hasta encontrar el justo valor de la evaluación que hacemos. También es muy importante su carácter de pre-establecida, acordada y socializada con los alumnos y alumnas, antes de aplicar la evaluación. Tiene la propiedad de un instrumento descriptor de medición cualitativo que establece criterios, estándares y la naturaleza de un desempeño, donde se debe entender como indicador: aquello que se acepta como evidencia del estado actual de un objeto, sujeto, programa, proceso o producto, con respecto a un criterio dado. Consecuentemente, un estándar correspondería a un punto de referencia que se considera para determinar la aceptación o excelencia de algo; define la calidad de algo para ser considerado adecuado o inadecuado y proporciona orientaciones para interpretar los resultados de una evaluación

2.2 Métodos de aprendizaje

Por métodos de aprendizaje entendemos procesos de formación que abarcan y estructuran una acción formativa completa. Si bien el más habitual es el método expositivo o clase magistral o existen otros métodos capaces también de estructurar una acción formativa de principio a fin, diseñados para aumentar el interés de los alumnos y promover su compromiso con el proceso de aprendizaje, como el aprendizaje por proyectos o el método del caso. Estos métodos son formas de diseñar acciones formativas completas (un curso entero, un módulo o una unidad de un módulo), y cada uno de ellos, partiendo siempre de los objetivos de aprendizaje iniciales, tiene su propia manera de ordenar y dar sentido a los contenidos, las actividades y las pruebas de evaluación de que se compone la acción formativa. Las actividades o prácticas tienen un interés especial, ya que son los ensayos de las destrezas que la acción formativa quiere transmitir. Hay actividades de eficacia probada que promueven la participación y la compartición de experiencias que son necesarias en la formación en entornos profesionales. A continuación se exponen cinco métodos de aprendizaje:

- Aprendizaje basado en escenarios prácticos.
- Aprendizaje cooperativo.
- Aprendizaje por proyectos.
- Método del caso.
- Método expositivo.

2.2.1 Aprendizaje cooperativo

El aprendizaje cooperativo es “... un enfoque interactivo de organización del trabajo en el aula según el cual los alumnos aprenden unos de otros así como de su profesor y del entorno” (Lobato, 1998) [9]

Los trabajos prácticos como formadores de competencias, una experiencia con estudiantes de ingeniería

La metodología de aprendizaje cooperativo: un grupo pequeño y heterogéneo de estudiantes colaboran en la consecución de los objetivos de aprendizaje por parte de todos y cada uno de los participantes a partir de una propuesta de trabajo determinada.

El éxito de cada alumno depende de que el conjunto de sus compañeros alcancen las metas fijadas. Los incentivos no son individuales sino grupales y la consecución de las metas del grupo requiere el desarrollo y despliegue de competencias relacionales que son clave en el desempeño profesional.

Una experiencia de implementación de Metodología de aprendizaje cooperativo en la FICA de la Universidad Nacional de San Luis.

En nuestra tarea cotidiana es común encontrar en los estudiantes dificultad para la interpretación de consignas como así también cierta resistencia hacia la lectura profunda que permita identificar los diversos elementos que componen el planteo problemático y cuya interpretación y resolución conduce a la solución del problema. Así mismo, muchas veces las respuestas son recortes y carecen de lectura del contexto y relaciones causales. También es común notar que los estudiantes rápidamente solicitan la asistencia, aún antes de intentar soluciones.

Relatamos a continuación una experiencia de implementación de metodologías de enseñanza aprendizaje colaborativa para el fortalecimiento de competencias genéricas y transversales, además de las competencias específicas.

La materia en la que se llevó a cabo la experiencia, se encuentra en el 1º año primer cuatrimestre, no tiene requisitos previos para su cursado, en los últimos 3 años el promedio de alumnos fue 235 y si bien se encuentra bajo distintas denominaciones en la currícula de 6 carreras de ingenierías: Electrónica, Electromecánica y Mecatrónica bajo la denominación Computación I; Química y Alimentos bajo la denominación Fundamentos de Informática e Ingeniería Industrial bajo la denominación Computación, cuenta con un programa cuyos contenidos comunes es superior al noventa por ciento, cursando los alumnos en grupos en los que confluyen de las distintas áreas disciplinares. Cabe mencionar que a pesar de contar con un programa común se busca orientar los prácticos en función de las distintas disciplinas o ser abarcativos de diversas temáticas afines.

En el trabajo práctico “Introducción a la informática, búsqueda, selección de información, uso de software basado en Web”, la propuesta consiste en mediante el trabajo colaborativo, grupal buscar y seleccionar información para la posterior construcción de líneas de tiempo y glosario sobre la temática asignada. Particularmente en la introducción al trabajo para las carreras Ingeniería Electrónica, Electromecánica y Mecatrónica, se plantea *“La tecnología avanza e impacta en gran parte de las actividades humanas, en este práctico buscamos no solo conocer cómo avanza la tecnología sino también cuáles son los avances de las distintas ciencias que permiten que esto suceda, en qué contextos sociales e históricos se producen estos cambios y los impactos que los mismos producen”*; en la correspondiente introducción para las Ingenierías Química y Alimentos, se plantea *“El descubrimiento de nuevos materiales más resistentes, más conductores, más livianos favorece el avance de la tecnología y la creación de nuevos y más eficientes artefactos electrónicos. Cuáles son esos materiales, qué materiales se usan en los distintos componentes de hardware, como se producen esos avances; son algunas de las cuestiones que buscamos responder en este práctico”*, mientras que a los alumnos de Ingeniería Industrial se les plantea *“La tecnología avanza e impacta en gran parte de las actividades humanas, en este práctico buscamos no solo conocer cómo avanza la tecnología y cómo con estos avances modifican las tareas de gerenciamiento, el*

Los trabajos prácticos como formadores de competencias, una experiencia con estudiantes de ingeniería

manejo de la información y las formas de producción, sino también cuáles son los avances de las distintas ciencias que permiten que esto suceda, en qué contextos sociales e históricos se producen estos cambios y los impactos que los mismos producen”.

Además de esto los temas asignados para la realización de las Líneas de Tiempo también varían por disciplina.

En este trabajo práctico se busca fortalecer:

- a. Competencias básicas o genéricas: Comprensión lectora, resolución de problemas

El planteo del trabajo práctico no consiste en una secuencia de enunciados aislados, sino en un planteo puesto en contexto en el que se definen la secuencia de tareas, el proceso a llevar a cabo para su consecución, los criterios a tener en cuenta para evaluación.

- b. Competencias Transversales: autonomía en el aprendizaje, relaciones interpersonales

Por tratarse de un trabajo grupal se ponen en juego las capacidades para relacionarse y comunicarse y desempeñar roles dentro del grupo. Por otro lado los estudiantes deben aplicar criterios para la selección de la información y si bien son acompañados por el equipo docente, se estimula la toma de decisiones del grupo. También se propone el uso de software colaborativo online para la comunicación en el grupo, mientras que para construcción de la línea de tiempo y el glosario, también se propone el uso de herramientas colaborativas y si bien se trata de herramientas cuyo uso es intuitivo las mismas se presentan en Idioma inglés y se busca que los alumnos lleguen a adquirir destreza en su uso mediante la exploración de las estas, siempre asistidos por los docentes.

- c. Competencias específicas: Búsqueda y selección de la información, uso de software basado en Web. Comprensión de la importancia de la computadora en el ámbito de la ingeniería.

Se propone a los estudiantes la aplicación de búsquedas avanzadas usando diversos criterios combinados.

Evaluación.

Cuando se decidió aplicar una metodología de enseñanza aprendizaje colaborativa mediada por TIC para este tema, mientras se elaboraba se determinó claramente la necesidad de aplicar una metodología de evaluación acorde a la propuesta, por esto la evaluación de la actividad incluye; evaluación del proceso llevada a cabo por los docentes, autoevaluación por parte del grupo (Tabla 1: Ítems para la autoevaluación del grupo) y coevaluación o evaluación por pares entre distintos grupos (Tabla 2: Ítems para la evaluación por pares)

Criterio	Desempeño bajo	Desempeño medio	Desempeño alto	Desempeño excelente
a. Trabajo en equipo	Fue difícil escuchar, compartir y acordar sobre el trabajo	Medianamente de pudo escuchar, compartir y acordar sobre el trabajo	Se integraron correctamente en el grupo, escuchando compartiendo y acordando sobre el trabajo	Se integraron correctamente y el producto final superó los esfuerzos individuales
b. Actitud de los integrantes	La actitud hacia el trabajo fue negativa	Algunas veces la actitud hacia el trabajo fue	La actitud hacia el trabajo fue casi siempre	La actitud hacia el trabajo fue siempre positiva

Los trabajos prácticos como formadores de competencias, una experiencia con estudiantes de ingeniería

		negativa	positiva	
c. Clima de trabajo	No hubo intercambio de información, ni puesta en común en el grupo	El intercambio de información fue insuficiente en el grupo.	La puesta en común ha sido algo insuficiente pero el clima de trabajo fue adecuado y existió la puesta en común	El clima de trabajo fue adecuado existió suficiente puesta en común e intercambio de información
d. Elaboración de tareas	Nulo o escaso grado de elaboración de tareas	Insuficiente grado de elaboración de tareas	Las tareas se han ajustado a lo solicitado. Escasa originalidad	Las tareas han sido resueltas de manera original y ajustándose a lo solicitado

TABLA 1: ÍTEMS PARA LA AUTOEVALUACIÓN DEL GRUPO

Criterio	Desempeño bajo	Desempeño medio	Desempeño alto	Desempeño excelente
a. La cantidad de eventos es acorde a la temática	Hay pocos eventos	Hay pocos eventos pero abarca todo el periodo desde la aparición de esta tecnología	Hay bastantes eventos pero no cubren todo el periodo desde la aparición de esta tecnología	Hay bastantes eventos y cubren todo el periodo desde la aparición de esta tecnología
b. En los eventos incluyo información e imágenes acordes	Hay escasa información	Hay información pero es poco relevante	Hay información relevante solo en algunos eventos	Gran parte de los eventos cuentan con información relevante
c. Incluyo Contexto histórico	No tuvo en cuenta este ítem	No hay vinculación entre el contexto y el tema	Hay poca relación entre el contexto y el tema	El contexto es muy acorde al tema
d. Incluyó el Impacto de algún avance	No tuvo en cuenta este ítem	Describe un impacto poco relevante	Describe un impacto relevante	Describe varios impactos relevantes

TABLA 2: ÍTEMS PARA LA EVALUACIÓN POR PARES

Sobre los resultados de la experiencia

Se transcriben a continuación algunos de los resultados de la experiencia motivo del presente trabajo:

Los trabajos prácticos como formadores de competencias, una experiencia con estudiantes de ingeniería

El grado de acuerdo entre la evaluación por pares y la evaluación realizada por los docentes, superó el 70% de acuerdo.

Los estudiantes pudieron valorizar el trabajo realizado por sus pares analizando aquellos aspectos solicitados, los cuales fueron seleccionados considerando que evidenciaban la adquisición de las competencias la comprensión lectora tanto en relación a las consignas como al material buscado, la autonomía en el aprendizaje y búsqueda y selección de la información esperada.

a. La cantidad de eventos es acorde a la temática (60 responses)

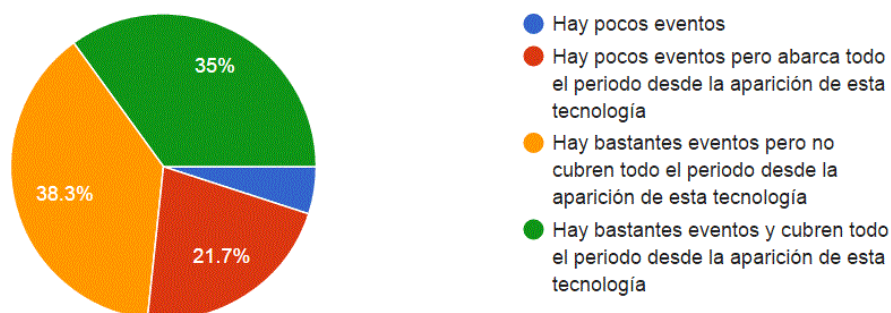


FIGURA 1: CANTIDAD DE EVENTOS

b. En los eventos incluyo información e imágenes acordes (60 responses)

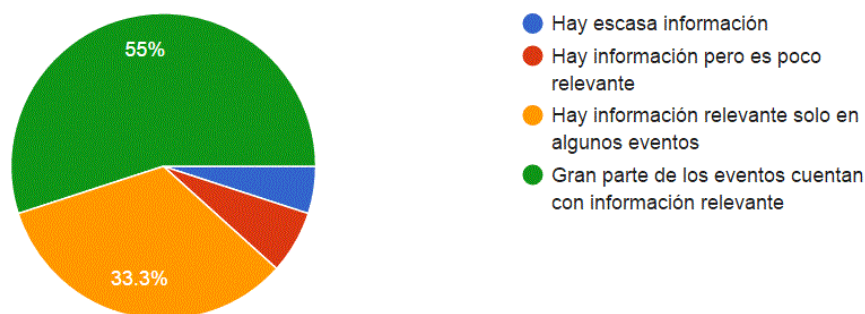


FIGURA 2: MANEJO DE LA INFORMACIÓN

c. Incluyo Contexto histórico (60 responses)



FIGURA 3: CONTEXTO HISTÓRICO

d. Incluyó el Impacto de algún avance (60 responses)

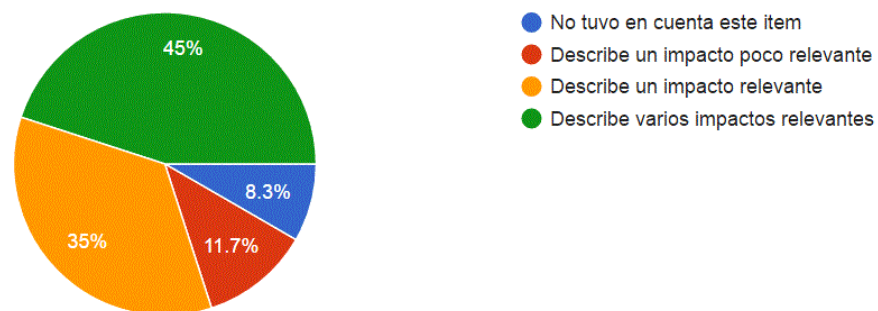


FIGURA 4: IMPACTO DE LOS AVANCES

En relación a las competencias transversales autonomía en el aprendizaje, relaciones interpersonales:

Si se analiza el ítem **Contribuciones Individuales** los resultados obtenidos fueron: 61,7 % de los estudiantes consideraron *Todos los integrantes hicieron aportes*, mientras que el 16,7 respondieron *Varios integrantes hicieron aportes* y el 21, 7 respondió *Solo algunos integrantes hicieron aportes*.

Si se analiza la respuesta al ítem **Trabajo en equipo** el 5% de los estudiantes seleccionaron *Fue difícil escuchar, compartir y acordar sobre el trabajo*, 6,7 % respondió *Medianamente se pudo escuchar, compartir y acordar sobre el trabajo* mientras que 66,7 % eligió *Se integraron correctamente en el grupo, escuchando compartiendo y acordando sobre el trabajo* y 21,7 % optó por *Se integraron correctamente y el producto final superó los esfuerzos individuales*. Lo que muestra que más del 80% de los estudiantes consideraron que pudieron integrarse y trabajar en equipo.

En el ítem **Actitud de los estudiantes** el 3,3 % de los estudiantes consideró que *La actitud hacia el trabajo fue negativa*, el 16,7% por su parte consideró que *Algunas veces la actitud hacia el trabajo fue negativa*, el 50% *La actitud hacia el trabajo fue casi siempre positiva* y el 30 % *La actitud hacia el trabajo fue siempre positiva*. Nuevamente se evidencia que los estudiantes pudieron llevar a cabo la tarea con una actitud favorable hacia los desafíos que se planteaban.

En el ítem; **Elaboración de tareas** 6,7 % consideró *Nulo o escaso grado de elaboración de tareas*, mientras que 20% consideró **Insuficiente grado de elaboración de tareas**, el 51,7 % optó por *Las tareas se han ajustado a lo solicitado. Escasa originalidad* y el 21,7% eligió la opción *Las tareas han sido resueltas de manera original y ajustándose a lo solicitado*. Lo que demuestra que más del 72% de los estudiantes estuvieron de satisfechos con los resultados obtenidos y en este ítem hubo un alto nivel de acuerdo con las evaluaciones docentes.

3. Resultados y Discusión

La implementación de metodologías de enseñanza aprendizaje que favorece la adquisición y fortalecimiento de competencias conlleva un arduo trabajo por parte del equipo docente que las implementa y más importante aún que esto, es que esto implica un cambio de paradigma respecto al rol del docente y el de los estudiantes en el proceso.

Estas experiencias resultan innovadoras para los estudiantes y si bien en el proceso de implementación se observa cierta inquietud en relación a la tarea que están llevando a cabo, una vez que sortean las etapas iniciales y logran acuerdos grupales las tareas comienzan a fluir y los desafíos son bien aceptados por parte de los estudiantes.

La tarea de evaluación cobra gran relevancia ya que lo que se busca es la comprobación en la práctica del cumplimiento de criterios de desempeño claramente establecidos.

La autoevaluación y la evaluación entre pares, ofrecen a los estudiantes la posibilidad de reflexión sobre su propia experiencia de aprendizaje, la valoración de su aporte a los grupos de trabajo, como así también una visión crítica de su proceder y de los otros integrantes.

Es notable como los estudiantes inicialmente debido a un sentido de pertenencia buscan diluir diferencias en el compromiso hacia la tarea, pero finalmente aceptan el reto y pueden recorrer caminos más objetivos y comprometidos.

Es importante recalcar que los resultados de estos procesos de evaluación deben ser transmitidos a los estudiantes, de manera que esta información ayude a hacerlos conscientes de sus fortalezas y debilidades y de aquellos retos que tendrán que enfrentar para la consecución de los objetivos.

Cabe mencionar que las competencias al de ingreso de las carreras de ingeniería, particularmente las que se definen como básicas y transversales, no alcanzan los criterios de desempeño esperado, por lo que mientras antes y desde diversos espacios curriculares se realicen aportes en este sentido, mayor será la posibilidad de los estudiantes de prosecución de sus estudios y adquisición de competencias específicas.

Finalmente cabe destacar que en la república Argentina hace ya tiempo que se discute sobre el modelo educativo basado en competencias, en este sentido el CONFEDI ha elaborado diversos documentos que abordan la temática, algunos de los cuales son referenciados en este trabajo; por otro lado es común encontrar en diversas Universidades equipos de docentes que investigan y aportan sobre la temática, a pesar de esto aún no hay decisiones políticas en relación a la adquisición del modelo educativo basado en competencias, esto lleva a que se

observen corrientes de trabajo, propuestas y definiciones que luego no se plasman en reglamentaciones e implementación de las mismas.

4. Referencias

- [1] CONFEDI Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2006). *Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la Ingeniería Argentina. Primer Acuerdo. San Juan.*
- [2] Delgado, A. M., Borge, R., García, J., Oliver, R., y Salomón, L. (2005). *Competencias y diseño de la evaluación continua y final en el Espacio Europeo de Educación Superior.* Programa de Estudios y Análisis. Ministerio de Educación y Ciencia. Dirección General de Universidades. Número de referencia: EA2005-0054.
- [3] Harvey, L. (2000). *Tertiary Education and Management*, 6, 3-17
- [4] Hughes, I. E., Hollingsworth, M., Jones, S. J., y Markham, T. C. (1997). *Knowledge and skills needs of pharmacology graduates in first employment: how do pharmacology courses measure up? Trends in Pharmacological Sciences*, 18, 111-116
- [5] CONFEDI Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2009) *Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios*
- [6] Proyecto Tuning América Latina (2007): *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina*, Informe final Proyecto Tuning-América Latina. 2004-2007. Publicaciones Universidad de Deusto.
- [7] Villardón Gallego, L *Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias* disponible en <http://revistas.um.es/educatio/article/view/153/136>
- [8] Herrera, R. (2001). *Evaluación de los Aprendizajes Escolares*. CPEIP: Santiago.
- [9] LOBATO, C. (1998): *El trabajo en grupo: aprendizaje cooperativo en secundaria*. Leioa: Servicio de Publicaciones de la Universidad del País Vasco.
- [10] <http://revistas.um.es/educatio/article/view/153/136>



III CADI
IX CAEDI
2016



INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO CINÉTICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES BIOCATALIZADOS EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO

Julia Elena Tasca, Facultad de Ingeniería-UNCPBA, jtasca@fio.unicen.edu.ar

María Cristina Grasselli, Facultad de Ingeniería-UNCPBA, cgrassel@fio.unicen.edu.ar

Verónica Elizabeth Capdevila, Facultad de Ingeniería-UNCPBA,

vero.capdevila@fio.unicen.edu.ar

Resumen— La biología constituye la base de nuevos paradigmas en ingeniería química. Esto requiere analizar y estudiar fenómenos y procesos biológicos en la síntesis química. Así, el uso de las enzimas a nivel industrial ha impactado en sectores estratégicos. La alta selectividad con la que las enzimas participan en diferentes procesos químicos catalíticos, junto a las condiciones suaves de operación de estas reacciones industriales, traen en consecuencia una producción limpia y sostenible, con ahorro de energía.

Las diferentes materias del plan de estudios de Ingeniería Química han incorporado cuestiones relacionadas con aplicaciones concretas desarrolladas en diferentes contextos (aulas, gabinete de informática, laboratorios, biblioteca).

En esta comunicación, se presenta la estrategia didáctica implementada en el módulo correspondiente a Cinética de las Reacciones Químicas en Fisicoquímica, asignatura común para las carreras Ingeniería Química y Profesorado en Química. La misma está orientada al desarrollo de competencias disciplinares, procedimentales y actitudinales relacionadas con catálisis enzimática. Esto forma parte de una estrategia de abordaje de procesos industriales; que serán retomados en las materias del ciclo superior de la carrera, permitiendo la articulación vertical de los contenidos.

La propuesta incluye la recopilación de resultados experimentales obtenidos en la asignatura Química Biológica, su complemento con el análisis del efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática; trabajando en diferentes ámbitos y permitiendo la interrelación entre cátedras y carreras.

Palabras clave— *procesos industriales, cinética, catálisis enzimática, fisicoquímica.*

1. Introducción

El perfil del Ingeniero Químico está definido en la fundamentación de la carrera en la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA [1], enmarcado en los lineamientos generales establecidos por los documentos del proceso de acreditación [2]. Esta carrera está planificada sobre la base de 31 asignaturas obligatorias, organizadas en cuatro bloques curriculares (Ciencias Básicas, Tecnologías Básicas, Tecnologías Aplicadas y Complementarias), para ser cumplimentada en el término de 5 años. Cada asignatura de régimen semestral proyecta en su

planificación un adecuado equilibrio de clases teóricas, de resolución de problemas y de experiencias de laboratorio, en coordinación con lo establecido en el planteo general de la carrera y tendiendo a la formación integral del estudiante. En este sentido, los contenidos se integran horizontal y verticalmente y existen mecanismos para la integración de docentes en experiencias educacionales comunes.

La curricula básica de las asignaturas establecidas en el plan de la carrera incluye una adecuada dosis de disciplinas científicas tradicionales que le permiten al estudiante comprender y razonar los fundamentos del funcionamiento de los equipos y la influencia de las variables operativas en las diferentes operaciones básicas [1].

Los trabajos prácticos de laboratorio juegan un papel significativo en las diferentes áreas en que se encuentran agrupadas las materias. Aproximadamente un 40% de las horas dedicadas a la formación práctica experimental de la carrera corresponde a las asignaturas del área de las tecnologías básicas. En el tiempo establecido, cada asignatura asume no sólo la transmisión y afianzamiento de conocimientos a efectos de cumplimentar los contenidos mínimos, sino que además debe comprometerse con el desarrollo y/o profundización de competencias que formarán al futuro Ingeniero, avanzando en el crecimiento de un conjunto de habilidades, destrezas y valores [3].

Así, los documentos del CONFEDI dedicados a la formación de grado del Ingeniero plantean la necesidad de incorporar el desarrollo de competencias, no solo tradicionales científico-tecnológicas, sino aquellas que involucran cuestiones sociales, políticas y actitudinales [3]. La formación universitaria en Ingeniería Química ha tenido y tiene una vocación generalista y de amplio espectro, adecuándose a los avances científicos, a las necesidades industriales y a las políticas de desarrollo sostenible. Es así que se han incorporado temas de otras áreas científico-técnicas como las cuestiones relacionadas con el medio ambiente, cuyas competencias y capacidades a intensificar se encuentran en ambos campos al mismo tiempo.

De esa manera, el egresado tendrá una sólida base que le permitirá actuar con responsabilidad y compromiso social. Para esto es necesario que a través de las distintas asignaturas, se deje establecido que el objetivo de la Ingeniería Química está centrado en la prevención y solución de problemas medioambientales y energéticos de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible.

Fisicoquímica es una asignatura que pertenece al área de ciencias básicas de la Ingeniería Química, constituyéndose en el nexo entre las materias correspondientes al ciclo básico y aquellas del ciclo superior, más específicamente entre las físicas y químicas básicas y las operaciones unitarias. El programa de la materia que es compartido por dos carreras, Ingeniería Química y Profesorado en Química, está estructurado en unidades de estudio correspondientes a bloques temáticos tales como determinación de la estructura de la materia a través de técnicas experimentales, equilibrio químico, cinética de las reacciones, fenómenos de superficie y electroquímica de equilibrio y dinámica [4]. El objetivo principal de esta asignatura es introducir al estudiante en el desarrollo conceptual de los fenómenos fisicoquímicos y su importancia en la Ingeniería Química y enseñar los métodos experimentales y de cálculo relacionados con problemas relevantes de la especialidad, poniendo énfasis en aquellos utilizados en los procesos químicos.

Actualmente, ha surgido la necesidad de reorientar los procesos químicos industriales bajo la óptica de la Química Verde y Sostenible, teniendo al “*reverdecimiento*” de los mismos como objetivo. Esto ha dado lugar a un área de desarrollo de métodos biocatalíticos que, empleando catálisis enzimática, logran reacciones rápidas y extraordinariamente selectivas, con reactivos suaves, a temperatura y presión ambiente. El concepto de alta selectividad se vincula con la

formación de cantidades mínimas de productos secundarios y con el aumento del rendimiento por la reducción de los pasos de síntesis. Simultáneamente, las condiciones de operación a temperatura y presión ambiente permiten prescindir de sistemas de calefacción, refrigeración y presurización en los reactores, minimizando el consumo energético [5]. Este tipo de catálisis ha demostrado su eficiencia en distintos campos que pueden observarse en la Tabla 1 [6].

Tabla1. Aplicaciones de la Biocatálisis en distintos sectores productivos

<p style="text-align: center;">SECTOR SANITARIO-FARMACÉUTICO</p> <ul style="list-style-type: none"> Enzimas para diagnóstico Enzimas de uso terapéutico Síntesis de intermedios y compuestos químicos de interés farmacéutico 	<p style="text-align: center;">SECTOR AGROALIMENTARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> Aromas, edulcorantes y aditivos alimentarios Aminoácidos y otras moléculas nutritivas Enzima para queserías y productos lácteos dietéticos (sin lactosa) Insecticidas y herbicidas
<p style="text-align: center;">SECTOR MEDIOAMBIENTAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Biorremediación Obtención de plásticos biodegradables Biocombustibles 	<p style="text-align: center;">PROCESOS INDUSTRIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> Detergentes Industria textil y peletera Síntesis de compuestos químicos

Fuente: Arroyo y otros [6]

Collado y Díaz [7] afirman que “las características específicas que tienen las operaciones físicas en Biotecnología requieren de una formación específica dirigida a los estudiantes que deban aprender a desarrollar procesos biotecnológicos”. El uso de materiales biológicos con características diferentes a las de las materias primas no renovables o tradicionales, es considerado uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la enseñanza.

Las particularidades de las moléculas biológicas hacen que determinadas operaciones, tradicionalmente aplicadas en Ingeniería Química no puedan usarse o necesiten condiciones de operación diferentes. Los medios biológicos conllevan modificaciones a la hora de diseñar sistemas de bombeo, agitación o mezcla, sobre las que hay que hacer hincapié durante la formación del alumno.

Los procesos biológicos suelen ser también exotérmicos y muy sensibles a la temperatura de operación y a la concentración de oxígeno disuelto, por lo que un buen conocimiento de los rasgos característicos de los procesos de transmisión de calor y del sistema de transferencia de materia resulta clave.

La naturaleza de los bioproductos generados (compuestos lábiles de un elevado valor añadido) es otro factor importante a considerar en la adaptación del diseño de los procesos. Asimismo, requieren mayor atención las operaciones de separación, las cuales deben estar basadas en principios físicos poco agresivos con el producto pero con una alta especificidad. Se hace evidente así la necesidad de formación específica para encarar distintos estudios que impliquen el empleo de bioreactores.

En general, cualquier proceso biocatalizado requiere de etapas previas al escalado industrial que suelen agruparse bajo el término “ciclo biocatalítico” (Figura 1).



Figura 1. Etapas en el escalado industrial de un proceso biocatalizado por enzimas.

Fuente: Arroyo y otros [6]

En este trabajo, se presenta la estrategia didáctica implementada en el módulo correspondiente a Cinética Química, tendiente a formar al alumno en competencias disciplinares, procedimentales y actitudinales relacionadas con catálisis enzimática.

2. Metodología

Los estudiantes como parte de esta estrategia llevan a cabo distintas actividades en diferentes contextos (aula, biblioteca, gabinete de informática, Cátedra de Química Biológica, laboratorio), bajo la coordinación de los docentes. En la Figura 2, se presenta el esquema de organización de tareas.



Figura 2. Esquema de organización de tareas en los diferentes contextos.

- **En el aula** se presenta el tema, se resuelven problemas y se realizan actividades de indagación/reestructuración [8].

En una primera etapa, los docentes realizan la presentación del tema, animando a la discusión libre y participativa de los estudiantes. Empleando preguntas orientadoras se los introduce en el estudio de la catálisis enzimática, revisando lo desarrollado previamente con relación a la cinética química. Se incluyen aquí problemáticas referidas a: determinación experimental de constantes de velocidad y órdenes de reacción; catálisis homogénea; estudio experimental de la cinética de hidrólisis de la sacarosa catalizada por ácidos; discusión del mecanismo y determinación de los órdenes de reacción a través de los métodos de la etapa limitante y del estado estacionario.

Los problemas relacionados con catálisis enzimática forman parte de un seminario sobre Cinética Química y se resuelven de manera coordinada con las demás actividades de la estrategia. Se trabajan cuestiones propuestas con varias soluciones posibles, fomentando de esta manera la reflexión y discusión de resultados.

Las actividades de indagación/reestructuración pretenden que los alumnos, con ayuda de los docentes, revisen y amplíen las ideas que se han trabajado en otros contextos y en éste. Las tareas incluyen la interpretación de textos científicos, de divulgación y provenientes del sector productivo (libros de texto, publicaciones científicas, industriales y de divulgación, web, etc.), y la discusión grupal de las ideas contenidas en los mismos mediante la argumentación. Este tipo de actividad se aplica también al análisis de artículos técnicos sobre química sostenible, y procesos industriales sostenibles y biocatalizados.

En estas actividades, los docentes ejercen el rol de guía para ayudar a los alumnos a integrar las ideas ya trabajadas con las nuevas, fomentando la discusión y dirigiéndola hacia la valoración tanto de la utilidad como de las limitaciones de las ideas surgidas en el aula.

- **En la Cátedra de Química Biológica**, los alumnos consultan a los docentes y estudiantes de esta asignatura (perteneciente a la carrera Profesorado en Química), así como las guías e

informes de los Trabajos Prácticos de Laboratorio: “Actividad enzimática” y “Cinética enzimática”, realizados por sus compañeros. En estos laboratorios se estudian las cuestiones relacionadas con las etapas del “ciclo biocatalítico”: selección, purificación y caracterización de la enzima invertasa empleada en la hidrólisis de la sacarosa. El estudio cinético lo llevan a cabo a temperatura constante preestablecida e indicada por los docentes de la cátedra.

Esta actividad favorece el intercambio de ideas con los propios autores de los informes a fin de analizar las etapas del “*ciclo biocatalítico*”, los procedimientos experimentales específicos y extraer resultados para posteriormente procesarlos aplicando la metodología propia de la fisicoquímica en estudios cinéticos.

- **En el laboratorio experimental**, diseñan y realizan actividades experimentales que les permitan completar la caracterización de la enzima, sobre la base del “*ciclo biocatalítico*” y de las actividades previas. Trabajan en equipos en el estudio del efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática de la invertasa en la hidrólisis de la sacarosa. Estas actividades incluyen la presentación de informes individuales escritos, previa discusión grupal. Los mismos contienen los resultados obtenidos a partir de las actividades desarrolladas en el contexto de la Cátedra de Química Biológica. Asimismo, establecen comparaciones con el Trabajo Práctico de Laboratorio previo de Fisicoquímica, en el que estudiaron la cinética de hidrólisis de la sacarosa catalizada por ácido. En esta comparación, no solo consideran los resultados obtenidos, sino también los aspectos procedimentales y conceptuales.

- **En el gabinete de informática** los estudiantes llevan a cabo las búsquedas de información en la web, así como el procesamiento de resultados y elaboración de informes con softwares específicos. El uso de softwares en esta asignatura forma parte del proyecto departamental como paso previo para un mejor desenvolvimiento de las materias correlativas pertenecientes al bloque de las Tecnologías Aplicadas.

- **En la biblioteca**, los alumnos consultan distintos tipos de información en la bibliografía impresa y/o virtual.

3. Resultados y Discusión

Durante el desarrollo de las tareas en distintos contextos, los alumnos aplican el fundamento teórico de la biocatálisis y lo profundizan, consolidando e integrando conocimientos de cinética química básica, contenidos de asignaturas previas, así como de una asignatura correspondiente a la carrera Profesorado en Química.

En las acciones llevadas a cabo subyacen varias competencias cuyo desarrollo resulta de interés en esta etapa de formación del estudiante. Pueden diferenciarse dos grandes grupos de competencias: científico-tecnológicas y sociales- políticas- actitudinales [3]; y un tercer grupo, las competencias medioambientales, que como se dijo, se enmarcan en la intersección entre las competencias científico-tecnológicas y las competencias sociales-políticas-actitudinales [9, 10].

Las primeras requieren pensamiento reflexivo y un razonamiento de acuerdo con un conjunto de definiciones, axiomas y reglas, dado que el estudiante debe ser capaz de aplicar sus conocimientos a la solución de problemas técnicos reales. Las segundas corresponden a la relación de los estudiantes con los demás, su propia disposición y los valores personales, interesando la responsabilidad, la honestidad y el trato respetuoso.

En cuanto a las competencias medioambientales, son buscadas particularmente en los profesionales de las empresas que buscan el llamado “talento verde”. Se trata de un saber, saber hacer y saber valorar que requiere trabajar contenidos relacionados con el medio

ambiente (natural, socio-económico y cultural) para capacitar al alumno en dar respuestas sostenibles a distintos problemas o situaciones profesionales. Por esto, es importante plantearlas en función de aquellas consideradas necesarias en su posterior desempeño como profesionales de la ingeniería química [9].

Así, en el marco de las competencias científico-tecnológicas, el estudiante desarrolla capacidad para:

- Identificar una situación como problemática, delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.
- Buscar y analizar información en diversas fuentes.
- Realizar trabajos según el contexto para inferir y verificar reglas, comprender fenómenos y efectuar mediciones.
- Usar notación y nomenclatura adecuada.
- Identificar y aplicar la información correspondiente para cada situación.
- Realizar observaciones y/o mediciones.
- Utilizar técnicas adecuadas según la situación a analizar.
- Emplear el equipamiento y softwares específicos.
- Emplear de manera eficaz los recursos disponibles.
- Manipular instrumental de laboratorio para realizar experiencias.

Respecto de las competencias sociales, políticas y actitudinales, se procura que los estudiantes vayan sociabilizando sus conductas marcando la importancia de éstas en el contexto del futuro desempeño profesional. Ellos ponen en juego componentes afectivos propios incorporando habilidades interpersonales al:

- Desempeñarse en equipos de trabajo.
- Elaborar un reporte escrito que incluya las actividades desarrolladas, los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas.
- Comunicarse con efectividad, en forma oral y escrita.
- Argumentar justificando las relaciones entre variables y las implicaciones de tales relaciones.
- Intercambiar opiniones.
- Aprender en forma continua y autónoma.

Desde la perspectiva medioambiental, teniendo en cuenta que un profesional es competente cuando actúa con eficiencia, eficacia y flexibilidad en la solución de problemas ambientales, valiéndose de su saber, se busca desarrollar capacidades para:

- Adquirir cierto dominio y versatilidad conceptual con relación a la problemática del desarrollo sostenible.
- Gestionar la información incorporando, de forma crítica, las innovaciones del propio campo profesional, analizando las tendencias de futuro.
- Integrar y articular información, conceptos y técnicas provenientes de diversos campos tecnológicos y científicos.

- Problematicar y contextualizar críticamente los asuntos ambientales.
- Identificar tecnologías emergentes.
- Evaluar la ecoeficiencia y el ecodiseño de los procesos y productos.
- Generar propuestas innovadoras y sustanciales de solución.
- Justificar y tomar decisiones relacionadas con la protección del medioambiente.
- Reconocer la importancia de trabajar en condiciones adecuadas de seguridad e higiene.
- Asumir su capacitación continua como medio de superación personal y profesional.
- Valorar la repercusión social y medioambiental de las soluciones de la ingeniería
- Trabajar en el tratamiento de emisiones y residuos, para lograr condiciones de trabajo adecuadas y preservar el medio.
- Aceptar la responsabilidad de la educación propia, en el marco de las disposiciones legales y los principios de protección del medioambiente.
- - Comprender y aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión.
- Manejar con facilidad especificaciones, reglamentos y normas.

La evaluación de los aprendizajes es un instrumento al servicio del aprendizaje y es el fundamento sobre el que debiera basarse la revisión de los procesos y métodos de enseñanza-aprendizaje aplicados. Los indicadores de logro constituyen evidencias que el docente recolecta en el desempeño y comportamiento general de los estudiantes en los diferentes contextos para establecer el grado de cumplimiento de las competencias planificadas.

Para las competencias científico-tecnológicas, se pusieron de manifiesto los siguientes logros,

- Indaga, identifica y organiza la información y datos pertinentes.
- Busca información en diversos medios, selecciona el material más relevante, hace una lectura comprensiva y crítica del mismo.
- Delimita el problema y lo formula de manera precisa.
- Relaciona e integra conocimientos de diferentes disciplinas.
- Propone alternativas de solución.
- Se informa de los alcances y limitaciones de las técnicas y las usa correctamente.
- Maneja el lenguaje propio de la disciplina.
- Encuentra y pone en práctica aplicaciones novedosas.

En función de las competencias sociales, políticas y actitudinales anteriormente indicadas, empleando rúbricas [11] se observó que el estudiante,

- Respetar los horarios.
- Participa y colabora con las tareas indicadas por el docente y/o acordadas en la distribución de tareas grupales.
- Entrega informes en tiempo y forma.
- Escucha a los demás.
- Negocia para alcanzar consensos.

Con relación a las competencias medioambientales se evaluó que el alumno:

- Compara y establece la evolución del conocimiento en el tema catálisis.
- Selecciona la solución más adecuada, teniendo en cuenta el tipo de catálisis.
- Identifica el impacto ambiental de las sustancias empleadas en su trabajo.
- Realiza sus actividades aplicando y respetando normas de higiene y seguridad.
- Valora los riesgos en el uso de sustancias químicas y procedimientos de laboratorio.
- Manipular con seguridad materiales químicos.
- Presenta propuestas de cambio para minimizar residuos.
- Profundiza los conocimientos desarrollados por el equipo docente.
- Explora material bibliográfico adicional al sugerido por el equipo docente.
- Pone en práctica las normas de seguridad e higiene en su lugar de trabajo y con sus semejantes.
- Describe situaciones de riesgo de trabajo en el desempeño de sus actividades y cómo evitarlas en su informe.
- Consulta y respeta especificaciones de uso de equipos e instrumental.
- Conoce y respeta reglamentos y normas de trabajo.

4. Conclusiones y recomendaciones

Esta metodología de trabajo constituye una estrategia de abordaje de los fundamentos fisicoquímicos de los procesos industriales que serán retomados en las materias del ciclo superior de la carrera Ingeniería Química, permitiendo la articulación vertical de los contenidos. En este marco, el personal docente de la cátedra Fisicoquímica se propone como objetivo lograr que los estudiantes consigan la integración progresiva y constante de los contenidos curriculares, y contribuir a la formación integral de los futuros Ingenieros, a través de las competencias científico-tecnológicas incluyendo las relacionadas con el medio ambiente.

Con la implementación de esta forma de trabajo, los estudiantes lograron una adecuada asimilación de saberes, identificando conceptos, encontrando las diferencias entre la hidrólisis de la sacarosa catalizada por ácidos y biocatalizada por la invertasa y adaptando los conocimientos básicos de cinética al proceso enzimático. Además, contribuyó al desarrollo de diversas competencias, pudiéndose observar que vincularon conocimientos nuevos con los previos, correlacionaron resultados, argumentaron correctamente, analizaron impacto ambiental, trabajando en equipo y comunicando adecuadamente los resultados. Por otra parte, se sintieron motivados al continuar estudios comenzados por sus compañeros en otra asignatura y por la posibilidad de profundizarlos en las asignaturas correlativas pertenecientes a las Tecnologías Aplicadas.

De esta manera, lograron establecer las potenciales aplicaciones tecnológicas de los conocimientos cinéticos básicos en el diseño de bioreactores, familiarizándose con la metodología empleada en las etapas previas al escalado industrial y con las condiciones de “producción verde”.

5. Referencias

- [1] Plan de estudio de la Carrera Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Olavarría, U.N.C.P.B.A., Resolución N° 022/04, 2004.
- [2] C. Pérez Rasetti, “Propuesta metodológica para la acreditación de Carreras de Ingeniería” CONEAU, 2002. (<http://www.coneau.edu.ar/archivos/1243.pdf>)
- [3] CONFEDI (2006). *Competencias genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la Ingeniería Argentina*. San Juan: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. 36p.
- [4] Plan de estudios analítico de la carrera de Ingeniería Química [en línea]. En: Facultad de Ingeniería UNICEN. Disponible en: http://www.fio.unicen.edu.ar/principal/carreras/grado/ing_quim/plan.html
- [5] MESTRES, R. (2013). Química Sostenible: naturaleza, fines y ámbito. *Educación Química*, México, v. 24, n. E1, p.103-112.
- [6] ARROYO, M.; ACEBAL, C; DE LA MATA, I. (2014). Biocatálisis y biotecnología. *Arbor*, España, v. 190 (768), n.4, a156, p.1-11.
doi:<http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4010>
- [7] COLLADO, S. y DÍAZ, M. (2014). Procesos físicos en biotecnología: enseñanza y diseño. *Arbor*, 190 (768), n. 4, a158, p.1-11.
doi:<http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4012>.
- [8] BRAVO, B, CAJARAVILLE PEGITO, J. A., DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M., FERNÁNDEZ BLANCO, T.; GARCÍA BARROS, S, GARCÍA DE CAJÉN, S. MARTÍNEZ LOSADA, C., PEREIRA GARCÍA, I. y , ROCHA, A. L. (2012). *Materiales didácticos para la enseñanza de las ciencias de la naturaleza en educación secundaria y bachillerato*. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 338p.
- [9] GAISCH, A., TASCA, J.E., GRASSELLI, M.C., KESSLER, T. (2014) Relación de las competencias medioambientales en la formación de grado y en el ejercicio profesional de la Ingeniería Química. II *Jornadas Nacionales de Ambiente: Trabajos completos*, Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, p.157-162.
- [10] GRASSELLI, M.C., J.E., KESSLER, T. (2012). Enfatizando las competencias medioambientales en fisicoquímica. I *Jornadas Nacionales de Ambiente: Trabajos completos*, Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, p.348-355.
- [11] GRASSELLI, M.C., TASCA, J.E., KESSLER, T. (2014). Aplicación de las rúbricas en prácticas de laboratorio de fisicoquímica. *Trabajos completos del II Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2014 y VIII Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería CAEDI 2014*, San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, p.0169-0176.

VARIABILIDADES EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS INGRESANTES A CARRERAS DE INGENIERÍA Y SU RELACIÓN CON EL ABANDONO TEMPRANO DE LA CARRERA

Juliana Gómez Pardo, Facultad de Ingeniería, UNLP, julianagomezpardo@gmail.com

Tatiana Sonia Arturi, Facultad de Ingeniería, UNLP, tatiana.arturi@ing.unlp.edu.ar

Rossana Di Domenicantonio, Facultad de Ingeniería, UNLP, rossanadido@ing.unlp.edu.ar

Marcos Actis, Facultad de Ingeniería, UNLP, mactis@ing.unlp.edu.ar

Resumen— La deserción es una problemática a atender por las políticas de gestión universitaria y la posibilidad de poder identificar a aquellos estudiantes que tienen mayor probabilidad de abandonar la carrera durante el primer año de estudio es una contribución importante para aquellos programas que tengan por finalidad definir acciones que minimicen los factores de deserción.

Con esta motivación, se analizó el rendimiento académico de dos cohortes de alumnos ingresantes, en función del perfil del alumnado y se analizó si existe correlación entre dicho rendimiento y el abandono posterior de la carrera. Para ello, se estudió el desempeño de los alumnos ingresantes de la FI-UNLP en función del lugar de procedencia (país, región), edad, sexo, tipo de escuela de procedencia y carrera elegida, y su continuidad en el siguiente semestre de la carrera.

Los resultados obtenidos sugieren que algunas de las variables analizadas, como la edad, el lugar y la escuela de procedencia influyen en el desempeño en el curso de nivelación. La alta correlación encontrada entre el rendimiento académico y la deserción temprana muestran que dicho resultado académico impacta fuertemente en la decisión del estudiante de abandonar los estudios. Este análisis plantea hipótesis que permiten establecer acciones de detección de estudiantes que necesiten algún programa de apoyo pues se identifican como aquellos con una mayor probabilidad de abandonar los estudios.

Palabras clave— *ingresantes, rendimiento académico, abandono temprano, curso de nivelación*

1. Introducción

La preocupación por el desempeño de los alumnos ingresantes a carreras universitarias, que surge de numerosos y desfavorables indicadores de deserción y bajo rendimiento académico [1], ha llevado a las universidades del país a investigar las causas que subyacen en esta problemática. La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (FI-UNLP), que posee en la actualidad una oferta académica de doce carreras de ingeniería, no es ajena a esta situación.

Diversas características de los alumnos ingresantes han sido consideradas por diferentes autores a la hora de relacionarlas con el rendimiento académico, desde las características actitudinales, intelectuales y de la personalidad del alumno hasta los aspectos motivacionales y de percepción personal de los estudiantes durante el transcurso de la carrera, así como también razones de ingreso a la misma [2]. Otros autores han estudiado cómo la pertenencia a

un cierto sector socioeconómico o características personales del alumno, tales como, edad, sexo y lugar de procedencia, pueden relacionarse y a su vez explicar el rendimiento académico [3].

En la UNLP las distintas unidades académicas abordan la problemática del ingreso a las carreras con diferentes mecanismos y estrategias. En algunas facultades el ingreso de los alumnos a la carrera es directo y en otras, se realizan cursos de nivelación¹ con evaluaciones previas al inicio de la carrera, como es el caso de la FI-UNLP. El objetivo de realizar este curso es nivelar a los alumnos en los diferentes contenidos y habilidades requeridas para iniciar con éxito las primeras materias de la carrera, además de prepararlos para su rol de estudiantes universitarios.

El presente trabajo plantea diferentes interrogantes y pretende analizar los datos y relaciones entre ellos para pensar estrategias y alternativas que redunden en un mejoramiento en la calidad de la enseñanza: ¿Qué explica las variabilidades en los rendimientos académicos de los ingresantes? ¿Qué razones pueden incidir en el abandono temprano de los alumnos? ¿Existen parámetros que la facultad pueda optimizar para un mejor rendimiento de los ingresantes? ¿Las características del perfil de los alumnos pueden incidir en su rendimiento? ¿El cambio de ciudad de residencia familiar para su estudio incide en su rendimiento?

Para analizar datos y elaborar estadísticas preliminares se utilizó información de ingresantes de la FI-UNLP, y se analizó el desempeño y rendimiento académico de los alumnos en función del lugar de procedencia (país, región), edad, sexo, tipo de escuela de procedencia y carrera elegida, el perfil del ingresante, entre otros. También se analiza la relación del desempeño en el ciclo inicial en sus diferentes instancias y la continuidad en el estudio.

Algunos autores consideran el bajo rendimiento académico como un tipo de abandono, que contribuye al aumento de la deserción estudiantil en las instituciones de educación superior [4]. Al caracterizar los estudiantes con diferentes rendimientos académicos, se espera obtener un insumo para la definición o redefinición de estrategias que favorezcan y contribuyan a fortalecer en los alumnos ingresantes los diferentes medios que ofrece la Universidad a sus estudiantes, tanto en lo académico, como en lo económico y de bienestar dentro de la institución.

El objetivo principal del trabajo es estudiar la relación entre las características de los ingresantes y su rendimiento en el curso de nivelación y analizar si dicho rendimiento tiene o no influencia en el abandono temprano de los alumnos a la carrera.

2. Materiales y Métodos

La población analizada estuvo integrada por los alumnos ingresantes a la Facultad en los años 2014 y 2015 correspondientes a once de las doce carreras que posee la Facultad. La carrera de Ingeniería en Computación no se puede comparar con las once restantes ya que es una carrera que se dicta por dos facultades y por ello tiene regímenes diferentes en cuanto al ingreso. Queda como trabajo pendiente para un próximo artículo.

La información sobre las características socioeducativas y el desempeño académico de los alumnos fue obtenida del sistema informático de gestión académica, SIU Guaraní², que en esta unidad académica es el único medio desde el año 2006, según la resolución N° 377/2008

¹ Ordenanza sobre ingreso y ciclo de nivelación en la Facultad de Ingeniería de UNLP N° 1-2-027-01-2016

² <http://comunidad.siu.edu.ar/> ; Módulo de gestión académica: <http://www.siu.edu.ar/siu-guarani/>

y del sistema de encuestas, SIU Kolla³. Se analizó en algunos casos, cohortes anteriores para estudiar la tendencia y poder realizar comparaciones.

El motivo de analizar las cohortes de los años 2014 y 2015 radica en la implementación de un proceso instaurado en la institución con dichos ingresantes. Parte de este proceso consistió en la organización y puesta en marcha de las inscripciones al curso de nivelación por parte de los alumnos a través del sistema SIU Guaraní, que se logra implementar dado que los alumnos ingresantes obtienen su número de legajo desde el momento en que se inscriben en la Facultad. Anteriormente no se realizaba dicha inscripción previa al curso. Este proceso se complementó con una concientización de los estudiantes y de los grupos de trabajo (docentes y no docentes) que los reciben en el nuevo ámbito académico. Se realizaron videos demostrativos e instructivos impresos, además de la coordinación y organización en comisiones de los aproximadamente 1200 alumnos que realizan cada año dicho curso de nivelación. Este proceso se fue optimizando cada año, y de esta manera los directivos y coordinadores poseen un monitoreo por sistema de cómo funcionan los primeros cursos que realizan los alumnos ingresantes al llegar a esta ciudad.

Los contenidos del curso de Nivelación son: (1) Conjuntos Numéricos, (2) Ecuaciones, Polinomios y Fracciones algebraicas, (3) Recta, Cónicas y Sistemas de Ecuaciones y (4) Trigonometría. En el link de Ingresantes de la página web de la facultad⁴ se puede obtener mayor información sobre las diferentes modalidades implementadas cada año, condiciones de inscripción, cronograma o material de estudio.

Los alumnos ingresantes a la facultad deben aprobar el curso de nivelación, condición que los habilita a cursar con mayores oportunidades de éxito, los contenidos de las asignaturas de matemática de los primeros semestres. Los alumnos que no alcanzan a nivelar los conocimientos básicos mencionados tienen la oportunidad de volver a realizar el curso con otra modalidad e intensidad hasta alcanzar dichos objetivos, durante el resto del año lectivo. Una vez logrado el objetivo necesario de aprobación podrán comenzar en el 1° o 2° semestre del año a cursar Matemática A, ya que es una materia que se repite en ambos semestres del ciclo lectivo.

Las modalidades durante los años analizados para realizar el Curso de Nivelación (CUNIV) son: A y B⁵. En modalidad A, la Facultad ofrece durante el segundo semestre del año previo inscribirse en la carrera, un curso de nivelación a distancia y otro presencial, dependiendo del lugar de residencia y la distancia a la ciudad de La Plata. Aquellos alumnos que no lograron los objetivos o no aprobaron la evaluación libre (en Diciembre de cada año), deberán realizar el Curso de Nivelación en la Modalidad B, que es un curso intensivo con los mismos contenidos pero con mayor carga horaria semanal que la anterior modalidad.

- ✓ Modalidad A (presencial): De Septiembre a Noviembre, con tres clases semanales de 2 hs cada una
- ✓ Modalidad B1: de enero hasta de febrero, con clases de lunes a viernes de 5 hs cada una
- ✓ Modalidad B2: durante los meses marzo a julio, tres veces por semana, 3 horas por día.

³ Módulo de gestión de Encuestas: <http://www.siu.edu.ar/siu-kolla/>

⁴ <http://www.ing.unlp.edu.ar/ingreso/>

⁵ Actualmente (año 2016) se produjeron cambios de modalidades según reglamentación vigente

El rendimiento académico se evaluó según la aprobación del CUNIV y paralelamente se realizó un seguimiento de los alumnos teniendo en cuenta las inscripciones a materias en el semestre siguiente al CUNIV.

3. Resultados y Discusión

En la facultad de ingeniería se inscribieron 1221 alumnos para iniciar la carrera en el año 2014 y 1345 alumnos para el año 2015, de las once especialidades: Ing. Hidráulica, Ing. Mecánica, Ing. Química, Ing. Aeronáutica, Ing. Electricista, Ing. Electrónica, Ing. Industrial, Ing. en Materiales, Ing. Electromecánica, Ing. Civil e Ing. Agrimensor.

Del análisis de las actas de notas finales del CUNIV correspondientes se observa un porcentaje de aprobados del 62% y 69% respectivamente (Tabla 1), considerando las instancias previas al comienzo de los periodos lectivos 2014 y 2015 (Modalidad A y B1).

Tabla 1. Detalle de Aprobados, Desaprobados y Ausentes CUNIV 2014 y 2015 (Modalidad A y B1).

Año	2014		2015	
Condición	Nº Alumnos	Porcentaje	Nº Alumnos	Nº Alumnos
Inscriptos FI	1221		1345	
Inscriptos CUNIV	1029	100 %	1130	100 %
Aprobados	634	62%	784	69 %
Desaprobados	200	19%	154	14%
Ausente	195	19%	192	17 %

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del Siu Guaraní

Se puede observar en el análisis cuantitativo realizado que si bien la cantidad de alumnos inscriptos a la facultad viene aumentando, (tendencia observada en los últimos cuatro años) la cantidad de alumnos que luego de inscribirse a la Facultad no realiza ninguna actividad académica, se mantiene estable en porcentaje (16% en ambos periodos). También observamos que el número de alumnos que se inscribe al CUNIV y no asiste se mantiene relativamente constante de un año al otro.

Analizando el rendimiento académico final en las diferentes instancias del curso de nivelación (Tabla 2) se puede distinguir diferencias entre las diferentes modalidades: A y B1, que cursan previo al año lectivo correspondiente y alumnos del B2 que lo hacen durante el primer semestre y comienzan las materias de su carrera en el segundo semestre del año en caso de aprobarlo.

Los alumnos que deben volver a tomar un curso, habitualmente llamados recursantes, son un grupo heterogéneo de estudiantes, que vuelve a cursar a causa de haber reprobado o abandonado oportunamente. Estudios detectan, en promedio, un menor rendimiento en este tipo de alumnos [5], como el que se registra en nuestro caso.

Tabla 2. Rendimiento académico final de los alumnos según las diferentes modalidades (A, B1 y B2)

Año	2014		2015	
Condición	Nº Alumnos	Porcentaje	Nº Alumnos	Nº Alumnos
Modalidad A y B1				
Inscriptos	1029	100%	1130	100%
Aprobados	634	62%	784	69%
Modalidad B2				
Inscriptos	273	100%	271	100%
Aprobados	93	34%	82	30%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del Siu Guaraní

Si se desagregan los datos por especialidad (Tabla 3) y se analizan la cantidad de alumnos que aprueban el curso de nivelación, las carreras que registran menor porcentaje de aprobados son Ing. Agrimensor en la cohorte 2014 e Ing. Electricista en la cohorte 2015. Los alumnos inscriptos en la especialidad Ingeniería Electricista presentaron también un bajo porcentaje de aprobados en el año 2014.

Las carreras que en ambos años registran el mayor porcentual de aprobados respecto de la cantidad de alumnos inscriptos son: Ing. Química e Ing. en Materiales seguido por Ing. Industrial según orden del índice calculado, en ambos periodos.

Tabla 3: Relación porcentual de alumnos inscriptos y aprobados según la especialidad

Año	2014			2015		
Especialidad	Nº Total Alumnos	Alumnos aprobados	Porcentaje aprobados	Nº Total Alumnos	Alumnos aprobados	Porcentaje aprobados
Ing. Hidráulica	21	15	71%	15	10	67%
Ing. Mecánica	117	66	56%	111	70	63%
Ing. Química	122	92	75%	155	122	79%
Ing. Aeronáutica	93	61	66%	113	69	61%
Ing. Electricista	32	17	53%	19	7	37%
Ing. Electromecánica	79	37	47%	85	59	69%
Ing. Electrónica	104	56	54%	107	67	63%
Ing. Industrial	193	138	72%	201	148	74%
Ing en Materiales	17	13	76%	38	28	74%
Ingeniería Civil	187	114	61%	231	169	73%
Ing. Agrimensor	65	25	38%	55	35	64%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del Siu Guaraní

Para analizar la dependencia entre rendimiento académico y el abandono en el primer año de la carrera, se observaron las inscripciones de los alumnos ingresantes en el primer semestre de

los años 2014 y 2015. En la Figura 1 se muestra el porcentaje de alumnos de las distintas especialidades que no presentaron inscripciones en el primer semestre de los periodos estudiados y, eventualmente no continuaron sus estudios.

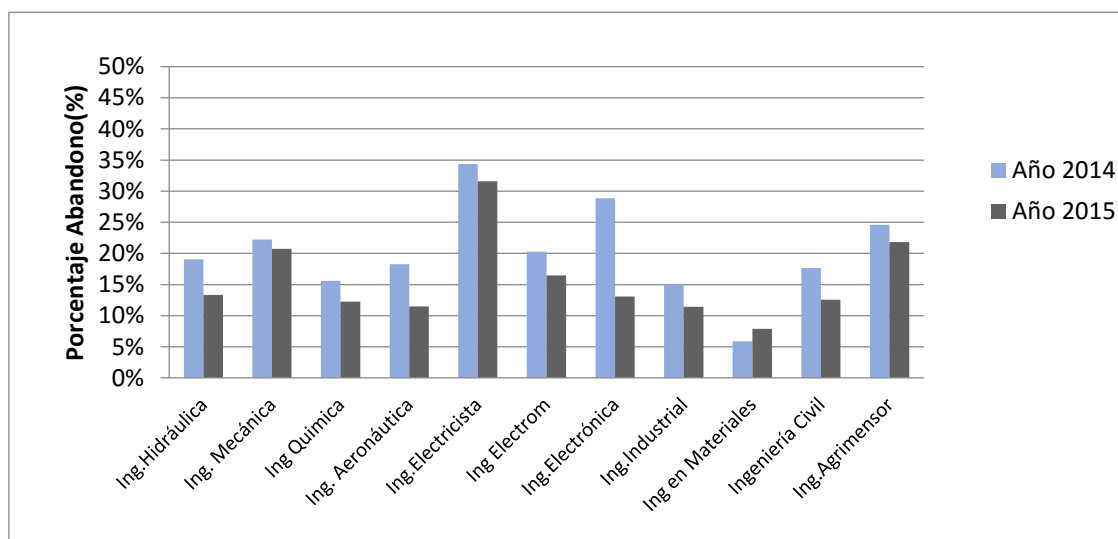


Figura 1: Comparación cuantitativa del porcentaje de abandono del CUNIV según especialidad.

Fuente: elaboración propia

Las especialidades Ing. Química, Ing. en Materiales e Ing. Industrial presentan los menores porcentajes de abandono mientras que Ing. Electricista, Ing. Agrimensor e Ing. Electrónica presentaron los mayores porcentajes de abandono en las cohortes 2014 y 2015. Esto concuerda con los porcentajes de alumnos que aprobaron el CUNIV (Tabla 1) y, en principio, pareciera haber una fuerte relación entre el rendimiento académico y la deserción del alumnado.

3.1 Relación entre el género, la edad y la condición académica final del CUNIV

Analizando la proporción de mujeres inscriptas en los años estudiados se evidencia un aumento (24,7% y 26,4%) ligeramente superior al 22% alcanzado en el año 2011. Si se analiza cada año en el último quinquenio, se observa una tendencia similar en población estudiantil femenina, con altos y bajos y un promedio de inscriptas del 24,6%.

La condición académica final del alumnado según el género durante el período 2014-2015 puede visualizarse en la Figura 2.

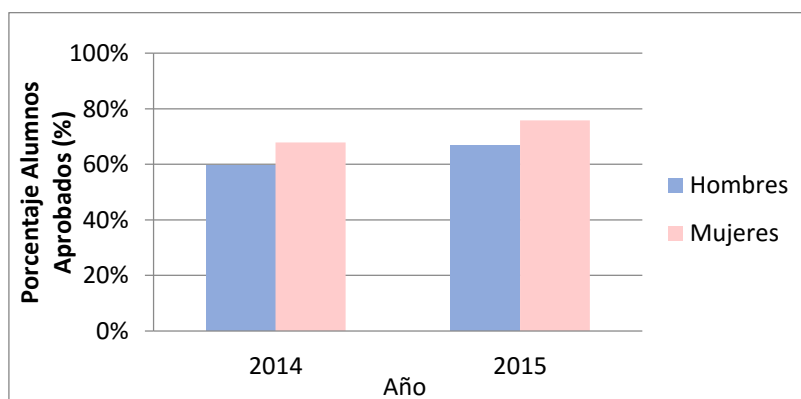


Figura 2: Comparación cuantitativa del porcentaje de aprobación del curso de ingreso por género

Fuente: elaboración propia

En los periodos 2014 y 2015 se advirtió que el porcentaje de los aprobados de población estudiantil femenina superaba en un 8,3% y un 8,9% el porcentaje de los aprobados de población masculina. Se destaca el mayor rendimiento académico observado en las alumnas durante el periodo estudiado, coincidiendo con lo reportado por Di Gresia y col [6] y Porto y Di Gresia [7], quienes adjudican este resultado “a que quizás las mujeres estén más motivadas para el trabajo académico y/o desarrollar habilidades académicas”. Si el análisis se realiza por año, se observa que la tendencia es similar para ambos periodos.

El análisis de abandono por genero muestra que las mujeres cuyos rendimiento en el CUNIV fueron mayores, presentan un porcentaje de abandono 15% y del 12% para el primer semestre de los años 2014 y 2015, menor al porcentaje de abandono observado de la población masculina que fue del 21% y 15% respectivamente.

Las edades de los alumnos de las cohortes en cuestión, se encuentran en su mayoría entre 17 y 19 años, lo cual estaría indicando que un grupo importante ingresó a la universidad inmediatamente de egresar del Nivel Secundario. El atributo Edad de Ingreso afecta negativamente: cuanto mayor es el alumno su rendimiento es menor, como se puede observar en la Figura 3.

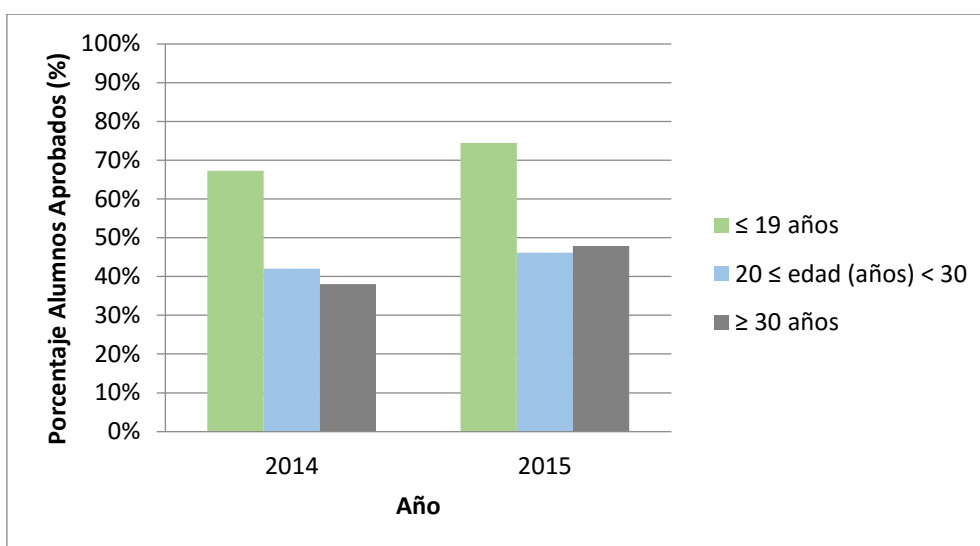


Figura 3: Porcentaje de aprobados según el rango de edad

Fuente: elaboración propia

Además la edad parece ser un factor determinante para explicar el abandono durante los primeros años de estudios. En los años 2014 y 2015, los alumnos mayores de 30 años que se inscribieron al CUNIV y no se registraron inscripciones en el semestre sucesivo fue del 63% y 48% respectivamente, y en los alumnos que ingresan a la universidad con edades entre 19 y 30 años fue del 35% y 32% y del 14% y 10% en aquellos que lo hacen con menos de 19 años. El análisis de la cohorte 2014 refleja una estrecha relación entre el rendimiento en el CUNIV y la deserción, sin embargo en la cohorte 2015 los alumnos ingresantes con edades entre 20 y 30 años presentan un rendimiento menor que los mayores de 30 años y una deserción también menor. Esto evidencia que existen numerosos factores que contribuyen a que el alumno que comienza la universidad a una edad avanzada abandone rápidamente los estudios. Bean y Metzner [8] sugieren a que la deserción temprana se debe a que esta población asiste a la universidad a tiempo parcial y que los estudiantes mayores tienen estructuras de apoyo diferentes a las de los jóvenes y, en consecuencia, tienen interacciones limitadas con otros grupos dentro de la comunidad universitaria.

3.2 Relación entre el colegio de procedencia y la condición académica final en CUNIV

Díaz y col [9] sostiene que el rendimiento académico previo a la universidad constituye uno de los indicadores con mayor capacidad predictiva en el rendimiento académico en estudiantes universitarios y tiene mucho que ver la calidad educativa de la institución de la que proviene el estudiante.

En los últimos años se ha producido en Argentina un crecimiento de las ofertas educativas de instituciones privadas, que surgieron con el aparente objetivo de brindar un servicio educativo de mejor calidad [10]

Con referencia a la escuela secundaria de origen, el porcentaje de estudiantes en nuestra Facultad que provino de una institución privada fue de 51% en el 2014 y 53% en el 2015. El resto procedió de colegios de gestión estatal, de los cuales alrededor de un 5% corresponden a las 3 escuelas secundarias dependientes de esta universidad, 15% a escuelas técnicas y el resto a colegios de dependencia provincial.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que los colegios de dependencia de esta Universidad poseen los mejores rendimientos en el CUNIV, le siguen las instituciones educativas privadas y por último las escuelas técnicas seguidas por los colegios de dependencia provincial como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Rendimiento final según tipo de colegio de procedencia

Año	2014			2015		
Tipo de Institución	Nº Total Alumnos	Nº Alumnos Aprobados	Porcentaje Aprobados	Nº Total Alumnos	Nº Alumnos Aprobados	Porcentaje Aprobados
Estatal	503	256	51%	533	316	59%
UNLP	56	49	88%	64	58	91%
Técnica	153	97	63%	162	97	60%
EES ⁶	294	110	37%	307	161	52%
Privada o Subvencionada	527	378	72%	595	467	78%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del Siu Guaraní

En coincidencia con lo encontrado por Porto y Di Gresia (2004), Di Gresia y col (2002) y Valdivieso y col (2002) los estudiantes de nuestra Facultad que proceden de colegios de gestión no estatal (privados) obtienen mejores resultados al inicio de la universidad. Según los mencionados autores este resultado es explicado por los supuestos menores niveles de calidad de la educación pública básica.

También observamos que existe una estrecha relación entre el rendimiento final obtenido en el CUNIV y probabilidad de abandonar sus estudios. El 95% de alumnos provenientes de colegios dependientes de la UNLP registran inscripciones a materias del semestre sucesivo a ambos años estudiados, el 87% y 90% alumnos provenientes de colegios de dependencia privada, el 79% y 83% de alumnos que estudiaron colegios técnicos y el 67% y 79% de alumnos que finalizaron sus estudios colegios provinciales continuaron sus estudios en los semestres sucesivos al CUNIV 2014 y 2015 respectivamente. Por lo tanto, observamos que en general el abandono temprano de alumnos provenientes de colegios provinciales duplica a la

⁶ Escuelas de Educación Secundaria Superior (se consideraron todas las escuelas que no sean Técnicas ni de la UNLP y son estatales)

cantidad de alumnos provenientes de escuelas privadas que abandonan sus estudios, en concordancia con el rendimiento observado.

3.3 Lugar de procedencia y residencia de los estudiantes inscriptos a FI y su relación con la condición académica final en el CUNIV

Cada año es mayor el número de alumnos extranjeros que se anotan para carreras de grado y posgrado en la UNLP. Los alumnos que llegan del extranjero a estudiar ingeniería son originarios principalmente de países Latinoamericanos (Perú, Colombia, Bolivia y Paraguay) como se puede observar en la Figura 4.

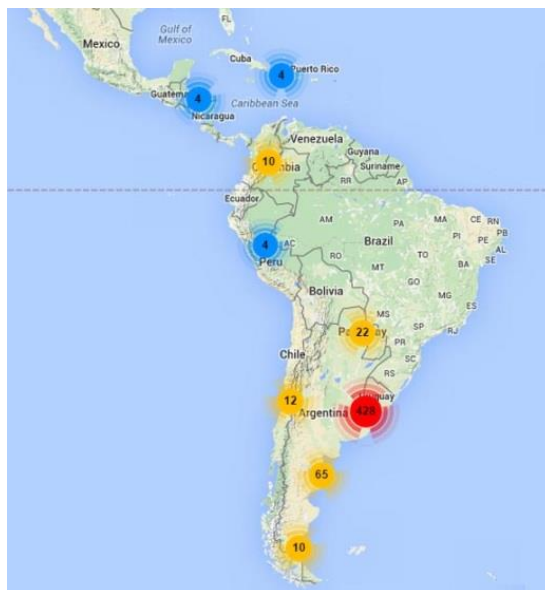


Figura 4: Distribución geográfica de los alumnos extranjeros que se inscriben a la FI-UNLP
Fuente: elaboración propia con la plataforma Pentaho⁷

Si se analiza cada año en el último quinquenio el número de extranjeros aumento del 7,2% a 10,6%. Estos alumnos se inscriben principalmente en la carrera Ing. Aeronáutica (31,1%), Ing. Hidráulica (13,3%) e Ing. Electricista (11,4%).

El análisis y estudio de la condición académica final en el CUNIV 2014 y 2015 muestran que la nacionalidad argentina tiene un efecto positivo, esto es, los extranjeros muestran, en general, un desempeño menor. Los porcentajes de aprobación de los alumnos de procedencia extranjera que fue 40% en el 2014 y 56% en el 2015, mientras que los de procedencia nacional fue del 64% en el 2014 y del 71% en el 2015. Este resultado, podría deberse a que los alumnos extranjeros tal vez enfrenten problemas de adaptación (especialmente con las costumbres y el lenguaje) o simplemente sufran el desarraigo y ello dificulte su aprendizaje [11].

Comparando el rendimiento de las nacionalidades mayoritarias en el CUNIV (Figura 5), se puede ver que los alumnos oriundos de Colombia presentaron el mayor porcentaje de aprobación en el año 2014 y dicho porcentaje se mantuvo aproximadamente constante en el año 2015. Sin embargo ese mismo año, se observó un mayor rendimiento de los alumnos provenientes de Perú y Paraguay. En ese año, se identificó también que aproximadamente el 50% de alumnos nativos de estos dos países informaban proceder de Argentina, por lo que, residían en Argentina antes de iniciar sus estudios en FI-UNLP.

⁷ Plataforma para la elaboración de informes, procesos de minería de datos, con datos del Siu Guaraní. <https://reportes.cespi.unlp.edu.ar/>

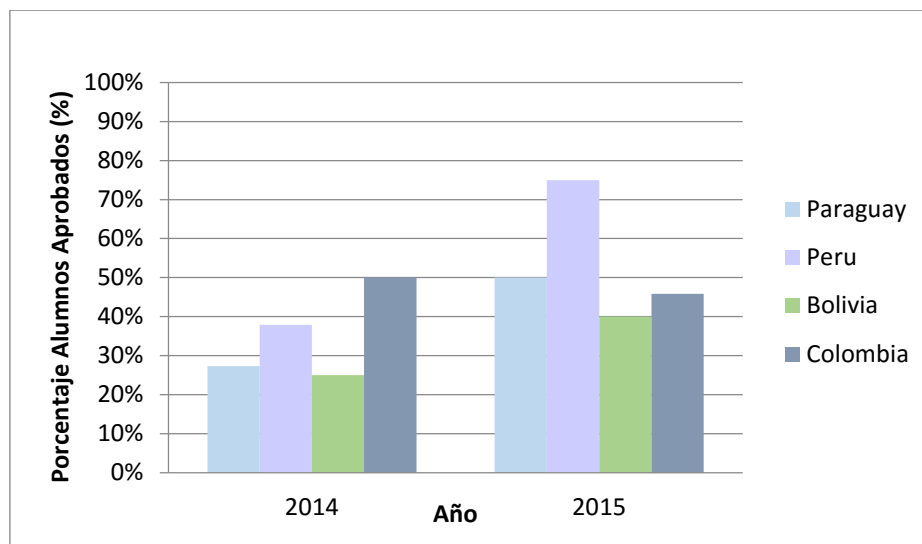


Figura 5: Rendimiento académico de los alumnos extranjeros

Fuente: elaboración propia

Al analizar la cohorte 2015 se pudo ver que a pesar que los alumnos extranjeros presentan un rendimiento destacadamente inferior el porcentaje de abandono no muestra variaciones significativas, los alumnos de nacionalidad argentina que no presentaron inscripciones en el semestre sucesivo al CUNIV 2015 fue un 14% del alumnado mientras que los extranjeros fueron un 11%, respectivamente. En este caso, el rendimiento académico no pareciera ser un factor para explicar el abandono el primer año de estudios. Por el contrario en la cohorte 2014, el porcentaje de abandono de alumnos extranjeros fue el doble que la deserción de alumnos de nacionalidad argentina, en concordancia con el rendimiento académico.

Sumado al incremento año a año de la población estudiantil de extranjeros, la UNLP recibe cada año a un gran número de estudiantes del interior de la provincia, de otras jurisdicciones de Argentina. La FI-UNLP recibe todos los años a jóvenes de diversos puntos de Argentina, principalmente de la provincia de Buenos Aires como se muestra en la Figura 6.

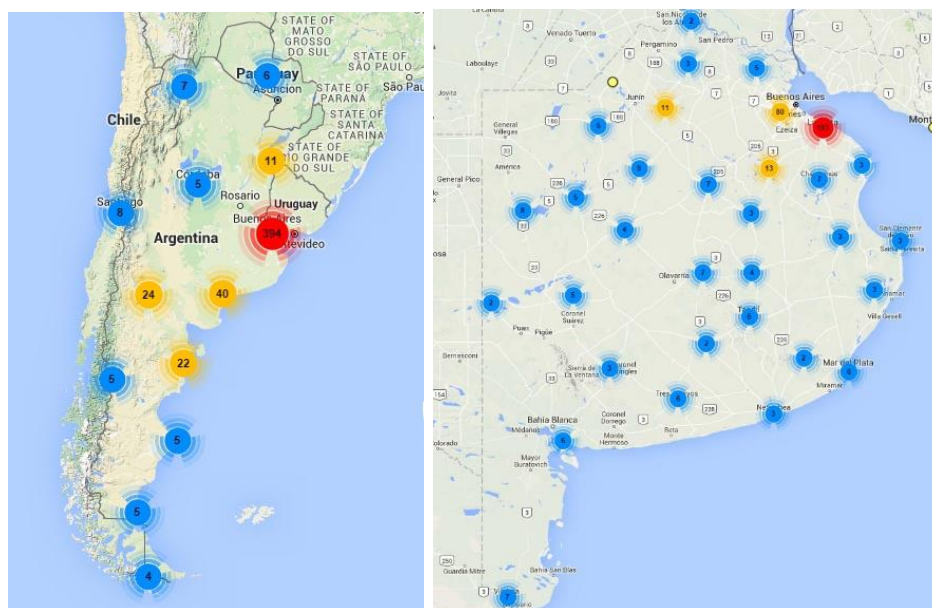


Figura 6: Distribución geográfica de los alumnos argentinos que se inscriben a la FI-UNLP y procedencia de los alumnos de la Provincia de Buenos Aires

Fuente: elaboración propia con la plataforma Pentaho

Los alumnos pertenecientes a las dos cohortes (2014-2015) provenían equitativamente de la ciudad de La Plata (41,3-40,5%) en donde se encuentra la institución y del Interior del País (38,4-39,7%).

Los alumnos del interior del país provenían principalmente de la provincia de Buenos Aires (79,9-84,5%), le sigue Chubut (3,4-2,9%) y Río Negro (1,7-2,7%). Además un 10% de los alumnos de la provincia de Bs As procedían del Gran Buenos Aires (Figura 6).

Los alumnos que se inscribieron al CUNIV provenientes de otras ciudades en comparación con los de la ciudad en donde se encuentra la institución (sin tener en cuenta los colegios pertenecientes a la UNLP) y su condición académica final en el CUNIV 2014 y 2015 se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Distribución de los alumnos de la provincia de Bs As según la región

Año	2014			2015		
Ciudad o Región	Nº Total Alumnos	Nº Alumnos Aprobados	Porcentaje aprobados	Nº Total Alumnos	Nº Alumnos Aprobados	Porcentaje aprobados
La Plata	369	218	59%	384	281	71%
Interior Provincia Bs As	274	182	66%	345	249	72%
GBA	97	53	55%	96	45	47%

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del Siu Guaraní

La comparación de los grupos que provienen de lugares geográficos diferentes a la ubicación de la universidad con los que viven en igual localidad que ésta no mostró diferencias significativas. El hecho de proceder de una ciudad diferente al sitio de ubicación de la universidad permite pensar que un porcentaje de estudiantes necesite un período de adaptación más prolongado debido al desarraigo familiar y social al que se ven sometidos, y que por ello se vean en desventaja con aquellos que no están obligados a tal desplazamiento geográfico (Garzón y col, 2010). Sin embargo también podrían ser alumnos sumamente focalizados y con objetivos más claros.

Los alumnos que no presentaron inscripciones en el semestre sucesivo al CUNIV 2014 Y 2015 fue 28% y 15% de los alumnos de La Plata, el 14% y 12% de los alumnos del interior del país y 28% y 27% de los alumnos del GBA, respectivamente. Esto muestra nuevamente una concordancia entre el rendimiento final obtenido en el CUNIV y la deserción de los alumnos.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren una multicausalidad de factores que influyen en la permanencia y el éxito de los estudiantes que cursan el curso de ingreso de la carrera de Ingeniería. Sin embargo, la alta correlación encontrada entre el rendimiento académico y la deserción temprana muestran que dicho resultado académico impacta fuertemente en la decisión del estudiante de abandonar los estudios. Consideramos importante orientar los esfuerzos en buscar estrategias, además de las que se realizan actualmente que, en forma temprana refuercen las deficiencias en su rendimiento académico.

Entre otras decisiones tomadas en nuestra institución mencionamos la incorporación de un equipo de asistencia social que dé un acompañamiento y seguimiento de aquellos alumnos en situación de vulnerabilidad, la confección de una encuesta para detectar situaciones especiales y el conjunto de estrategias didácticas para los alumnos que se inscriben por segunda vez o más al curso.

Este estudio muestra que el análisis del rendimiento académico que tiene un estudiante durante el curso de nivelación y las características analizadas permitiría determinar la probabilidad que tiene el mismo de abandonar los estudios. Esto posibilitaría orientar fuertemente los programas de retención y apoyo hacia esos estudiantes que se presentan como los de mayor riesgo de convertirse en desertores.

5. Referencias

- [1] PORCEL, E. A.; DAPOZO, G. N.; & LÓPEZ, M. V. (2010). *Predicción del rendimiento académico de alumnos de primer año de la FACENA (UNNE) en función de su caracterización socioeducativa*. Revista electrónica de investigación educativa, 12(2), 1-21.
- [2] SÁNCHEZ, M. M.; REJANO, E. I.; RODRÍGUEZ, Y. T. (2000). *El fracaso académico en la universidad: Aspectos motivacionales e intereses profesionales*. Revista Latinoamericana de psicología, 32(3), 505-517.
- [3] EDEL NAVARRO, R. (2003). *El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo*. REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación.
- [4] GUZMÁN, C.; DURÁN, D.; FRANCO, J.; CASTAÑO, E.; GALLÓN, S.; GÓMEZ, K.; VÁSQUEZ, J. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia.
- [5] MIRKIN, S.E.; ROJO, H.P.; DEZA, H.A.; REMIS, J.A., FAJRE, L. (2003). *Relación Entre Variables de Ingreso y la Condición de Recursante en 1º Año*. Revista de la Facultad de Medicina UNT, 4 (2), 30-31.
- [6] DI GRESIA, L. M.; PORTO, A.; RIPANI, L. (2002). *Rendimiento de los estudiantes de las Universidades Públicas Argentinas*. Documentos de Trabajo.
- [7] PORTO, A.; DI GRESIA, L. (2004). *Rendimiento de estudiantes universitarios y sus determinantes*. Revista de Economía y Estadística, 42(1), 93-113.
- [8] BEAN, J. P.; METZNER, B. S. (1985). *A conceptual model of nontraditional undergraduate student attrition*. Review of educational Research, 55(4), 485-540.
- [9] DÍAZ, M.; PEIO, A.; ARIAS, J.; ESCUDERO, T.; RODRÍGUEZ, S.; VIDAL, G. J. (2002). *Evaluación del Rendimiento Académico en la Enseñanza Superior. Comparación de resultados entre alumnos procedentes de la LOGSE y del COU*. Revista de Investigación Educativa, 2(20), 357-383.
- [10] HERRERA GÓMEZ, M. (2006). *Efecto de la competencia de la educación privada sobre la calidad de la educación pública*.
- [11] FERREYRA, M. G. (2007). *Determinantes del desempeño universitario: efectos heterogéneos en un modelo censurado* (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Económicas, UNLP).

- [12] GARZÓN, R.; ROJAS, M. O.; RIESGO, L. D.; PINZÓN, M.; SALAMANCA, A. L. (2010). *Factores que pueden influir en el rendimiento académico de estudiantes de Bioquímica que ingresan en el programa de Medicina de la Universidad del Rosario-Colombia*. Educación médica, 13(2), 85-96.

MEJORAMIENTO DE LA COMPRENSIÓN LECTORA DE ALUMNOS DEL NIVEL SECUNDARIO POR MEDIO DEL USO DE LAS TIC.

Sofía Gabriela Gómez, Fac. de Tec. y Cs. Aplicadas – U.N.Ca., sofigomez@yahoo.com.ar

María Isabel Korzeniewski, Fac. de Tec. y Cs. Aplicadas – U.N.Ca., marisa.kor@gmail.com

Ana Gabriela Buenader, Fac. de Tec. y Cs. Aplicadas, anabuenader@hotmail.com

Facundo L. Chayle, Fac. de Tec. y Cs. Aplicadas – U.N.Ca., facfac4000@hotmail.com

María F. Bergesio Moreno, Fac. de Tec. y Cs. Ap –, florencia.bergesio@outlook.com.ar

Resumen— Resulta notoria la falta de preparación que poseen los alumnos ingresantes al nivel universitario respecto a sus competencias lectocomprendivas, las cuales son imprescindibles para un trayecto educativo exitoso. Por medio de los recursos que nos provee el uso de las TIC, se busca fomentar el desarrollo de las capacidades analíticas y de comprensión en los futuros estudiantes. Para ello, está previsto realizar diferentes talleres de capacitación que se articularán desde la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas con el último año del nivel secundario de las escuelas pre universitarias de la Universidad Nacional de Catamarca. Los talleres serán desarrollados a través de una plataforma virtual y se implementará una serie de estrategias especialmente diseñadas para que los alumnos adquieran competencias para leer comprensivamente textos. Estas estrategias, además, contribuyen a establecer una base para el uso de las TIC a la vez que actúan como experiencias formativas de los estudiantes, quienes utilizan medios, recursos y entornos que forman parte de la cultura tecnológica que lo impregna todo.

Palabras clave— *Articulación, Estudiantes, Lectocomprensión, TIC.*

1. Introducción

Es una realidad de estos días la falta de preparación que poseen los alumnos ingresantes al nivel universitario respecto a sus competencias lectocomprendivas, las cuales son imprescindibles para un trayecto educativo exitoso. Los alumnos que ingresan a las distintas carreras de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca (F.T.yC.A.) no son una excepción a esta realidad ya que demuestran profundas falencias al momento de leer comprensivamente un texto. Esta deficiencia en la lectura, les trae aparejado problemas de comprensión y dificultades en el proceso de aprendizaje durante el cursado de toda su carrera. Además, en la sociedad del conocimiento, son necesarias competencias comunicativas tanto para la lectura comprensiva como para la producción de escritos; pero

lograr sujetos competentes en la comprensión requiere de un trabajo continuo y sostenido para lo cual es necesario desarrollar diversas estrategias que generen actividades cognitivas de los procesos implicados. [1]

“Las profundas transformaciones operadas en la cultura a partir de la llamada *revolución tecnológica* y la *sociedad de la comunicación*, han instalado nuevos modo de conocer y comprender la realidad”[2], y es necesario poner en práctica distintas estrategias que permitan construir conocimiento, lo que representa un verdadero desafío para los docentes.

Existe una tendencia hacia lo digital, donde las TIC son el soporte, que permiten leer de forma distinta diferentes recursos como el hipertexto o materiales hipermediales, siendo estas otras posibilidades a la de leer un libro o un apunte impreso.

Con el objeto de mejorar la calidad del aprendizaje de los futuros ingresantes a la universidad, específicamente a la F.T.yC.A., el Proyecto: “*Leer y comprender: un requisito fundamental para la Universidad*”, propone articular con el último año del nivel secundario de las escuelas pre universitarias de la Universidad Nacional de Catamarca (U.N.Ca.), una serie de estrategias especialmente diseñadas con la finalidad que los alumnos adquieran competencias para leer comprensiva y críticamente textos de diferentes tipos textuales y con niveles de complejidad variados a través del Aula Virtual que posee la facultad. El hecho de trabajar mediante una plataforma educativa redundará también en la ampliación de experiencias formativas de los estudiantes, que utilizarán medios, recursos y entornos que forman parte de la cultura tecnológica que lo impregna todo. [3] Por otro lado, este tipo de capacitaciones promueven el aprendizaje centrado en el alumno fomentando un uso distinto de la tecnología que manejan habitualmente.

Para que puedan ser ciudadanos activos y participativos en la nueva sociedad del conocimiento, la lectura es una puerta de entrada al conocimiento, es una competencia que debemos lograr para poder ser competentes en todas las demás disciplinas. La lectura es un proceso de interpretación de la información que está contenida en algún soporte, que puede ser el papel o el hipertexto si está en un soporte de origen informático. “Es, asimismo, parte esencial del Idioma o Lengua en su manifestación escrita o sea a través del texto y, a partir del desarrollo de los sistemas informáticos, del denominado hipertexto” [4]. El aprendizaje y el leer son tareas indispensables para cualquier persona que necesita interactuar en la sociedad actual y lo debemos hacer en forma comprensiva.

Los tiempos vienen marcados por algunos nuevos retos que afectan directamente a nuestra tarea, y es por medio de los recursos que nos provee el uso de las TIC, que se busca fomentar el desarrollo de las capacidades analíticas y de comprensión en los futuros estudiantes universitarios. En el presente trabajo se describe la puesta en marcha y el estado de avance del Proyecto “*Leer y comprender: un requisito fundamental para la Universidad*” el que consiste en la implementación de diferentes talleres de capacitación que se articularán desde la F.T.yC.A. de la U.N.Ca. con el último año del nivel secundario de las escuelas pre universitarias de esta universidad. Estos talleres serán desarrollados a través de la plataforma virtual Moodle y se implementarán una serie de estrategias especialmente diseñadas para que los alumnos adquieran competencias para leer comprensivamente textos.

2. Relevancia del Problema

Del mismo modo en que a nivel mundial se han venido realizando reformas educativas, en nuestro país se han ensayado reformas hasta ahora con diferentes tipos de resultados, todos en intento de transformar, normar y mejorar el sistema educativo. Resulta entonces justificada nuestra inquietud como docentes universitarios sobre lo que se percibe como falta de

preparación académica, posiblemente en ciertas áreas y competencias, de los estudiantes universitarios al momento de ingresar al nuevo nivel que trae consigo nuevos desafíos.

Al mismo tiempo, la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la influencia que ejercen las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en una forma tan rápida y constante, nos obliga a realizar ajustes permanentes, debiéndonos apoyar en modelos educativos diferentes para las nuevas necesidades de formación. Trazan un espacio distinto y su incorporación a la educación proporciona herramientas muy potentes, siendo la educación a distancia la alternativa que mejor puede aprovecharlas. Son las universidades, las instituciones –aunque no las únicas- más facultadas para implementar esos cambios, porque se debe tener presente que si bien la introducción de las TIC conlleva ventajas a los modelos educativos vigentes, también traen aparejados algunos desafíos necesarios de abordar. Uno de ellos es la lectura comprensiva, un aspecto en el que todos los involucrados en los procesos de enseñanza y aprendizaje debemos comprometernos.

El lenguaje, como herramienta cultural, se concreta en formas particulares de textos y discursos. “Las nuevas tecnologías son espacio de recreación de las formas discursivas: diálogos, relatos cotidianos, cartas, escritos literarios, reportes científicos encuentran nuevas formas de expresión”[5] y, en contraste a la apatía hacia la lectura, se observa la gran expectativa e interés que genera el trabajo con el computador y las tecnologías de la información y la comunicación, (TIC)[6].

Un objetivo que toda docencia universitaria tiene en común en nuestros días es alcanzar una mejor definición de la capacidad de desarrollo individual y autonomía del estudiante en la clase de lectura y comprensión de textos académicos. Así, teniendo en cuenta el supuesto de que el conocimiento metacognitivo ayuda a los estudiantes en el control del proceso de comprensión guiándolos para lograr con éxito la lectura de textos para ciencia y tecnología, podemos afirmar que leer y escribir en la universidad requiere el desarrollo de diversas habilidades relacionadas con el pensamiento crítico y analítico[7].

Es deseable desarrollar en los alumnos actividades de lectura y escritura para que puedan tener producciones de texto con nivel académico para que, en palabras de Tapia Juárez[8]: “La lectura crítica y escritura académica constituyan el eje que sustenta y articula el sistema educativo universitario”.

A su vez, el Aula Virtual permite complementar todas aquellas instancias pedagógico-didácticas en las que predomina la comunicación educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por tecnología donde los estudiantes son capaces de manejar su tiempo y el lugar en donde se desarrolla el proceso de aprendizaje, guiado por el docente. El profesor deja de ser fuente de todo conocimiento y pasa a actuar como guía de los alumnos, facilitándoles el uso de los recursos y las herramientas que necesitan para explorar y elaborar nuevos conocimientos y destrezas; pasa a actuar como gestor de la pléyade de recursos de aprendizaje y a acentuar su papel de orientador y mediador[9]. Las TIC fortalecen la capacidad de autogestión por medio de la implementación de actividades constructivistas, colaborativas y de auto-evaluación que afianzan el sentido de control en la construcción de su aprendizaje, el alumno sabe qué aprendió, qué aportó y qué fue capaz de construir[10].

Además de los factores enunciados, se considera que los jóvenes que cursan el último año de la secundaria se encuentran en una etapa de su vida en la cual poseen muchos y variados compromisos que les dificulta la asistencia a clase, siendo esto lo que le llevó a este equipo de investigación plantearse la necesidad de diseñar una capacitación de naturaleza virtual y aprendizaje flexible sobre este tema. Por ello, resulta pertinente diseñar e implementar actividades que, de alguna manera, ensambren las falencias observadas en la lectura

comprensiva a nivel universitario con la implementación de las nuevas tecnologías que tanta expectativa y motivación generan en los alumnos.

3. Materiales y Métodos

El curso de capacitación se desarrollará en línea a través del Aula Virtual de la plataforma de aprendizaje Moodle, de la F.T.yC.A. de la U.N.Ca., en forma asincrónica y personalizada. Se prevén dos encuentros presenciales, uno de los cuales se llevará a cabo inmediatamente antes de comenzar el curso para explicar a los alumnos los objetivos y poder realizar un relevamiento sobre los gustos en lectura que tienen los participantes. También se aprovechará la jornada para generar un espacio de reflexión sobre la importancia de la lectura y la incorporación de hábitos y estrategias lectoras en esta instancia de sus vidas, es decir, previo al ingreso universitario. Se les realizarán preguntas del tipo: ¿Cómo leen? ¿Qué leen? ¿Les resulta fácil leer? ¿Qué tanto entienden lo que leen? ¿Les gusta lo que leen? ¿Se lee de la misma forma un libro que un e-book o un documento en línea? ¿Cuáles son las diferencias?

Al relevamiento se lo llevará a cabo a través de una encuesta on-line con una herramienta de software gratuita del tipo escala de Likert. A través del cuestionario se indagará acerca de su motivación hacia el área de trabajo, su valoración, creatividad y modo de desarrollar la lectura. Actualización del conocimiento previo sobre el tema del texto luego de una lectura flotante. Obstáculos que se presentan durante la lectura, modo de enfrentamiento y decisiones. Evaluación personal, consideraciones acerca del trabajo en el aula relacionando con otras asignaturas. Consideraciones acerca de las dificultades.

El otro encuentro presencial será un mes antes de finalizar el curso con el objeto de controlar los avances y de ser necesario reformular estrategias.

Durante el primer semestre, el equipo se abocará al diseño del curso, para comenzar a dictarlo en el segundo semestre del año.

Para implementar el curso se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Analizar los referentes teóricos relacionados con el desarrollo de la comprensión lectora y el uso de las TIC en la educación, a partir de la investigación.
- Diagnosticar el estado inicial del desarrollo de la comprensión lectora de los estudiantes de sexto año de las escuelas pre-universitarias.
- Instaurar estrategias de comprensión lectora mediadas por TIC en textos expositivos para los estudiantes a través del Aula Virtual, diseñada para tal fin.

El curso tendrá una duración de ocho semanas, será optativo, estará dirigido a los alumnos que se encuentren cursando el último año del nivel secundario de las escuelas pre-universitarias de la U.N.Ca. y contarán con la tutoría de los docentes.

La planificación, producción, puesta en marcha y seguimiento del curso de lectura y comprensión estará a cargo de los integrantes de este proyecto.

Se trata de una modalidad básicamente asincrónica que utilizará el Aula Virtual de la plataforma de Aprendizaje Moodle, que se encuentra instalada en la F.T.yC.A. de la U.N.Ca.. Se espera superar la instancia de auto-estudio por la implementación de foros proactivos coordinados por el profesor y encuentros presenciales de carácter plenarios.

En este proyecto se utilizará la técnica investigación-acción teniendo en cuenta que se intentará teorizar sobre la práctica; es decir, a posteriori del primer encuentro tendremos los elementos

suficientes para elegir los textos a trabajar. Los registros que surjan de estas experiencias, mediante encuestas y entrevistas aplicadas tanto a docentes como alumnos, serán analizados y darán origen a nuevas teorías o hipótesis de trabajo como así también a posteriores capacitaciones.

Consideramos por demás relevante también la socialización de los resultados en Congresos, Jornadas y espacios de discusión donde plasmar nuestros resultados; sumado a la extensión de capacitaciones al resto de la comunidad educativa. Además, es nuestra intención suministrar información significativa que respalde la toma de decisiones a nivel de gestión institucional, académica y curricular en la mencionada institución.

4. Resultados y Discusión

El aprendizaje de la lectura es una tarea relevante que demanda esfuerzo, tiempo y práctica. Esta premisa resulta un eje central en nuestra concepción de la lectura y es lo que queremos transmitir a los futuros ingresantes. La lectura es un proceso de naturaleza interactiva que tiene como objetivo leer para aprender, más que aprender a leer. Se trata de un proceso cognoscitivo que incluye el conocimiento de la lengua, de la cultura y del mundo. Este concepto supone que un estudiante, por ejemplo, tiene capacidad para comprender e interpretar variados textos que permiten lograr información reflexionando sobre las intenciones de los autores de esos textos. Aprender sobre una disciplina implica no sólo el aprender los conceptos y/o modelos científicos de ese campo sino también formarse en ciertas competencias propias del campos disciplinar en cuestión y formase en otras competencias transversales. Una de ellas es la comunicativa que tiene a la lectura y escritura académica como sus componentes.

El lugar en el que la lectura se desarrolla con conciencia, de modo completo, es en la universidad donde no siempre se lo logra de forma organizada y explícita; más aún, no todos los profesores ni todos los estudiantes son conscientes de ello. Al respecto, el investigador Daniel Cassany[11] se refiere a este aspecto de la enseñanza e incluye el término literacidad para nombrar al conjunto de conocimientos, valores y comportamientos implicados en la práctica de comprensión y producción, evitando el término tradicional alfabetización que aporta connotaciones negativas.

Como profesores, observamos que el alumnado ingresante a la educación superior no posee desarrolladas las habilidades de comprensión en la lectura, motivo por el cual muchos fracasan o tienen bajo rendimiento académico que los hace desertar durante los primeros años de la carrera o reprobando materias. “Existe una justificada inquietud en los docentes sobre lo que se percibe como falta de preparación académica, posiblemente en ciertas áreas y competencias de los estudiantes universitarios al momento de ingresar al nuevo nivel que trae consigo nuevos desafíos”[9]. A la hora de evaluar la capacidad lectora, se pueden diferenciar dos aspectos; ambos son importantes y hay que tenerlos en cuenta en la misma medida a la hora de valorar la forma de leer: la velocidad lectora y la comprensión. Comprender es entender el significado de algo. Es decir, entender tanto las ideas principales como las ideas secundarias de un texto. Por tanto, se debe entender el significado explícito como aquellas que expresan el mensaje de fondo que el autor quiere comunicar.

Por otro lado, la utilización de TIC en educación permitió modificar las prácticas educativas, estrategias de enseñanza, roles de profesores y alumnos, acceso a la información, límites físicos del aula, entre otras cosas, de forma tal que ahora contamos con un aprendizaje ubicuo, donde cada joven puede resolver sus actividades en un espacio-tiempo diferente. Las fronteras de la información y la educación han desaparecido; existen numerosos espacios virtuales que

posibilitan el dictado de cursos de actualización y perfeccionamiento, incluso con el cursado de carreras de grado y de posgrado.

Cabe destacar que contamos con cierta experiencia en la materia, ya que hemos integrado el proyecto “El Aula Virtual: un recurso tecnológico aplicado a la Enseñanza de Inglés con Fines Específicos desde una perspectiva metacognitiva”, desarrollado en ámbitos de la F.T.y C.A. de la U.N.Ca., donde hemos logrado:

- Observar, describir y analizar la incidencia de la aplicación del Aula Virtual como recurso didáctico en el proceso de lectocomprensión en Inglés, así como fortalecer el uso de las estrategias metacognitivas y cognitivas en el proceso de lectocomprensión de lenguas extranjeras de los alumnos de las carreras de Ingeniería en Informática.
- Comprender los procesos de aprendizaje que desarrollan los alumnos durante su participación en la clase virtual.
- Formular pautas y/o estrategias que optimicen el proceso lector de los alumnos de la carrera Ingeniería en Informática, utilizando la plataforma educativa Moodle.
- Promover la autonomía y la capacidad de autogestión de los estudiantes a través de actividades de auto-aprendizaje y de auto-evaluación.
- Aplicar los resultados obtenidos a una propuesta de estudio autónomo a distancia en la especialidad.

Al momento, estamos en la etapa de realizar el primer encuentro con los alumnos. Para ello es importante destacar que, este equipo de investigación estima factible desarrollar un curso de capacitación, bajo la modalidad a distancia o bimodal, que colabore y ayude al alumno a elaborar estrategias de lectura que le permitan una máxima comprensión de los distintos temas. Se estima que este aprendizaje le será útil para su vida universitaria, ya que una lectura comprensiva y crítica se traduce en el mejoramiento del desempeño académico. Algunas destrezas de comprensión que pueden enseñarse para aplicar a situaciones de lectura informativa o expositiva pueden ser: resumir- reconocer secuencias- inferir- comparar y contrastar - extraer conclusiones - identificar la idea principal, hechos importantes y detalles secundarios, entre otras.

Por otra parte, y siguiendo lo enunciado en el Proyecto U.N.Ca. Virtual (2012)[12] que expresa: “El potencial que encierra la modalidad a distancia para arribar al cambio educativo, a la calidad en los servicios y a la equidad en educación, sólo puede ser aprovechado a partir de una planeación estratégica, que atendiendo a los múltiples factores involucrados en el desarrollo de la modalidad, establezca directrices claras y viables por las cuales encauzar las acciones, acordes con los fines de la filosofía y política educativas que la nación y las universidades del siglo XXI se plantean.” consideramos que este proyecto se encuentra en esa línea, contribuyendo a formar capacidades y habilidades requeridas para el desempeño profesional de los alumnos ya que respecto al dictado a distancia, este equipo de investigación se encuentra ampliamente preparado para afrontar el desafío ya que viene trabajando en el Proyecto “Entornos y Herramientas Virtuales para la Práctica Docente en el Aula de Ingeniería”, espacio en el cual se brindaron, con gran éxito, varias capacitaciones bimodales y totalmente a distancia en temáticas varias, considerando que a “través del aula virtual, se ofrecen oportunidades a los alumnos para el desarrollo de sus logros intelectuales. En cada materia, se constituye un espacio intersubjetivo que bajo una meta común hace que un grupo de alumnos confluyan en la construcción social de un determinado conocimiento” [13] en este caso en una lectura comprensiva.

La lectura es una puerta de entrada al conocimiento, es una competencia que debemos lograr para poder ser competentes en todas las demás disciplinas. Es por ello que, a través de este curso de capacitación, y mediante las estrategias que se aplicarán, se espera contribuir a establecer una base para el uso de las TIC, a la vez que actúan como experiencias formativas de los alumnos.

5. Conclusiones y recomendaciones

Desde lo instrumental, nos encontramos preparando el encuentro con los alumnos, consideramos que es factible la ejecución de este proyecto ya que se cuenta con la plataforma Moodle del Instituto de Informática (IDI) “Julio Oscar López” de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. El IDI dispone de acceso a internet, lo que posibilita adquirir las fuentes de información (trabajos, tesis y libros) que permitirán sentar la base teórica para desarrollar con éxito la investigación.

Para articular con los establecimientos de educación media no se cree tener mayores inconvenientes dado que ellos pertenecen a la esfera de la U.N.Ca.

Con referencia a la implementación del curso virtual también se tiene el apoyo y asesoramiento del Departamento de Educación a Distancia del Rectorado de la U.N.Ca..

Por último, mencionamos que el grupo de trabajo cuenta con dos Especialistas en el Uso de TIC en Educación, que a su vez están cursando una Maestría en Procesos Educativos Mediados por TIC; mientras que la otra profesional está terminando una Especialización en Educación y Nuevas Tecnologías. Las tres profesionales contamos con experiencia en investigación, y desde hace varios años participamos en distintos proyectos vinculados al tema propuesto.

Desde nuestro posicionamiento como docentes, consideramos pertinente que los docentes universitarios conozcan y promuevan en el aula competencias efectivas en pos de elevar el nivel académico de los alumnos. La responsabilidad del modo en que se leen los textos disciplinares específicos en el aula no es solo de los alumnos, sino debe ser una responsabilidad compartida entre estudiantes, profesores e instituciones. Por ello, se deben enseñar los modos específicos de cada una de las disciplinas para abordar el texto específicos, explicitando los códigos de acción cognitiva sobre la bibliografía. También ayudando a los alumnos a reconceptualizar sus problemas de lectura y a desarrollar el pensamiento.

Concluimos coincidiendo con Carlino [14], quien expresa que, el proceso por el cual se llega a pertenecer a una comunidad científica y profesional es a través de las convenciones del discurso. Tanto elaborar como comprender los textos en el aula son el medio ineludible para aprender los contenidos conceptuales que todo estudiante universitario debe conocer.

REFERENCIAS:

- [1] MATEUCCI, N. (2008) Para Argumentar Mejor: lectura comprensiva y producción escrita. Ediciones Novedades Educativas.
- [2] GEWER, A. (2008). “Digitemocion.com. Un espacio para dialogar con las emociones donde otra alfabetización es posible”, en Cabero Almenara, J. y Román Graván, P. (Coords.) E-actividades. Un referente básico para la formación en Internet. Sevilla: Editorial MAD.

- [3] ADELL, JORDI (1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. Publicado en EDUTEC, *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. N° 7. ISSN: 1135-9250 En línea :<http://nti.uji.es/~jordi>
- [4] CARAVAJAL, L. Qué es la lectura. Disponible en <http://www.lizardo-carvajal.com/que-es-la-lectura/>
- [5] ROIG, H. (2016) Unidad 3: Mediaciones Tecnológicas y Nuevas Formas Discursivas, perteneciente al Módulo La Mediación Tecnológicas, de la Maestría en Procesos Educativos mediados por Tecnologías del CEA - Universidad Nacional de Córdoba.
- [6] MARTINEZ, R y B. RODRIGUEZ (2011) Estrategias de comprensión lectora mediadas por tic. Una alternativa para mejorar las capacidades lectoras en secundaria. Disponible en: [file:///C:/Users/maris_000/Downloads/Dialnet-EstrategiasDeComprensionLectoraMediadasPorTic-4495466%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/maris_000/Downloads/Dialnet-EstrategiasDeComprensionLectoraMediadasPorTic-4495466%20(1).pdf)
- [7] AGUIRRE, R. (2010) .Decisiones que toman los estudiantes universitarios al escribir. *Legenda*, vol.14, N° 11
- [8] TAPIA JUAREZ , N. et al ; (2013)Lectura y Cognición en la Adquisición del aprendizaje. <http://es.calameo.com/read/0002252826869d38485ad>
- [9] SALINAS, J. (2008), Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria, *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, UOC, Vol. 1, n° 1, <http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/salinas1104.pdf>
- [10] GOMEZ, S.G. & M.V. POLICHE (2010), *Autonomía del estudiante de Inglés Específico en las carreras de ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas*, VI Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades del NOA, 2010.
- [11] CASSANY, D Y A. MORALES (2008) Leer y escribir en la universidad. *Revista Memorialia*. Unellez. Venezuela.
- [12] *García M. E.; Díaz M.; Carabús O.; Andrada O.; Miranda, A. (2012) Proyecto UNCaVirtual: Propuesta estratégica institucional derivada de procesos investigativos*
- [13] Carabus, O. (2010) El Aula Virtual de Didáctica de la Matemática en la Formación Universitaria.
- [14] CARLINO, P. (2005) Escribir, leer y aprender en la universidad de Buenos Aires: fondo de Cultura Económica.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN EN LA CÁTEDRA DE ANÁLISIS MATEMÁTICO II

Silvana Beatriz Dip, Universidad Nacional de Salta-Facultad de Ingeniería, sibedip@gmail.com

Beatriz Emilce Copa, Universidad Nacional de Salta- Facultad de Ingeniería, beaemil@gmail.com

Jorge Félix Almazán, Universidad Nacional de Salta- Facultad de Ingeniería, jalmazan@unsa.edu.ar

Carolina Noemí Collivadino, Universidad Nacional de Salta- Facultad de Ingeniería, collivad@unsa.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo se realizó un análisis de la evaluación continua en la cátedra de Análisis Matemático II (AMII) de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta. Se estudiaron los resultados obtenidos en los años 2014 y 2015 (1° y 2° cuatrimestres) vinculando los datos obtenidos en las Evaluaciones por Tema y en los Bloques de cada Parcial correspondientes en contenido, ya que el objetivo de este trabajo es revisar la relación existente entre estos instrumentos de evaluación. La muestra fue dividida según el siguiente criterio: a) los alumnos que aprobaron el primer parcial, b) Los alumnos que llegaron a la etapa de recuperación final y c) Los alumnos que promocionaron en cualquiera de las dos instancias posibles (al finalizar el cursado o en la etapa de recuperación). De las observaciones realizadas se concluyó sobre si el vínculo existente entre ambos instrumentos de evaluación es adecuado o satisfactorio. También se indagó sobre los temas que presentan mayor dificultad para los alumnos, en base a los resultados de las evaluaciones mencionadas.

Palabras clave— *Evaluación continua, Análisis, Instrumentos de evaluación.*

1. Introducción

En la cátedra de AMII de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta se evalúa en forma continua debido al régimen de promoción vigente desde el año 1999 en los planes de estudio a la fecha. Durante estos años la cátedra fue analizando y modificando la implementación de los instrumentos de evaluación de acuerdo a los diferentes factores que inciden en el rendimiento de los alumnos.

En el año 2012 se analizaron los diferentes instrumentos de evaluación, en un trabajo presentado en las Jornadas del NOA, [1]. En el trabajo se aclara la relación existente entre las evaluaciones por tema con los bloques de los parciales, y de acuerdo al análisis estadístico solamente realizado en los años 2011 y 2012, en relación al rendimiento obtenido en las tres primeras evaluaciones por tema con el primer parcial, se llegó a concluir que un mejor rendimiento en las evaluaciones por tema tiene un impacto positivo en los resultados del parcial. En ese entonces en la cátedra los docentes de trabajos prácticos de cada comisión, corregían las evaluaciones por tema, mientras que los parciales eran corregidos por todos los docentes de la cátedra. Las devoluciones de las evaluaciones por tema estaban a cargo de los docentes de cada comisión en las clases de trabajos prácticos, y se mostró que esta actividad académica tuvo una influencia positiva en el rendimiento de los parciales.

De acuerdo a las encuestas realizadas en ese entonces, se observó que los alumnos consideraban importante el estudio para las evaluaciones por tema como preparación para un mejor rendimiento en el examen parcial. También expresaron considerar como importantes las devoluciones del docente después de cada evaluación por tema para la comprensión y afianzamiento de conceptos y reconocieron que sólo a veces asistían a la consulta para preguntar acerca de los errores cometidos.

En los siguientes años la situación de la cátedra cambió considerablemente debido a un importante incremento de la matrícula de la asignatura, [2](Copa, B.;Dip, S. y Almazán,J.), situación que derivó en una disminución en el rendimiento académico y motivó a realizar acciones que se describen en el presente trabajo, como así también a analizar los efectos de estas, especialmente en el vínculo entre las evaluaciones por tema y los bloques correspondientes de los exámenes parciales.

2. Metodología

2.1 Corrección y devolución

Con respecto a lo anteriormente mencionado, el incremento de la matrícula fue en continuo crecimiento a partir del año 2013, mientras que el cuerpo docente siguió siendo el mismo, por lo que se consideró modificar la forma de corrección y incorporar otra forma de devolución de las evaluaciones por tema.

Como primera medida se incluyó al responsable de cátedra en la corrección de las evaluaciones por tema. Además se asignó a cada docente la corrección de un grupo de ejercicios de todas las evaluaciones de los alumnos que cursan la asignatura, permitiendo de este modo la detección de los errores generalizados sobre un determinado tema evaluado.

Luego de cada instancia de evaluación, evaluaciones por tema y evaluaciones parciales, se realizó una clase presencial según la disponibilidad horaria de los alumnos, asistiendo un porcentaje superior a 50% de los alumnos, donde los docentes a cargo de la corrección informaron a los mismos los errores más importantes y frecuentes, como así también los criterios de corrección y el grado de adecuación de las respuestas respecto de las consignas y su interpretación. Para los que no pudieron asistir la información se volcó en la plataforma Moodle de la cátedra, en archivos con extensión pdf.

De esta forma se intentó influir no sólo en lo que estudia el alumno, sino también y sobre todo en cómo lo estudian.

Como los horarios destinados a la consulta eran atendidos en el box de la cátedra, resultaron insuficientes ante la cantidad de alumnos asistentes por lo que se consideraron necesarias estas devoluciones.

2.2 Exigencia de aprobación de bloques.

A partir del 1er cuatrimestre de 2014 la cátedra modificó el reglamento interno, incluyéndose entre los requisitos para alcanzar la promoción, la condición de obtener por lo menos un 40% del puntaje de cada bloque del examen parcial además del mínimo de 40 puntos sobre 100 del total de la prueba. El objetivo perseguido por esta determinación fue el de lograr una mayor homogeneidad en el desarrollo del examen, favoreciendo un estudio y manejo de los temas más completo e integrado ya que se había observado en períodos anteriores que los alumnos que permanecían cursando la materia habiendo obtenido el puntaje mínimo, pero con un conocimiento aceptable logrado sólo en uno o dos bloques del examen, no accedían finalmente a la promoción de la materia o bien llegaban a la etapa de recuperación debiendo rendir la mayor parte de los contenidos de la misma y finalmente no lograron promocionar la asignatura en un porcentaje importante (32%) esta instancia. [2].

2.3 Propuesta de análisis

Se estudiaron los resultados obtenidos en los años 2014 y 2015 (1° y 2° cuatrimestres) vinculando los datos obtenidos en las Evaluaciones por Tema y en los Bloques de cada Parcial correspondientes en contenido, ya que el objetivo de este trabajo era revisar la relación existente entre estos instrumentos de evaluación. La muestra fue dividida según el siguiente criterio: a) los alumnos que aprobaron el primer parcial, b) Los alumnos que promocionaron en cualquiera de las dos instancias posibles, c) Los alumnos que promocionaron en primera instancia y d) los alumnos que llegaron a la etapa de recuperación final global. Con las observaciones realizadas se busca establecer si las Evaluaciones por Tema (ET) permiten detectar fallas conceptuales, y si a través de éstas y las devoluciones realizadas se logra una mejor preparación para la Evaluación Parcial (P) en su correspondiente bloque, concluyendo finalmente sobre si el vínculo existente entre ambos instrumentos de evaluación es adecuado o satisfactorio. También se indaga sobre los temas que presentan mayor dificultad para los alumnos, en base a los resultados de las evaluaciones mencionadas.

3. Resultados

A continuación se presentarán los resultados generales obtenidos en todas las comisiones del rendimiento de los alumnos en los Cuatrimestres del año 2014 y 2015. Para la realización de los gráficos se tuvo en cuenta los promedios que obtienen los alumnos en las evaluaciones por tema y los porcentajes del rendimiento por bloque.

3.1 1er Cuatrimestre de 2014

En el primer cuatrimestre del año 2014, se inscribieron 260 alumnos para cursar la asignatura, de los cuales solo 192 alumnos cursaron la misma. Se destaca que 6 alumnos nunca asistieron y 62 abandonaron el cursado, es por ello que realizaremos el análisis del rendimiento en las evaluaciones por tema y en los bloques de las evaluaciones parciales con los alumnos:

- que aprobaron el primer parcial
- que promocionan la asignatura
- que promocionan en 1era instancia
- que pasan a la etapa de recuperación

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN EN LA CÁTEDRA DE ANÁLISIS MATEMÁTICO II

Las evaluaciones por tema están relacionadas con las evaluaciones parciales por los bloques de las mismas. A continuación se detalla cómo están distribuidos los temas de la asignatura:

- Evaluación por tema 1 y Bloque 1 del 1er Parcial: Funciones en el espacio- Límite y Continuidad
- Evaluación por tema 2 y Bloque 2 del 1er Parcial: Derivadas Parciales- Regla de la Cadena-Funciones Implícitas
- Evaluación por tema 3 y Bloque 3 del 1er Parcial: Extremos libres y Ligados - Curvas y Superficies
- Evaluación por tema 4 y Bloque 4 del 2do Parcial: Operadores Vectoriales - en Cartesianas y en coordenadas Curvilíneas
- Evaluación por tema 5 y Bloque 5 del 2do Parcial: Integrales múltiples - Integrales Curvilíneas y de superficie
- Evaluación por tema 6 y Bloque 6 del 2do Parcial: Teorema de Integrales y Ecuaciones diferenciales.

3.1.1 Alumnos que aprobaron el 1er Parcial

A continuación en la Figura 1, se observa un gráfico de barras donde se detalla los resultados promedios de las evaluaciones por tema en primer lugar, luego los porcentajes promedios de los bloques de las evaluaciones parciales, correspondiente a la siguiente tabla.

Tabla 1. Porcentajes de rendimiento de los alumnos que aprobaron el primer parcial

	Prom. ET	bloque	Rec Bloque	Prom F
Temas Ev 1	58,03	66,96	61,90	68,30
Temas Ev 2	59,16	64,76	60,48	67,67
Temas Ev 3	48,25	49,89	49,01	54,77
Temas Ev 4	51,78	59,82	49,77	55,27
Temas Ev 5	34,88	43,20	41,67	44,47
Temas Ev 6	48,80	43,89	37,14	42,86

Fuente: elaboración propia con datos de la cátedra

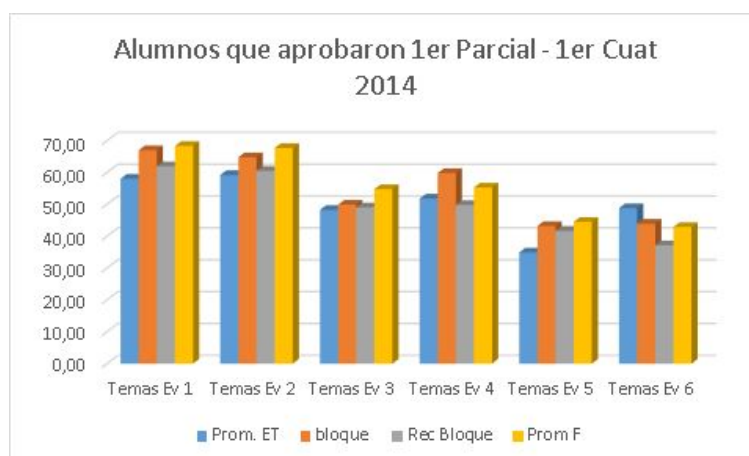


Figura 1 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que aprobaron el 1er Parcial en el 1er Cuatrimestre 2014

3.1.2 Alumnos que promocionaron la asignatura

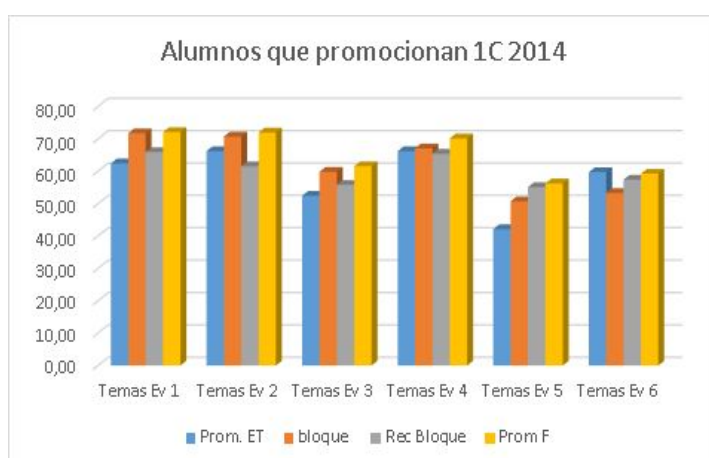


Figura 2 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron la asignatura en el 1er Cuatrimestre 2014

Tabla 2. Porcentajes de rendimiento de los alumnos que promocionaron la asignatura.

	Prom. ET	bloque	Rec Bloque	Prom F
Temas Ev 1	62,45	71,77	65,94	72,14
Temas Ev 2	66,22	70,72	61,56	71,98
Temas Ev 3	52,45	59,84	55,83	61,57
Temas Ev 4	66,22	67,08	65,42	70,16
Temas Ev 5	42,15	50,71	55,13	56,27

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN EN LA CÁTEDRA DE ANÁLISIS MATEMÁTICO II

Temas Ev 6	59,75	53,30	57,42	59,26
------------	-------	-------	-------	-------

Fuente: elaboración propia con datos de la cátedra.

3.1.3. Alumnos que promocionan en 1ra instancia

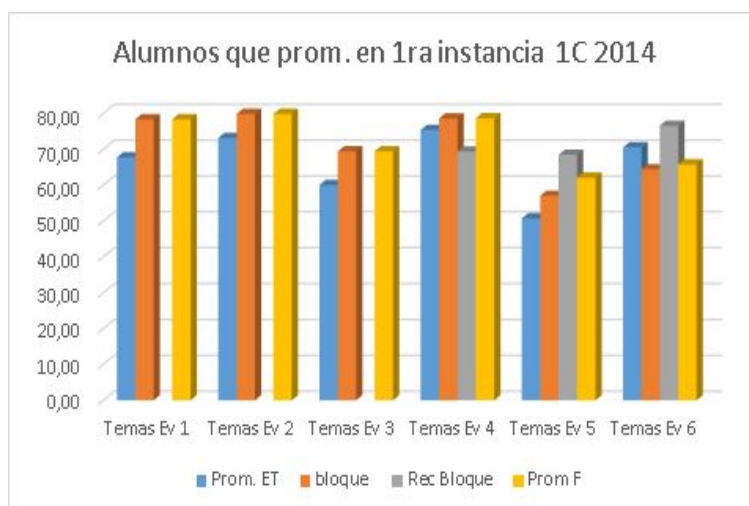


Figura 3 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron en primera instancia en el 1er Cuatrimestre de 2014

Tabla 3. Porcentajes de rendimiento de los alumnos que promocionaron en primera instancia.

	Prom. ET	bloque	Rec Bloque	Prom F
Temas Ev 1	67,78	78,36	--	78,36
Temas Ev 2	73,15	79,86	--	79,86
Temas Ev 3	60,04	69,44	--	69,44
Temas Ev 4	75,41	78,59	69,38	78,70
Temas Ev 5	50,74	57,04	68,48	62,09
Temas Ev 6	70,56	64,42	76,57	65,80

Fuente: elaboración propia con datos de la cátedra.

3.1.4. Alumnos que pasan a la instancia de Recuperación

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN EN LA CÁTEDRA DE ANÁLISIS MATEMÁTICO II

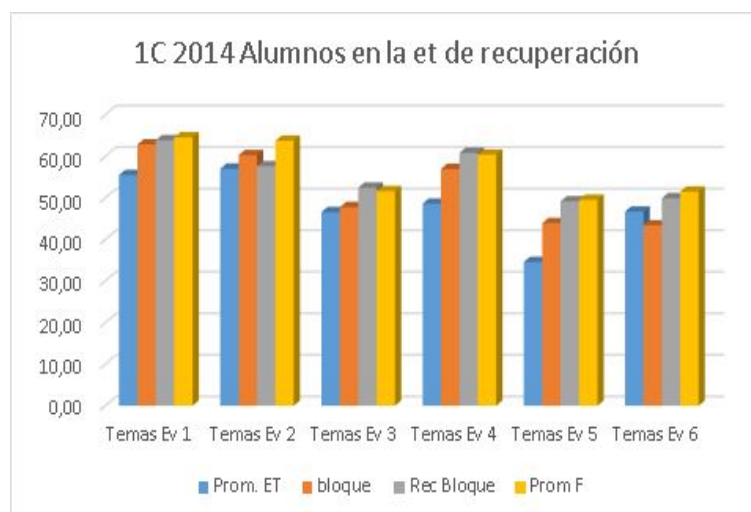


Figura 4 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que pasaron a la etapa de recuperación en el 1er Cuatrimestre de 2014

Tabla 4. Porcentajes de rendimiento de los alumnos en la etapa de recuperación.

	Prom. ET	bloque	Rec Bloque	Prom F
Temas Ev 1	55,52	62,89	63,89	64,58
Temas Ev 2	57,04	60,29	57,64	63,77
Temas Ev 3	46,59	47,80	52,47	51,65
Temas Ev 4	48,63	56,99	60,86	60,42
Temas Ev 5	34,59	43,95	49,21	49,56
Temas Ev 6	46,70	43,43	49,93	51,53

Fuente: elaboración propia con datos de la cátedra

3.2 2do Cuatrimestre de 2014

3.2.1 Alumnos que aprobaron el 1er Parcial

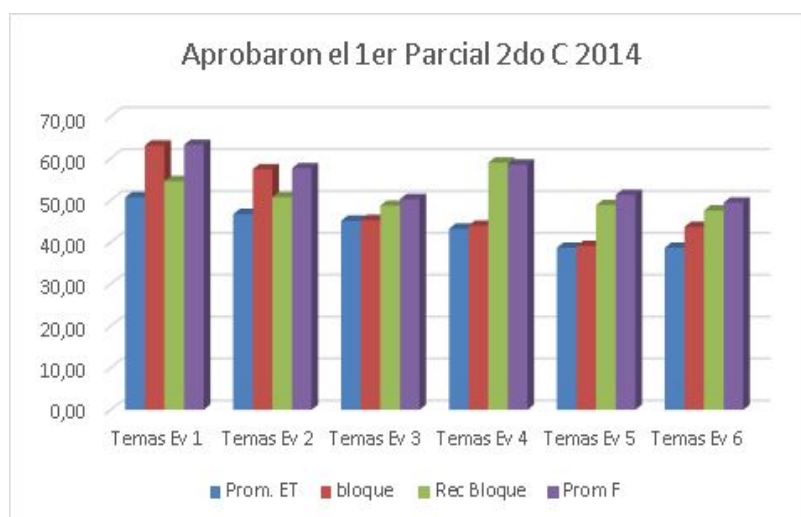


Figura 5 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que aprobaron el 1er Parcial en el 2do Cuatrimestre 2014

3.2.2 Alumnos que promocionaron

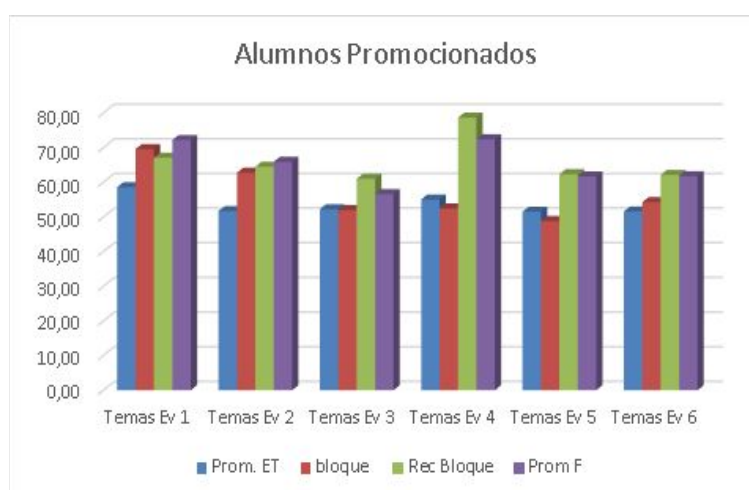


Figura 6 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron la asignatura en el 2do Cuatrimestre 2014

3.2.3 Alumnos que promocionaron en 1ra Instancia

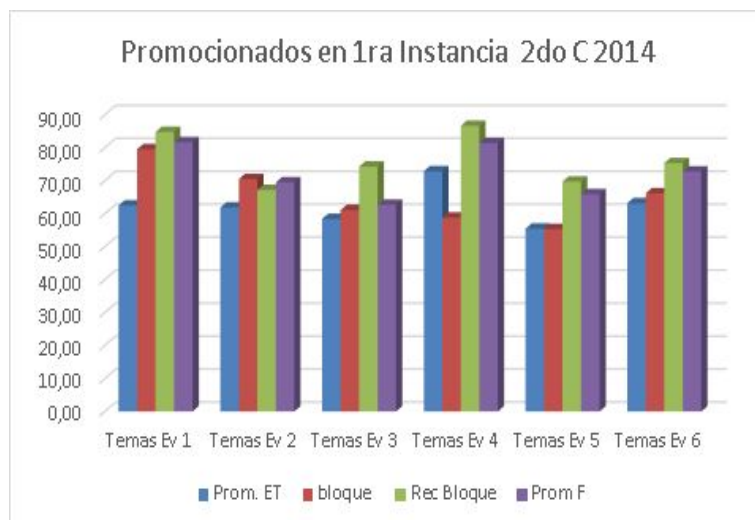


Figura 7 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron en primera instancia la asignatura en el 2do Cuatrimestre 2014.

3.2.4 Alumnos que pasaron a la etapa de Recuperación

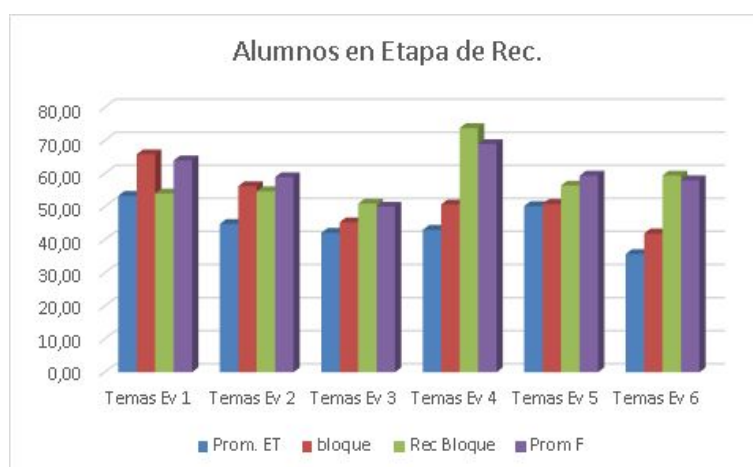


Figura 8. Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que pasaron a la etapa de recuperación en el 2do cuatrimestre 2014

3.3. 1er Cuatrimestre 2015

3.3.1 Alumnos que aprobaron el 1er Parcial

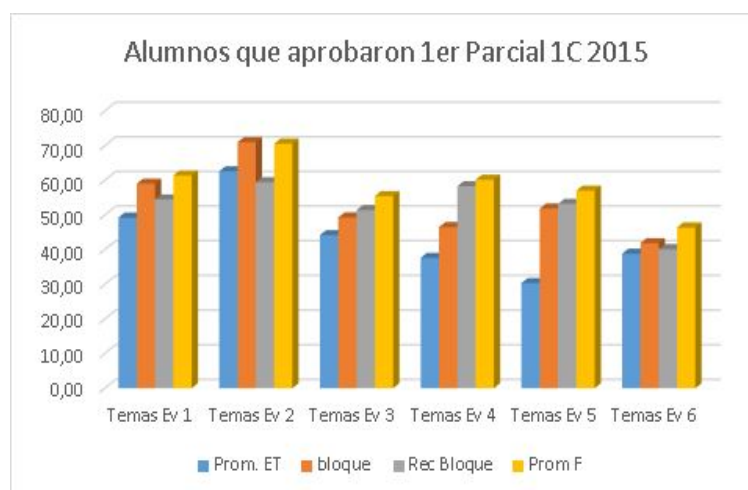


Figura 9. Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que aprobaron el primer parcial en el 1er Cuatrimestre 2015

3.3.2 Alumnos que promocionaron

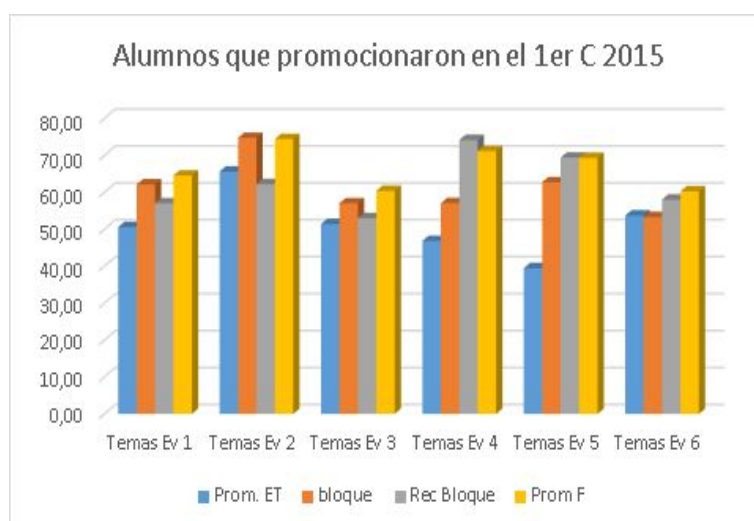


Figura 10 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron en el 1er Cuatrimestre 2015

3.3.3 Alumnos que promocionaron en 1ra Instancia

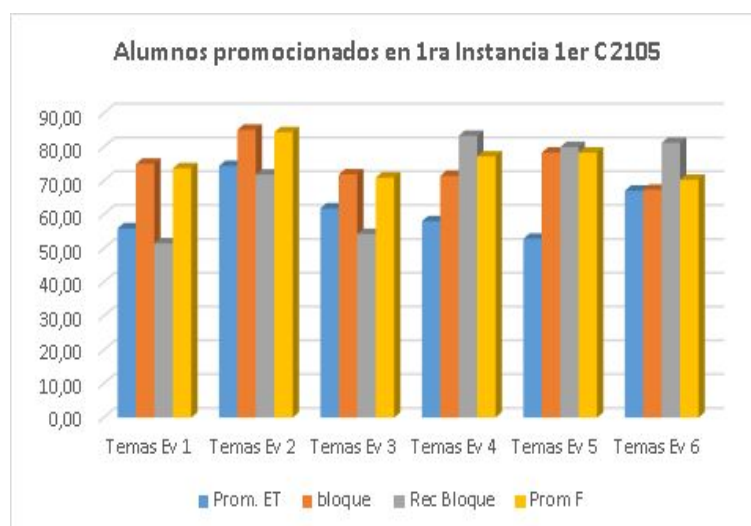


Figura 11 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron en primera instancia en el 1er cuatrimestre de 2015.

3.3.4 Alumnos que pasaron a la etapa de Recuperación

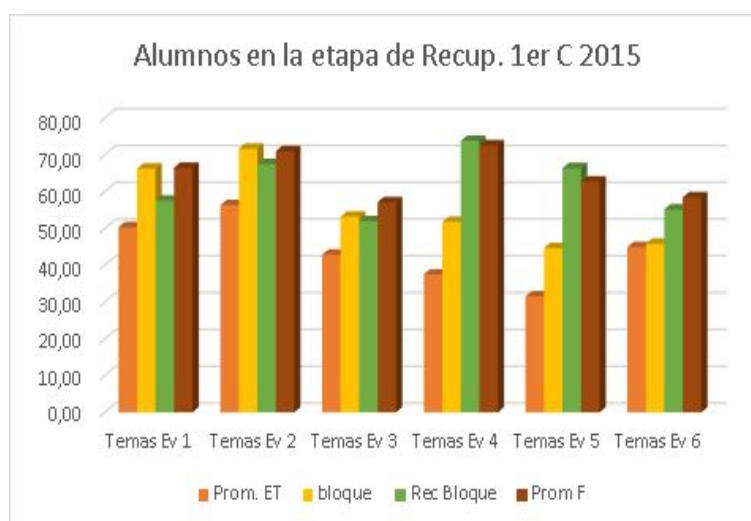


Figura 12. Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que pasaron a la etapa de recuperación global en el 1er Cuatrimestre de 2015.

3.4 2do Cuatrimestre 2015

3.4.1 Alumnos que aprobaron el 1er Parcial

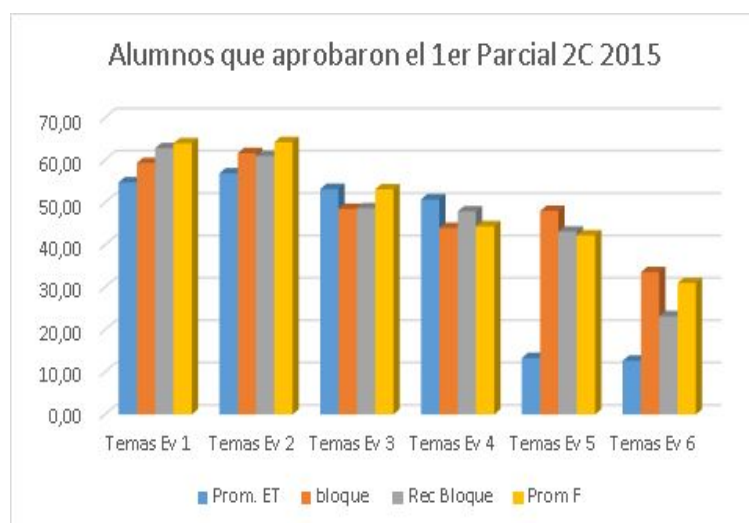


Figura 13. Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que aprobaron el primer parcial en el 2do Cuatrimestre 2015.

3.4.2 Alumnos que promocionaron

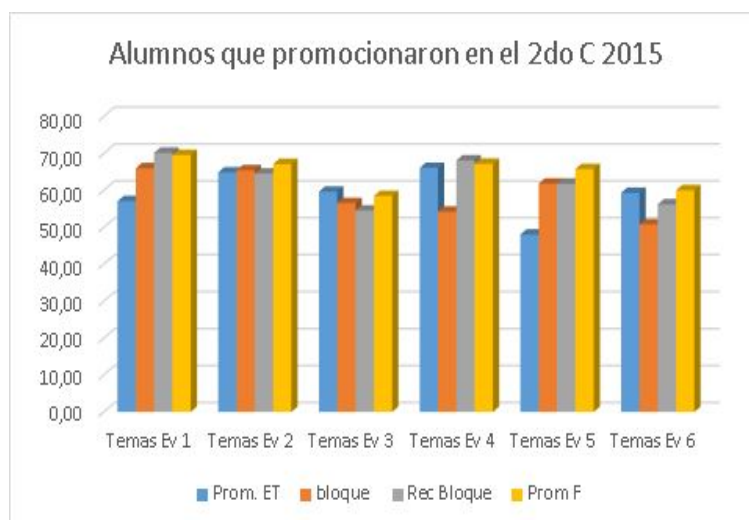


Figura 14.. Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que aprobaron el primer parcial en el 2do Cuatrimestre 2015

3.4.3 Alumnos que promocionaron en 1ra Instancia

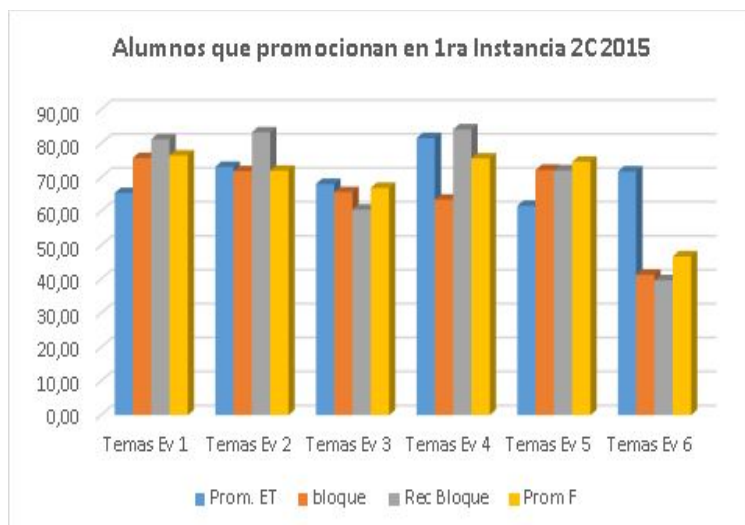


Figura 15 Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que promocionaron en primera instancia en el 2do Cuatrimestre 2015

3.4.4 Alumnos que pasaron a la etapa de Recuperación

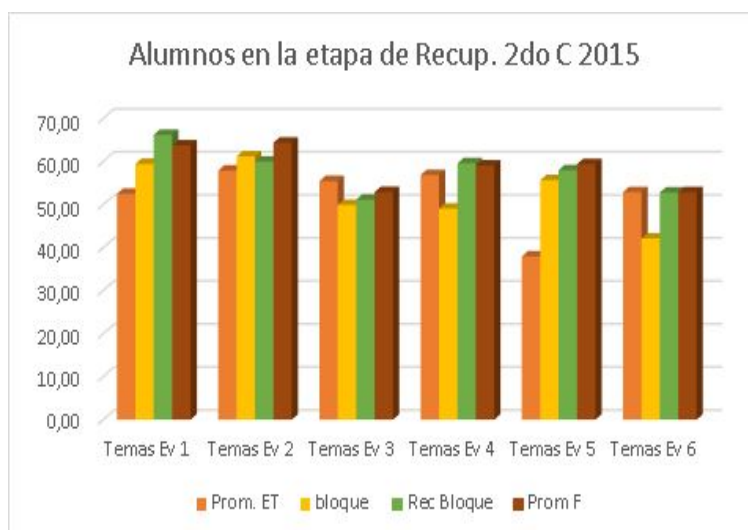


Figura 16. Muestra Promedio en ET y Porcentajes de los bloques de los Parciales de los alumnos que pasaron a la etapa de recuperación global en el 2do Cuatrimestre 2015

Se puede ver que el menor rendimiento, en las evaluaciones por tema y en los bloques de las evaluaciones parciales, se presenta en los temas de las evaluaciones 5 y 6 y en sus bloques respectivos, para todos los alumnos que aprobaron el primer parcial de todos los cuatrimestres analizados, mientras que para los alumnos que promocionaron la asignatura en cualquiera de las instancias el menor rendimiento se presenta en los temas de la evaluación 5.

Los alumnos que continuaron cursando luego de rendir el primer parcial presentaron una estrecha relación entre el resultado de las ET (1, 2 y 3) y el bloque correspondiente del primer parcial o su recuperación, notándose una mejoría en las sucesivas evaluaciones para dichos temas, mientras que en los correspondientes al segundo parcial pudieron notarse en las ET 4 y

6 algunos altibajos en su rendimiento debidos probablemente al diferente grado de complejidad que presentan estos temas para los estudiantes.

Se pudo apreciar de acuerdo a los datos manejados, que los alumnos que promocionaron en primera instancia no rindieron recuperación del primer parcial, pero sí lo hicieron solo en algunos casos en el segundo, lo que nos habla de la dificultad creciente para los mismos de los temas del segundo parcial en comparación con los de la primera parte.

Se observa además una mayor homogeneidad en la evolución en las etapas de recuperación cuando se consideran todos los alumnos promocionados, puede deberse a que al incluir los alumnos que promocionaron en primera instancia con los de la etapa de recuperación, se compensa el mejor rendimiento en el primer parcial del primer grupo, en tanto que el segundo grupo logró una maduración mayor en los temas del segundo parcial.

4. Conclusiones y recomendaciones

Pensadas como una situación más de aprendizaje, las devoluciones que se realizaron luego de cada evaluación, contribuyeron al proceso formativo del alumno. Estas promovieron a la reflexión sobre lo actuado a la luz de los criterios de evaluación de los docentes, los conceptos aplicados erróneamente, y también el grado alcanzado en el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Teniendo en cuenta que las opiniones sobre este tipo de devoluciones o metodología están divididas sobre el impacto positivo que tiene en los alumnos, se tuvo en cuenta la percepción que tienen nuestros estudiantes, ya que hemos observado, que estas devoluciones ...”son consideradas muy importantes en un 67% e importantes en un 27%”...e incluso consideran provechoso el hecho de haber rendido la ET para encarar la relectura de la bibliografía y apuntes de teoría en su preparación para el P... [1], lo que nos impulsa a que sigan realizándose. Además los errores de concepto o las fallas en estrategias de cálculo destacadas en las mismas disminuyeron notablemente en posteriores evaluaciones lo que se detectó en la corrección y pudo observarse en los resultados casi siempre crecientes en puntaje en las distintas etapas de evaluación.

Respecto de la vinculación entre la ET y los bloques del parcial, en el primer cuatrimestre de 2014, considerando los promedios de evaluaciones por tema y bloques correspondientes de los parciales (parcial y recuperación) podemos observar que el rendimiento alcanzado en el parcial (1ra instancia o recuperación) es casi siempre mayor, lo mismo ocurre en los otros cuatrimestres analizados. Con las tendencias prácticamente en alza del rendimiento de cada evaluación con su correspondiente bloque, podemos apreciar una influencia positiva de las devoluciones realizadas en cada etapa de evaluación.

El vínculo es estrecho entre estas evaluaciones y nos permite también observar los diversos temas que presentan mayor dificultad para los alumnos que son los correspondientes a las evaluaciones 4, 5 y 6, a raíz de esto, se propone trabajar con los mismos para elaborar material y nuevas metodologías que sirvan de apoyo para los alumnos que cursen la asignatura.

5. Referencias

- [1] ALMAZÁN,J., COPA,B., DIP,S.(2012).*La evaluación continua en la enseñanza de la ingeniería*. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. ISSN N° 1853-7871.

- [2] COPA,B. , DIP,S., ALMAZÁN,J.. (2015). *Incidencia de la Evaluación por Bloques en los Parciales*. Educación Matemática en las carreras de Ingeniería. EMCI 2015. ISBN 978-950-42-0165-6.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CUESTIONARIOS PREVIOS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ALUMNOS DE LA CÁTEDRA ANÁLISIS MATEMÁTICO II.

Collivadino, Carolina, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,

carolinacollivadino@hotmail.com

Almazán, Jorge, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,

jalmazan@unsa.edu.ar

Copa, Beatriz, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,

beaemil@gmail.com

Dip, Silvana, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,

sibedip@gmail.com

Resumen— Los cuestionarios previos constituyen un instrumento metodológico en la Cátedra Análisis Matemático II, de las carreras de Ingeniería Civil, Industrial, Química y Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta. El objetivo es incentivar al alumno a leer los conceptos y sus aplicaciones dictados en las clases teóricas antes de concurrir a las clases prácticas y lograr un cambio de actitud de los mismos en cuanto a su participación durante el desarrollo de los trabajos prácticos. De esa forma se pretende lograr clases más dinámicas y participativas. Desde su implementación y en base a las experiencias recabadas en los distintos cuatrimestres se fue modificando, con el objetivo de lograr un mayor impacto en el rendimiento de los alumnos.

El presente trabajo es una continuación de uno previo, donde se analizó el impacto de los cuestionarios en el rendimiento académico. Posteriormente en base a información recabada durante las clases de trabajos prácticos de una comisión (en total son cuatro) tomada como piloto, se analiza si los cuestionarios previos se estudian en forma sistemática y en qué medida son de utilidad durante el desarrollo de los trabajos prácticos. En base a ese análisis se plantean acciones que se podrían tomar a futuro para que el impacto de los cuestionarios previos sea mayor en el rendimiento de los alumnos.

Palabras clave— *metodología, instrumento de evaluación, rendimiento académico.*

1. Introducción

Las carreras que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta son: Ingeniería Civil, Química, Industrial y Electromecánica. Sus planes de estudio contemplan todas las materias primer año y algunas de segundo año comunes a las cuatro ingenierías. Dentro de este contexto se encuentra la asignatura Análisis Matemático II, que corresponde al primer cuatrimestre de segundo año y que repite su dictado en el segundo cuatrimestre.

En esta Facultad rige desde hace varios años el régimen de promoción, mediante el cual la evaluación al alumno debe ser en forma continua e integral. Este sistema de promoción requiere implementar una serie de acciones mediante la cual se evalúa al estudiante continuamente en diversas instancias y en diversos aspectos de su desempeño durante el cursado. Otra modificación que surgió al implementar el sistema de evaluación continua y

promoción es que todas las asignaturas son de dictado cuatrimestral. Este sistema de evaluación está reglamentado y aprobado por el Consejo Directivo de la Facultad. En este contexto, la sumatoria de actividades académicas que realiza el estudiante en todas las asignaturas y en nuestro caso en la Cátedra Análisis Matemático II, están contempladas en una fórmula polinómica. La misma contempla: dedicación y compromiso de la tarea durante el desarrollo de los Trabajos Prácticos, presentación en tiempo y forma de los Trabajos Prácticos, evaluaciones tales como, Cuestionarios Previos, Evaluaciones por Tema y Parciales. Todas estas actividades tienen distinta ponderación en la fórmula polinómica. Con esta fórmula se obtiene el Puntaje Final (PF) mediante el cual el alumno puede o no promocionar la asignatura. A continuación se detalla la fórmula polinómica que nos da el puntaje final.

$$PF = 0,60 \text{ Exámenes Parciales} + 0,25 \text{ Evaluaciones por Tema} + 0,10 \text{ Cuestionarios Previos} + 0,05 \text{ Nota Conceptual.}$$

En la nota conceptual intervienen la dedicación y compromiso de la tarea durante el desarrollo de los Trabajos Prácticos y presentación en tiempo y forma de los Trabajos Prácticos. Promocionan la asignatura todos los alumnos que obtienen un PF superior o igual a 70 puntos. Los alumnos que obtienen un PF mayor o igual a 40 y menor que 70, no promocionan y pasan a una Etapa de Recuperación. En esta etapa la Cátedra realiza actividades de apoyo académico para ayudar al estudiante en el proceso de aprendizaje para lograr una mejor preparación para la evaluación final. Es decir, esta etapa finaliza con una evaluación a grupos de alumnos de acuerdo a su situación académica durante el cursado normal de la asignatura.

Se observa en la fórmula del PF que tanto los Parciales como las Evaluaciones por Tema son los elementos que tienen mayor ponderación. En cambio los Cuestionarios Previos sólo tienen una incidencia del 10 %, a pesar de ello son muy significativos durante el desarrollo de las clases de Trabajos Prácticos. Este instrumento metodológico se utiliza desde hace varios años y fueron creados con el objetivo de incentivar al alumno a leer los conceptos teóricos, aplicaciones y ejemplos dictados en las clases teóricas antes de concurrir a las clases prácticas. Con ello, se pretende lograr un cambio de actitud de los estudiantes en cuanto a su participación durante el desarrollo de los trabajos prácticos, para que de esa forma se logren clases más dinámicas y participativas. Los objetivos propuestos fueron ampliamente logrados.

El presente trabajo es una continuación de uno previo donde se analizó el impacto de los cuestionarios en el rendimiento académico. Posteriormente en base a información recabada durante las clases de trabajos prácticos de una comisión (en total son cuatro) tomada como piloto, se analiza si los cuestionarios previos se estudian en forma sistemática y en qué medida son de utilidad durante el desarrollo de los trabajos prácticos. En base a ese análisis se plantean algunas acciones que se podrían tomar a futuro para que el impacto de los cuestionarios previos sea mayor en el rendimiento académico de los estudiantes.

2. Marco teórico

La evaluación es un proceso continuo de detección de aciertos y errores en la adquisición de conocimientos de los alumnos que se miden a través de diversos instrumentos.

En términos genéricos evaluar es valorar. Si nos referimos a la evaluación de los aprendizajes, ésta se puede concebir de dos maneras, la primera consiste en proporcionar la información sobre el proceso de aprendizaje como inherente a la dinámica interna del enseñar y del aprender, allí la evaluación proporciona datos que permiten desplegar diferentes estrategias de enseñanza a partir del reconocimiento y la comprensión de las formas de aprender en cuanto a su estructuración y producción y la segunda tiene el carácter de acreditación, que implica dar

cuenta o rendir cuenta de los resultados de aprendizajes logrados en un tiempo y nivel de escolaridad determinados. Evaluar para organizar el enseñar y evaluar para acreditar se integran en la práctica, pero no se deben confundir, ya que responden a finalidades diferentes teniendo sistemas referenciales diferentes.

La evaluación no se puede situar sólo al final del proceso enseñanza – aprendizaje. Hay diversas modalidades de evaluación caracterizadas por el momento en que se realizan y por el objetivo que persiguen.

Toda actividad de evaluación es un proceso en tres etapas:

La primera etapa de la evaluación es obtener información:

- acerca del nivel inicial de los alumnos (diagnóstico inicial)
- acerca de los logros alcanzados en el curso (evaluación formativa y sumativa)

La segunda etapa de la evaluación es el análisis de esa información y juicio sobre el resultado

La tercera etapa de la evaluación es deducir conclusiones:

en este sentido, la evaluación permite al profesor:

- conocer el nivel inicial de los alumnos
- verificar la marcha del proceso didáctico
- realizar modificaciones en cuanto a métodos, materiales y tiempo
- determinar el logro de los objetivos provistos
- calificar y promover a los alumnos
- apreciar su propia eficiencia como profesor

la evaluación permite al alumno:

- tomar conciencia de sus posibilidades y limitaciones
- rectificar sus métodos de estudio o perseverar en ellos
- identificar los puntos temáticos de mayor importancia

Para que estas funciones se cumplan, el alumno debe recibir la información y comentarios de los resultados de la evaluación lo más rápidamente posible.

La evaluación formativa, cumple una función reguladora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se produce durante la enseñanza. Tiende a identificar cuáles son los puntos débiles del aprendizaje más que los resultados alcanzados con ese aprendizaje. La información que se busca se refiere a las representaciones mentales del alumno y a las estrategias que utiliza para llegar a un resultado determinado.

La evaluación sumativa, tiene por objetivo establecer balances fiables de los resultados obtenidos al final de un proceso de enseñanza – aprendizaje. Prioriza la recogida de información y la elaboración de instrumentos que posibiliten medidas fiables de los conocimientos a evaluar. Tiene una función social de asegurar que las características de los estudiantes respondan a las exigencias del sistema, sus resultados permiten decidir si los alumnos han aprobado o no la asignatura.

Instrumentos de evaluación: para evaluar es preciso recoger información acerca del desempeño de los alumnos. Para ello se construyen instrumentos de evaluación, se los administra a los alumnos, se hace el cómputo de los resultados y finalmente se interpretan estos resultados y se sacan conclusiones.

Un instrumento bien construido reúne los siguientes requisitos: Validez: un instrumento es válido cuando mide lo que se pretende medir con él. Confiabilidad: un instrumento es confiable cuando mide con precisión, aquí inciden el número de items, el grado de discriminación de diferentes niveles de rendimiento y la objetividad de las puntuaciones. Practicidad: un instrumento es práctico si no implica un esfuerzo desproporcionado en el tiempo de construcción, administración y corrección. Abiertos: cuando valoran procesos complejos y no sólo memoria mecánica. Globalizadores: cuando integran aprendizajes

significativos. Coherentes: respecto de la concepción de evaluación, los criterios adoptados, el proceso de enseñanza y de aprendizaje desarrollados

3. Descripción de la experiencia

El Cuestionario Previo se publica en cartelera y en la Plataforma Moodle inmediatamente después de haberse dictado la clase teórica correspondiente. Consta de cuatro ejercicios teóricos y/o prácticos. Los Cuestionarios Previos se evalúan al comienzo de cada clase práctica, entre 10 y 15 minutos. No se evalúa a todos los alumnos, sino a un cierto porcentaje de los mismos.

En un trabajo previo, se mostró cómo se viene trabajando con esta metodología desde hace varios años. En el mismo se muestra como esta actividad académica obligatoria va produciendo resultados interesantes en cuanto al rendimiento académico de los alumnos, puesto que el hecho de que asistan a la realización de los trabajos prácticos con conocimientos teóricos y prácticos sobre el tema a desarrollarse, se logra un aprendizaje significativo lo que tiene una relación directa con mejorar el rendimiento académico.

En muchos casos los rendimientos de los alumnos en los cuestionarios previos no estaban relacionados con los obtenidos en instrumentos de evaluación posteriores (evaluación por tema y parciales). Por esta razón se plantean ciertos interrogantes sobre la realización de la actividad previa por parte de los alumnos: lo estudian a conciencia?, lo hacen de memoria?, estudia toda la teoría correspondiente al desarrollo del Trabajo Práctico? en qué medida esta actividad logra un aprendizaje significativo? En el presente trabajo se realizan actividades adicionales a las que se venían realizando, a fin de poder tener mayor información sobre en qué medida los conocimientos conceptuales adquiridos en los cuestionarios previos, son de utilidad para lograr un aprendizaje significativo, es decir, se trata de averiguar si los alumnos estudian solamente para responder el cuestionario previo o de una manera más integral.

Para poder verificar el estado actual de la situación y luego realizar acciones tendientes a lograr lo propuesto, se tomó la Comisión N° 4 como Comisión de Prueba y el Cuestionario N° 16 referido a Integrales Curvilíneas, correspondiente a la primera parte del Trabajo Práctico N° 10 “Integrales Curvilíneas y de Superficie”. Se decidió entonces evaluar a todos los alumnos de la Comisión N° 4, no sólo con las cuatro preguntas publicadas en el transparente, sino también con otras preguntas que estaban contempladas en el desarrollo de la clase teórica correspondiente.

ANALISIS MATEMATICO II –1er cuatrimestre 2016 Cuestionario N° 16
Ej.1. Calcular $\int_C (-y, x) \cdot d\vec{x}$, con $C: (x-1)^2 + y^2 = 1$, desde $(0,0)$ a $(1,1)$.
Ej.2. Calcular $\int_C (x, y, z) \cdot d\vec{x}$, con $C: x+y=2, x+z=2$, (1er octante, z creciente).
Ej.3. Probar: "Si $\int_C \vec{a}(\vec{x}) \cdot d\vec{x}$ es independiente de $C \rightarrow \oint_C \vec{a}(\vec{x}) \cdot d\vec{x} = 0, \forall C$.
Ej.4. Probar: "Si $\vec{a}(\vec{x})$ deriva de una función potencial $\rightarrow \vec{a}(\vec{x})$ es conservativo"
Este cuestionario será evaluado el jueves 2 y viernes 3 de junio.

Figura 1. Cuestionario Previo N° 16

Las seis preguntas que no se publicaron pero que fueron evaluadas además de las cuatro que contemplaba el cuestionario fueron:

- 5) Dada la curva $C: \vec{x} = \vec{x}(t)$, defina curva simple. Gráficamente muestre cuando una curva no es simple y justifique con la definición.
- 6) Explique cómo se realiza el cálculo de una integral curvilínea $\int_C \vec{a}(\vec{x}) \cdot d\vec{x}$
- 7) Enuncia las tres propiedades de integrales curvilíneas
- 8) Enuncie hipótesis y tesis del Teorema que da condiciones suficientes para que una integral curvilínea sea independiente de la curva C
- 9) Resolver $\int_C (x^2 + y^2 + z^2) \vec{x} \cdot d\vec{x}$ con $\vec{x}(t) = (\cos t, \sin t, 2t)$ $0 \leq t \leq 2\pi$
- 10) Resolver $\int_C (x^2 + y^2 + z^2) \vec{x} \cdot d\vec{x}$ con C : Curva intersección de las superficies $z = x^2 + y^2$ y el plano $z = 4$.

Las respuestas a estas consignas estuvieron desarrolladas totalmente en la clase teórica anterior a la clase práctica.

4. Análisis de las respuestas de los alumnos

Se analizarán primeramente los cuatro ejercicios publicados en el transparente de la Cátedra

- 1) Calcular $\int_C (-y, x) \cdot d\vec{x}$, con $C: (x-1)^2 + y^2 = 1$, desde $(0,0)$ a $(1,1)$.

Este ejercicio fue bien resuelto por parte de los alumnos. Interpretaron la consigna y se observan solamente dos pequeños errores, uno de cálculo al final del ejercicio y otro error referido a la escritura de los límites de la integral. Escribieron $\pi \leq t \leq \pi/2$ lo cual no es correcto ya que el límite inferior es mayor que el límite superior, pero en la integral se observa que colocaron correctamente dichos límites. El promedio de nota es de 94 puntos sobre 100.

- 2) Calcular $\int_C (x, y, z) \cdot d\vec{x}$, con $C: x + y = 2, x + z = 2$, (1er octante, z creciente).

Este ejercicio también fue bien resuelto. Se observa el mismo error respecto a la escritura de los límites de integración como una desigualdad, a pesar que en la integral los colocan correctamente. Un alumno no realiza el gráfico lo cual no es aconsejable, ya que para poder apreciar correctamente los límites de integración es necesario contar con la ayuda de un gráfico, a pesar de ello calculó bien los límites de integración. El promedio de nota es de 94 puntos sobre 100.

- 3) Probar: "Si $\int_C \vec{a}(\vec{x}) \cdot d\vec{x}$ es independiente de $C \rightarrow \oint_C \vec{a}(\vec{x}) \cdot d\vec{x} = 0, \forall C$."

Este es un ejercicio teórico a diferencia de los dos anteriores que fueron prácticos. En general estuvo muy bien resuelto, salvo que en el desarrollo de la demostración, un alumno confundió la escritura de una integral sobre una curva cerrada con una integral sobre una curva abierta, pero se puede observar por el gráfico que realizó que conceptualmente entendía el concepto. El promedio de nota es de 94 puntos sobre 100.

- 4) Probar: "Si $\vec{a}(\vec{x})$ deriva de una función potencial $\rightarrow \vec{a}(\vec{x})$ es conservativo"

Este también es un ejercicio teórico. El mismo fue muy bien realizado por los alumnos. Solamente se pudo observar un error de notación, no colocar el punto que simboliza el producto escalar entre dos vectores. El promedio de nota es de 98 puntos sobre 100.

A continuación se analizan los ejercicios no publicados en el transparente de la cátedra.

- 5) Dada la curva $C: \vec{x} = \vec{x}(t)$, defina curva simple. Gráficamente muestre cuando una curva no es simple y justifique con la definición.

Es un ejercicio teórico. En general muy bien resuelto por los estudiantes, salvo que al definir curva simple algunos alumnos escribieron la definición como una implicación $p \rightarrow q$ y no como una doble implicación que se requiere para expresar una definición. El promedio de nota es de 92 puntos sobre 100.

- 6) Explique cómo se realiza el cálculo de una integral curvilínea $\int_C \vec{a}(\vec{x}) \cdot d\vec{x}$

En general el rendimiento de este ejercicio fue bueno. Los alumnos explican que deben partir de la ecuación vectorial de la curva, para poder expresar los elementos de la integral en función del parámetro t para luego resolver la integral. Los alumnos omiten expresar el producto escalar de dos vectores en función de t como una función $f(t)$. Si bien esto no implica un error, debemos destacar esta omisión. El promedio de nota es de 92 puntos sobre 100.

- 7) Enuncia las tres propiedades de integrales curvilíneas

Es un ejercicio teórico, donde los alumnos debían enunciar las tres propiedades de las integrales curvilíneas. Se observa que los alumnos no enuncian u omiten condiciones para que las propiedades puedan cumplirse. Por ejemplo al enunciar la propiedad de la integral curvilínea sobre una curva resultante de las uniones de otras dos curvas, se debe condicionar que las mismas tengan un punto en común, los alumnos no aclaran sobre este punto en común. Otro ejemplo es cuando enuncian la propiedad de la integral curvilínea recorrida en un sentido que resulta igual a la integral curvilínea recorrida en sentido contrario pero cambiada de signo. Los alumnos omiten aclarar el sentido del recorrido de ambas curvas. El promedio de nota es de 65 puntos sobre 100.

- 8) Enuncie hipótesis y tesis del Teorema que da condiciones suficientes para que una integral curvilínea sea independiente de la curva C

Este ejercicio netamente teórico no fue desarrollado satisfactoriamente por parte de los alumnos. Los errores observados fueron: no colocar todos los elementos de la hipótesis, escribir en forma incorrecta algunas hipótesis y confundir parte de las hipótesis con la tesis. Se observa en este ejercicio falta de estudio ya que los conceptos abordados en este teorema fueron estudiados con anterioridad. El promedio de nota es de 20 puntos sobre 100.

- 9) Resolver $\int_C (x^2 + y^2 + z^2) \vec{x} \cdot d\vec{x}$ con $\vec{x}(t) = (\cos t, \sin t, 2t) \quad 0 \leq t \leq 2\pi$

Este es un ejercicio práctico donde los alumnos para resolver la integral curvilínea podían utilizar el Teorema solicitado en el Ejercicio N° 8 para facilitar el cálculo. Ningún alumno usó el teorema. Algunos resolvieron la integral curvilínea parametrizando la curva y cometen ciertos errores de cálculo en la resolución de la misma. Otros alumnos no logran plantear la integral. Los alumnos que resolvieron utilizaron conceptos vistos en clases anteriores y no los conceptos nuevos dictados en la clase teórica correspondiente. Esto muestra que los alumnos no estudiaron este teorema para asistir a la clase práctica. El promedio de nota es de 25 puntos sobre 100.

- 10) Resolver $\int_C (x^2 + y^2 + z^2) \vec{x} \cdot d\vec{x}$ con C : Curva intersección de las superficies $z = x^2 + y^2$ y el plano $z = 4$.

En este ejercicio la integral es la misma que el ejercicio anterior, salvo que la curva es una curva cerrada. Utilizando el teorema se observa que se cumplen las dos condiciones para asegurar que el resultado de la integral es cero. Los alumnos no supieron utilizar el Teorema y sus hipótesis para obtener el resultado de esta integral. El promedio de nota es de 15 puntos sobre 100.

5. Análisis de las respuestas de los alumnos

A continuación se presentan dos cuadros donde figuran las notas promedio de cada ejercicio, considerando los ejercicios que fueron publicados y los que no lo fueron.

Tabla 1. Ejercicios publicados en el transparente de la Cátedra

Ejercicio	Ej 1	Ej 2	Ej 3	Ej 4
Tipo	Práctico	Práctico	Teórico	Teórico
Nota Promedio	94	94	94	98

En general el rendimiento de estos ejercicios fue muy satisfactorio. Se observa que los alumnos respondieron adecuadamente a los ejercicios publicados, es decir que los alumnos leen y estudian la teoría de por lo menos, los ejercicios que se publican. Estos resultados fueron los esperados, ya que esta metodología se aplica desde hace varios años y los alumnos la consideran como una actividad inherente a las condiciones de promoción.

Tabla 2. Ejercicios no publicados en el transparente de la Cátedra

Ejercicio	Ej 5	Ej 6	Ej 7	Ej 8	Ej 9	Ej 10
Tipo	Teórico	Teórico	Teórico	Teórico	Práctico	Práctico
Nota Promedio	92	92	65	20	25	15

Del cuadro anterior se puede observar el bajo rendimiento de los ejercicios que no fueron publicados y que se desarrollaron en la clase teórica. Salvo los ejercicios 5 y 6 en los cuales se observa un buen resultado, los cuatro siguientes no fueron bien desarrollados por parte de los alumnos. Particularmente los ejercicios 8, 9 y 10 que se basaban en un Teorema que da condiciones suficientes para que una integral curvilínea sea independiente del camino de integración y que al ser utilizado se facilita el cálculo en la resolución de las integrales curvilíneas. Se puede inferir que este teorema no fue estudiado por los alumnos, ya que no pudieron responder la pregunta teórica ni tampoco resolver los ejercicios que implicaba utilizar el mismo para facilitar el cálculo de las integrales curvilíneas.

6. Encuesta

Para tener información de lo que opinan los alumnos respecto a los Cuestionarios Previos en cuanto a: si los motiva y ayuda a estudiar, si sólo resuelven los cuatro puntos publicados o además estudian toda la teoría correspondiente al trabajo práctico a desarrollar, se diseñó la siguiente encuesta anónima de opinión para que la completen los alumnos.

Encuesta
Cuestionarios Previos

- 1) ¿El Cuestionario Previo lo motiva y ayuda a estudiar los conceptos teóricos antes de la clase de Trabajos Prácticos? Si ____ No ____ A veces ____
- 2) Considera que al resolver los Cuestionarios Previos va con más conocimiento a la clase práctica?
Si ____ No ____ A veces ____
- 3) Desarrolla y estudia los cuatro puntos del Cuestionario Previo?
Si ____ No ____ A veces ____
- 4) Además de esos cuatro puntos, estudia los conceptos impartidos en la clase teórica que no aparecen publicados antes de asistir a la clase práctica?
Si ____ No ____ A veces ____ ¿Porqué?.....
.....

Figura 2. Encuesta

Se sistematizaron los datos de una muestra de 81 alumnos de una población de 167. A continuación se muestran los gráficos de los porcentajes de las respuestas dadas por los estudiantes.

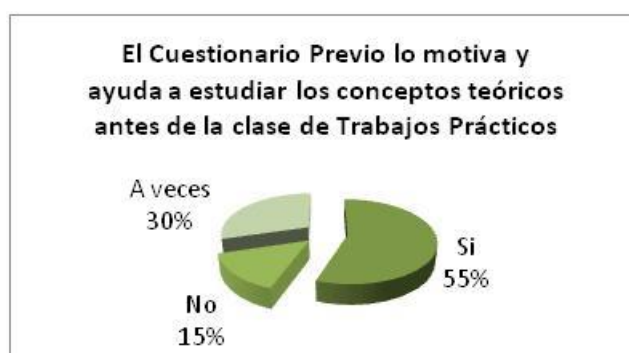


Figura 3. Pregunta 1. Encuesta

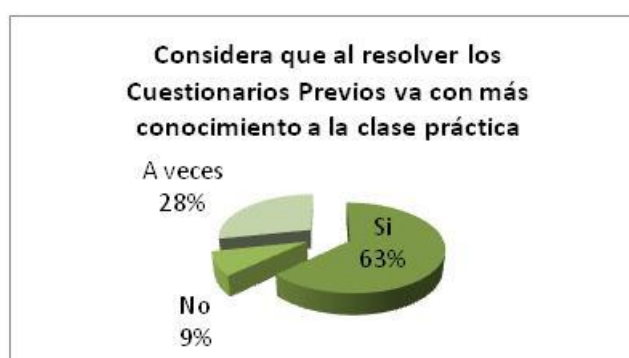


Figura 4. Pregunta 2. Encuesta

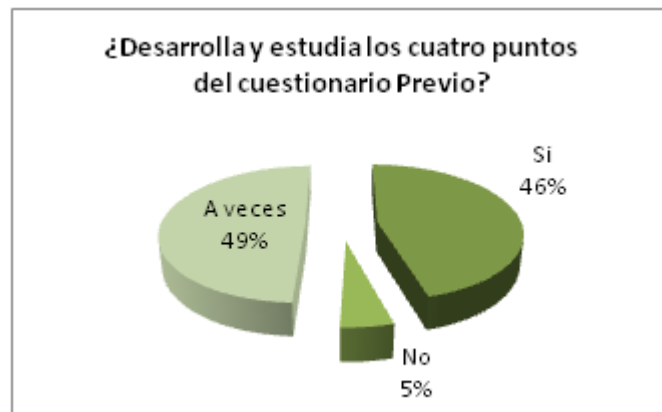


Figura 5. Pregunta 3. Encuesta

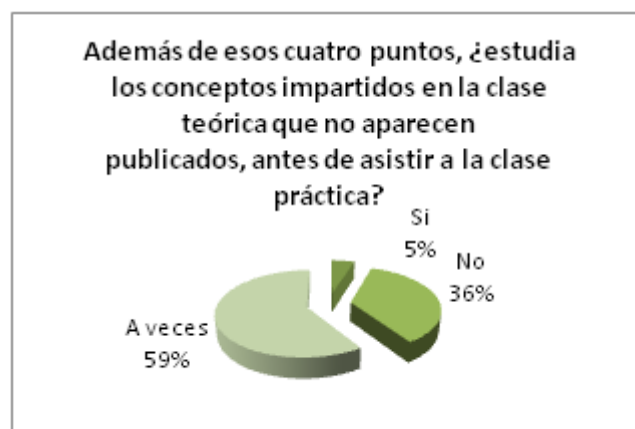


Figura 6. Pregunta 4. Encuesta

El punto 4 solicitaba además una justificación a la respuesta Sí, No o A veces: se muestran a continuación las respuestas dadas por los alumnos.

Sí: 4 alumnos.

Las justificaciones de estos cuatro alumnos fueron:

- Porque es necesario llevar los conocimientos a clase
- Para superarse
- Prepararse para el parcial
- No contesta

No: 29 alumnos - A veces: 48 alumnos

Las justificaciones de estos 77 alumnos fueron:

- Falta de tiempo (47 alumnos – 61%)
- Poca dedicación a la materia (11 alumnos – 14%)
- Trabaja y estudia (2 alumnos – 3%)
- No contestan (12 alumnos – 16%)
- Para tener los conceptos para la clase práctica (5 alumnos-6%)

Considerando las respuestas a las tres primeras preguntas, se puede inferir que los Cuestionarios Previos que se publican, ayudan y motivan en cierta medida a leer o estudiar los conceptos teóricos para asistir a la clase de Trabajos Prácticos con cierta preparación, lo que impacta en un mejor aprendizaje y por ende un mejor rendimiento académico.

Sin embargo, observando las respuestas a la pregunta número cuatro, es muy pequeño el porcentaje (5%) de alumnos que si estudia el resto de la teoría antes de asistir a la clase práctica y justifica diciendo que es necesario llevar los conocimientos a la clase, o que estudia para superarse o para prepararse para el parcial.

En cambio la gran mayoría del alumnado responde que **no** o que **a veces** estudia el resto de la teoría, argumentando falta de tiempo ya que cursan varias materias o falta de interés hacia la misma, muy pocos alumnos trabajan y algunos no contestan.

Cabe destacar que en este grupo de respuestas muy pocos alumnos responden que a veces estudian para tener los conceptos para la clase práctica.

7. Conclusión

Esta tarea indagatoria, donde el objetivo fue analizar si los alumnos asisten a los trabajos prácticos con los conceptos teóricos adecuados para desarrollar los correspondientes ejercicios, se pudo observar que no necesariamente los alumnos estudian con cierta profundidad los conceptos teóricos de manera de lograr un aprendizaje significativo durante la realización de los trabajos prácticos. En base a este análisis se deberán plantear algunas acciones a nivel Cátedra para revertir esta situación y lograr que el impacto de los cuestionarios previos sea mayor en el rendimiento académico de los alumnos.

8. Bibliografía

- Camilloni, A. (1998). "La calidad de los programas de evaluación y de los instrumentos que los integran", en Camilloni, A., Celman, S., Litwin, E. y Palou de Maté, M. (Eds.) (1998), *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*, (pp.67-92). Buenos Aires: Paidós.
- Gimeno Sacristán, J. (1994) "La evaluación en la enseñanza", en Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (Eds.) (1994), *Comprender y transformar la enseñanza*, (pp.334-397). Madrid. Ediciones Morata.
- Jorba, J. y Casella, E. (1997). Estrategias y técnicas para la gestión social del aula Volumen I. La regularización y autorregulación de los aprendizajes. Editorial Síntesis.
- Leithold, L., (1998) El Cálculo. Oxford: Oxford University.
- Purcell, E.J., Varberg, D., Rigdon, S.E. (2001) Cálculo octava edición. México. Pearson Educación.
- Rabuffetti, H.T. (1984). Introducción al Análisis Matemático (Cálculo 2). Buenos Aires. El Ateneo.
- Villagra, M.A. (1998). "La problemática de la evaluación", en *Modelo Didáctico*, Segunda parte, Instituto Coordinador de Programas de Capacitación, (pp.85-115), Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

COOPERACIÓN LATINOAMERICANA PARA EL DESARROLLO DE LABORATORIOS REMOTOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN CIENCIAS E INGENIERÍA

Carlos Arguedas Matarrita, Universidad Estatal a Distancia, carguedas@uned.ac.cr

Sonia Beatriz Concari, Universidad Nacional de Rosario, sconcari@gmail.com

Fernando Ureña Elizondo, Universidad Estatal a Distancia, furena@uned.ac.cr

Resumen— En este trabajo se presentan las experiencias del trabajo realizado por tres universidades públicas en el marco de una red de cooperación internacional financiada por la Secretaría de Políticas Universitarias –SPU– de Argentina. A partir del *know how* sobre laboratorios remotos, dos universidades públicas argentinas: la Universidad Nacional de Rosario –UNR– y la Universidad Nacional del Litoral –UNL–, están apoyando a la Universidad Estatal a Distancia –UNED– de Costa Rica, en el desarrollo de laboratorios remotos propios, dirigidos a la enseñanza de la física.

Se han llevado a cabo acciones conjuntas, visitas recíprocas de los equipos de trabajo de las universidades participantes y se han realizado cursos de capacitación en el tema. Hasta el momento, en la UNED se han utilizado las prácticas remotas de la UNL y se está trabajando en el montaje de prácticas propias con el asesoramiento de las universidades argentinas.

Palabras clave— *laboratorio remoto, cooperación, enseñanza de la física*

1. Introducción

La globalización del conocimiento presenta a su vez un reto y una responsabilidad para las universidades y centros de investigación, para conformar redes de cooperación que promuevan la comunicación y el intercambio de información científica y la realización de actividades de investigación y desarrollo conjuntas.

Una de las acciones que fortalecen el quehacer académico es la cooperación entre instituciones de educación superior. El informe *Horizont Report 2015* señala que “*La acción colectiva entre universidades está creciendo en importancia para la educación superior*” (p.10) [1].

A través de la cooperación internacional y del trabajo en red se posibilita la convergencia de docentes, estudiantes, investigadores y tecnólogos en proyectos específicos para la optimización de recursos materiales y de talentos, para el desarrollo conjunto de proyectos y soluciones a problemas académicos, del medio social y productivo de los países involucrados y de la región.

Con esta visión, los organismos gubernamentales llevan adelante programas y acciones que promueven la cooperación internacional. En particular, la Secretaría de políticas universitarias –SPU– del Ministerio de Educación de la Nación, así como el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva –MINCYT– de Argentina, financian diversos programas

de cooperación interuniversidades que permite la asociación de instituciones de nivel superior para llevar adelante proyectos conjuntos.

Una de las herramientas fundamentales con las que cuenta la Subsecretaría de Gestión y Coordinación de Políticas Universitarias para consolidar la internacionalización de las universidades consiste en el financiamiento de redes internacionales.

La convocatoria está destinada a Instituciones de Educación Superior, tanto públicas como privadas. Cada proyecto debe ser integrado por una asociación de tres o más instituciones universitarias de las cuales, al menos dos deben ser argentinas y una extranjera.

La integración regional en materia científico tecnológica, tiene como ámbito principal al Mercosur y como horizonte a América Latina. En este sentido, se trabaja en el fortalecimiento de las relaciones con socios estratégicos en el continente y en la cooperación con países en vías de desarrollo para disminuir las asimetrías existentes.

La cooperación internacional permite aprovechar la experiencia de otras instituciones, que en el campo de los Laboratorios Remotos –LR- destinados a la enseñanza de la física, en otras latitudes ya se han desarrollado proyectos de cooperación con resultados exitosos [2], [3] y [4].

Se presenta a continuación, una red integrada por universidades de Argentina y de Costa Rica, en el marco del Programa de Promoción de la Universidad Argentina –PPUA-, que tiene como objetivo, asistir a la Universidad Estatal a Distancia –UNED-, para desarrollar, con fines académicos, un entorno *on line* para el uso compartido de laboratorios remotos de experimentación real que incrementen el valor educativo y científico de los aprendizajes en Ciencias e Ingeniería.

2. Materiales y Métodos

A partir de antecedentes diversos, se emprendieron acciones preparatorias para la conformación de la red, la que se presentó a través de un proyecto a llevar a cabo por los integrantes de las instituciones participantes.

2.1 Universidades participantes

Las instituciones participantes son la Universidad Nacional de Rosario –UNR- y la Universidad Nacional del Litoral –UNL-, de Argentina, y la Universidad Estatal a Distancia –UNED- de Costa Rica.

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura -FCEIA- de la UNR cuenta con más de 90 años de trayectoria en la formación de profesionales y en la vinculación con el medio productivo de su región. La amplia oferta académica junto con numerosos centros e institutos de investigación en áreas de las ciencias y la ingeniería, la ubican como institución de referencia en la región.

Desde el año 2009 la FCEIA cuenta con un LR de Física Electrónica, que surgió como un proyecto final de graduación [5], con el que se puede obtener las curvas características de un diodo en polarización directa, diodo Zener y un transistor *bijuntura* en conexión emisor común. Se ha desarrollado además el Laboratorio remoto móvil, capaz de monitorear el desempeño de calefones solares en funcionamiento en el mismo lugar en el que los mismos se encuentran emplazados. El sistema comprende dos grandes bloques de hardware: una estación móvil, que se ubica junto al calefón que se ha de monitorear y controlar en forma remota, y una estación fija, instalada en la FCEIA [6].

Por su parte, la casi centenaria Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Litoral - FIQ- de la UNL realiza una promoción activa de las actividades relacionadas con investigación científica y desarrollo tecnológico. A lo largo de más de 30 años de trayectoria de las Carreras de Posgrado de la FIQ se han producido innumerables trabajos de vinculación con el medio socio-productivo.

En la FIQ, el Grupo Galileo desarrolló en 2008 un LR destinado a la enseñanza de la física. El mismo posee tres prácticas de acceso remoto: experiencias con circuitos RC, RL y RLC en régimen transitorio, experiencias de cinemática y dinámica de rotación y traslación de un volante a lo largo de un riel inclinado, y mediciones del campo magnético de un solenoide [7].

Las dos universidades argentinas cuentan con antecedentes de cooperación a través de convenios específicos la permanente colaboración interinstitucional, materializada en convenios específicos y variadas actividades conjuntas. Los equipos de trabajo ambas universidades cuentan con la experiencia de haber desarrollado y utilizado con fines de enseñanza sus laboratorios remotos (los únicos activos en Argentina), que permiten a alumnos de distintas carreras de Ingeniería operar y experimentar a distancia, controlando equipos reales como si estuviera físicamente en el laboratorio, pero a través de Internet.

Finalmente, la UNED fue creada en 1977 como una institución de nivel superior especializada en enseñanza a través de los medios de comunicación social. Desde ese momento hasta la fecha, el objetivo fundamental ha sido el de llevar la educación universitaria de calidad a todos los rincones de Costa Rica; por esta razón cuenta con 34 Centros Universitarios –CeU- distribuidos a lo largo y ancho del territorio costarricense. Debido a la modalidad a distancia adoptada por la UNED, los LR se presentan como una herramienta para realizar experiencias de laboratorio sin necesidad de que los alumnos se deban desplazar a un CeU.

2.2 Los laboratorios remotos

Los laboratorios remotos, al igual que los laboratorios virtuales de simulaciones, están basados en Web. La mayor diferencia entre ambos es que en un LR se opera sobre procesos reales, requiere equipos físicos que realizan los ensayos localmente, pero en los que el usuario accede en forma remota a través de una interfaz que está implementada mediante software. Además de permitir la realización a distancia de prácticas experimentales, este tipo de desarrollos posibilita a las instituciones el compartir recursos costosos en el marco de dictados de asignaturas con propósitos de e-learning para lo que normalmente las instituciones hacen uso de alguna plataforma LMS del tipo Moodle, e-ducativa, u otras. En relación con esto, lo habitual hoy es que ambos tipos de sistemas, LMS y laboratorio remoto, se utilicen en forma independiente. Sin embargo, lo conveniente es que los estudiantes puedan acceder y realizar las prácticas experimentales reales en laboratorio remoto desde el sistema LMS que emplean para acceder a los materiales de estudio, comunicarse con pares y profesores, realizar y enviar las actividades de aprendizaje.

La integración de estos recursos posibilita que el laboratorio real, las simulaciones, actividades de aprendizaje, materiales didácticos (en general), y toda la variedad de herramientas de comunicación (bi y multidireccionales) y espacios de producción compartida (por ejemplo, wikis), se administren y usen en un mismo entorno. De ahí que expresemos que esta integración facilita el establecimiento de formas enriquecidas de comunicación didáctica mediada, facilitando el despliegue de la interactividad en sus modos inter-multisubjetivo e intrasubjetivo (interacciones múltiples: con la tarea, los saberes previos, entre pares y con docentes, con los materiales, con el experimento, etc.).

La experimentación remota aplicada con fines educativos busca en este contexto agregar valor a la formación a distancia en el ámbito de las ciencias experimentales y las ingenierías.

2.3 Los antecedentes

Se destacan como antecedentes de trabajo conjunto de los equipos intervinientes en ambas instituciones argentinas vinculados estrechamente a la temática del proyecto, la ejecución de proyectos de investigación y numerosas publicaciones en coautoría, desde hace más de 10 años.

La interacción con la UNED surge a partir de la realización del taller de capacitación “Applets y laboratorios remotos para el estudio de electromagnetismo y óptica”, desarrollado por un docente de la FCEIA y otro de otra universidad argentina, en el marco de la XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física, llevada a cabo en Guayaquil (Ecuador), en 2013. En ese taller participaron como alumnos dos docentes de la UNED. A partir de esta actividad, se establecieron los primeros contactos que conducirían a la constitución de la red.

El plan de trabajo propuesto y las actividades realizadas en el marco de la red han sido consensuados por los integrantes de la misma y aprobados por la SPU, organismo que financió el proyecto. En el apartado siguiente se presentan y analizan dichas actividades.

2.4 Los objetivos de la red

El proyecto a llevar a cabo por la red se propone asistir a la UNED para desarrollar, con fines académicos, un entorno *on line* para el uso compartido de laboratorios remotos de experimentación real que incrementen el valor educativo y científico de los aprendizajes en ciencias e ingeniería. Ello supone alcanzar objetivos específicos técnicos y educativos, a partir de un trabajo colaborativo que integra acciones en I+D+i involucrando personas y recursos de las tres instituciones. Con base en los fundamentos y antecedentes expuestos, el proyecto plantea como objetivos y estrategias para el logro de los mismos:

En relación con el Objetivo 1: “Diseñar y desarrollar en forma colaborativa un laboratorio remoto en la UNED”, se requiere:

1. Definir la estructura del laboratorio, protocolos de comunicación y lenguajes de programación compatibles con la plataforma Moodle disponible en la UNED.
2. Evaluar la infraestructura requerida: espacio físico, instalaciones eléctricas, iluminación, seguridad, etc.
3. Relevar los equipos y recursos humanos, materiales e informáticos necesarios.
4. Desarrollar la infraestructura del laboratorio.

En relación con el Objetivo 2: “Diseñar y desarrollar en forma colaborativa nuevos experimentos remotos y agregar valor desde lo educativo y desde lo tecnológico a los experimentos remotos desarrollados” se requiere:

1. Evaluar bajo criterios técnicos y educativos los experimentos reales y remotos existentes en las instituciones.
2. Identificar los temas/experimentos a desarrollar en distintas áreas temáticas de la enseñanza de la física.
3. Identificar las competencias generales o transversales (requeridas en la formación de ingenieros) que pueden ser promovidas por los experimentos remotos.

4. Desarrollar materiales didácticos que permitan utilizar los experimentos remotos de forma efectiva.

5. Realizar las mejoras requeridas a los experimentos remotos ya existentes.

En relación con el Objetivo 3: “Poner los experimentos remotos desarrollados al servicio de los estudiantes, los profesores y las instituciones, evaluarlos y difundirlos”, se requiere:

1. Crear espacios de colaboración entre las instituciones participantes mediante experimentos remotos en Internet.

2. Evaluar en forma conjunta los posibles escenarios de experimentación y ejercitación compartidas entre alumnos, docentes e investigadores de la UNED y de las universidades de Argentina (desde perspectivas técnica, educativa y comunicacional).

3. Difundir los laboratorios y los experimentos y comunicar resultados

En relación con el Objetivo 4: “Consolidar la colaboración inter-universitaria internacional a través de la firma de convenios entre las instituciones involucradas”, se requiere:

1. Establecer acuerdos marcos institucionales y específicos de cooperación entre las instituciones y equipos de trabajo que resulten convenientes para las instituciones y para la consolidación de la red.

2. Firmar convenios por las autoridades universitarias.

3. Resultados y Discusión

Las acciones de cooperación contemplan tanto el uso de herramientas tecnológicas como las visitas recíprocas de expertos de las universidades participantes y han abarcado encuentros de los investigadores involucrados y realización de cursos.

La UNED habilitó un espacio de comunicación en el Portal Investiga de la Vicerrectoría de Investigación de esta institución. En este sitio se compartió material y facilitó la comunicación permanente entre los investigadores involucrados de las tres universidades.

Algunas de las acciones realizadas hasta el momento de detallan a continuación:

- Asistencia de un miembro de la UNED a realizar un curso sobre el uso educativo de LR en la FCEIA-UNR.
- Realización de una pasantía para trabajar en los LR de las universidades argentinas (Figura 1).
- Visita de expertos argentinos a la UNED (Figuras 2 y 3).
- Gestión y firma de dos convenios marco entre la UNR y la UNED y entre la UNL y la UNED.
- Visualización de la práctica remota que se desarrolla en Costa Rica.
- Análisis y selección del protocolo de comunicación y software a utilizar.
- Adecuación edilicia para el espacio que ocupará el LR en la UNED.
- Adquisición de equipamiento específico para el montaje del LR en la UNED (Figura 4).



Figura 1: De izquierda a derecha: Sonia Concari (UNR), Pablo Lucero (UNL), Carlos Arguedas Matarrita (UNED y Hugo Kofman (UNL), en el LR de la FIQ-UNL.



Figura 2: De izquierda a derecha: Luis Montero (Director, UNED), Lizzette Brenes (Vicerrectora, UNED), Luis Guillermo Carpio (Rector, UNED), Sonia Concari (UNR), Carlos Arguedas (UNED) y Fernando Ureña (UNED), en la sede central de la UNED.



Figura 3: De izquierda a derecha: Miguel Plano (UNR) y Fernando Ureña (UNED), en el CeU de Alajuela de la UNED, con parte del equipamiento destinado al primer LR.

En el desarrollo del proyecto se ha contado con el apoyo de las autoridades universitarias de la UNED, tanto del Director de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, la Vicerrectora de Investigación y el señor Rector, lo que ha facilitado la consolidación de esta red interinstitucional.

3.1 Uso del LR del Grupo Galileo

En el año 2014 por primera vez estudiantes de la UNED realizan una práctica de acceso remoto perteneciente al Grupo Galileo de la UNL. En el año 2015 se ampliaron prácticas remotas a tres cursos distintos, igual que para el presente año. Los datos de los usuarios habilitados y las experiencias completadas con éxito se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Usuarios habilitados y prácticas realizadas en el LR de la UNL.

Curso	Año 2014		Año 2015		Año 2016	
	Usuarios habilitados	Realizaron la práctica	Usuarios habilitados	Realizaron la práctica	Usuarios habilitados	Realizaron la práctica
Física II	48	15	42	28	71	
Física III	----	----	23	16	---	---
Física Gral. I	---	---	5	5	---	---
Total	48	15	70	49		

Fuente. Elaboración propia.

En el 2014 solo un 31% de los estudiantes de Física II habilitados lograron completar la práctica remota; es una cantidad baja pero importante ya que se introducía esta tecnología por primera vez en la UNED. Este número aumentó significativamente en el 2015: en Física II realizaron la práctica el 67% de los estudiantes, y en Física III el 70%, mientras que en Física General, todos los estudiantes realizaron la experiencia, los resultados correspondientes a Física II en 2016 están pendientes ya los estudiantes se encuentran realizando la experiencia mientras se escribía este trabajo, para el uso de este LR se ha coordinado con los miembros del Grupo Galileo para que realicen la generación de usuarios y contraseñas tanto para docentes como estudiantes de la UNED.

Este proyecto ha permitido incorporar los LR en cursos de física que se ofrecen en la UNED, experiencias que realmente responden a la educación a distancia que se ofrece en esta universidad.

3.2. Proceso de construcción y adquisición de equipos en la UNED

Respecto del equipamiento, se cuenta con un equipo de la marca PASCO comprado específicamente para el montaje del primer LR en la UNED (para experimentos de movimiento en una dirección). Específicamente se dispone de: pista de aire de 2 m de longitud, el soplador para que pueda funcionar la pista de aire, un deslizador, 10 fotoceldas (en las primeras pruebas es necesario determinar si se van a ocupar más), contadores digitales, banderas que se colocan sobre el deslizador con el fin de que interrumpan el paso de la luz de las fotoceldas y se pueda hacer el respectivo conteo de tiempo-posición. Algunos de estos equipos se muestran en la Figura 4.

Aún falta adquirir un motor paso a paso y un ARDUINO para iniciar el montaje inicial. Para este primer montaje se está en proceso de contratación de un técnico que pueda hacer aquellas piezas necesarias para que el equipo funcione.

Una vez que se logre montar la práctica y que funcione *in situ*, el siguiente paso será automatizarla y finalmente a través de un servidor ponerla a disposición de los estudiantes.



Figura 4: Equipamiento específico adquirido por la UNED para el desarrollo del primer LR de mecánica.

La UNED ha previsto realizar un primer montaje del equipamiento para conformar el LR en el CeU de Alajuela, ubicado aproximadamente a unos 20 km al oeste de la Ciudad Capital. Allí ya han finalizado los trabajos de remodelación edilicia para ese fin.

Para finales del año 2017 o inicios del año 2018 se espera que esté concluido el edificio de Investigación, Innovación y Desarrollo -Ii+D- en la sede central de la UNED, en San José. Ese edificio será un moderno espacio donde el proyecto de LR contará con unos 80 m² aproximadamente. El LR de Alajuela será entonces trasladado allí, donde con toda la infraestructura necesaria para desarrollar el proyecto con más prácticas remotas a futuro.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las actividades realizadas hasta el momento dan cuenta de un trabajo sostenido que tendrá como resultado final, el desarrollo de un LR propio de la UNED.

El proyecto original ha sido superado por las acciones realizadas. Pueden mencionarse las numerosas notas que diversos medios han confeccionado para informar a la comunidad universitaria de la UNED, así como a la sociedad costarricense, sobre los alcances y avances de este proyecto [8], [9], [10] y [11].

Adicionalmente, un docente de la UNED está realizando estudios de Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la UNL, con la tesis: “Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica”, para lo cual la UNED otorgó una beca a través del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI).

5. Agradecimientos

Se agradece a la UNED por la beca otorgada a través del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI) para la realización del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales, en la UNL.

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: “Asistencia para el desarrollo de un laboratorio remoto de física y uso compartido de entornos experimentales en Ciencias e Ingeniería” (REDES VII Código: 27-51-0147) y “Procesos educativos mediados por tecnologías en ciencias e ingeniería. Estudio de casos” (UNR-1ING505).

6. Referencias

- [1] JOHNSON, L; ADAMS BECKER, S; ESTRADA, V; FREEMAN, A. (2015). *NMC Horizon Report: Edición Educación Superior 2015*. Austin, Texas: The New Media Consortium. Recuperado de <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-HE-ES.pdf>
- [2] ALVES, G. R; FERREIRA, J. M; MULLER, D; ERBE, H. H; HINE, N; ALVES, J. B. M; SUCAR, E. (2005, September). Remote experimentation network-yielding an inter-university peer-to-peer e-service. In *Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. ETFA 2005. 10th IEEE Conference on* (Vol. 2, pp. 8-pp). IEEE.
- [3] SELL, R; RUUTMANN, T. (2014, February). The international cooperation on remote laboratories conducted with engineering didactics. In *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on* (pp. 187-190). IEEE.
- [4] LERRO, F; MARCHISIO, S; PERRETTA, M; PLANO, M; PROTANO, M. (2011). Using the Remote Lab of Electronics Physics (“Laboratorio Remoto de Física Electrónica”) to Support Teaching and Learning Processes in Engineering Courses. In: *Using Remote Labs in Education*. J. GarcíaZúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 211-230 (2011). Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf>
- [4] KRNETA, R; RESTIVO, M.T; ROJKO, A; URBANO, D. (2016). Evaluation of remote experiments by different target groups NeReLa project case study. En *REV2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, 320-325. Madrid, España. IEEE.
- [6] SAEZ DE ARREGUI, G; PLANO, M; CONCARI, S. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. *Revista de Enseñanza de la Física*, V 27 (Extra), 593-599
- [7] KOFMAN, H; CONCARI, S. (2011). Using remote labs for Physics teaching. In: *Using Remote Labs in Education*. J. García-Zúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 293-308. Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf>
- [8] RAMIREZ CHINCHILLA, K. (2014). Laboratorios remotos de experimentación real podrían ser una realidad para la UNED. Acontecer Digital. UNED. 4 Junio 2014 11:34. Recuperado de http://www.uned.ac.cr/acontecer/index.php?option=com_content&view=article&id=2077:laboratorios-remotos-de-experimentacion-real-podrian-ser-una-realidad-para-la-uned&catid=51:gestion-universitaria&Itemid=76
- [9] VARGAS M. (2014). UNED enseña Física con laboratorios remotos. 1 setiembre de 2014 12:00. Recuperado de http://www.nacion.com/vivir/ciencia/UNED-ensena-Fisica-laboratorios-remotos_0_1436456374.html
- [10] UMBRALES UNED (2015). Laboratorios remotos de Física en la UNED. 10 de julio de 2015. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ByuEmXAzReo>

- [11] UMBRALES UNED (2015). Academia Nacional de Ciencia / Laboratorios Remotos UNED (23-24/ 2015). Publicado el 17 de julio de 2015. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=g2ZqtyL7_LM



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CAMBIO DE PARADIGMA DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA: LA CLASE PRESENCIAL COMO SOPORTE A LA FORMACIÓN EN LÍNEA

Mg. Ing. Pedro Alejandro Basara, UNDAV, pbasara@undav.edu.ar

Resumen— El avance constante de las TICs, en cuanto a su acceso cada vez más universalizado en rangos etarios como a diferentes segmentos socioeconómicos de la sociedad, la reducción de los costos para su adquisición e incremento de las capacidades de procesamiento, ha transformado de manera radical todas las actividades sociales como la manera en que nos comunicamos, relacionamos, trabajamos o nos entretenemos. La educación, como actividad social, por su parte tampoco ha sido ajena al avance tecnológico, permitiendo ya en la actualidad el uso de muchos de sus beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El desafío de este artículo es indagar de qué manera, las universidades continúan su avance hacia la adecuación de su proceso de enseñanza aprendizaje incorporando la tecnología de manera activa, como un cambio de paradigma sistémico, radical y eficiente que permitan la construcción de conocimientos para las disciplinas que se están formando. En ese paradigma, una estrategia eficiente en el uso de las TICs puede contribuir a un proceso de enseñanza más eficaz, que contribuya a los objetivos de formar profesionales, incrementar la retención de los mismos, haciendo un uso más eficiente de los activos de la universidad, donde se fomente la generación de habilidades en los estudiantes como también la construcción de conocimientos por parte de éstos.

Palabras clave— *ICT; Competencias; Construcción del Conocimiento; Educación Superior; Cambio de paradigma*

1. Introducción

La llegada de la tecnología de la información y la comunicación provoca un cambio de paradigma en el proceso de enseñanza y aprendizaje tradicional, en el que el docente impartía clases magistrales repetitivamente a estudiantes que tenían limitado acceso a fuentes de información y en el que el conocimiento eran dogmas invariables en el tiempo, a modelo en el que el profesor pasa a ser un experto y facilitador del conocimiento, quien le ofrece a los estudiantes la información más rápida y de manera más comprensible (Ajoku, 2014), pero en un mundo en el que el conocimiento es dinámico y su generación se acelera exponencialmente. El nuevo experto no es el que puede abarcar todo el conocimiento sino el que tiene las herramientas necesarias para comprender el constante cambio de su disciplina. En el mundo dinámico que conocemos, el uso de las Tics en el proceso de enseñanza superior se hace necesario y urgente para poder brindar planes educativos dinámicos. El uso estratégico de la computadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje contribuye a un cambio de los métodos de enseñanza tradicionales a las modernas formas de enseñanza que hacen hincapié en la participación activa de los estudiantes según Yosef, Kauri y Musa (2014). En base a estas premisas y

de acuerdo a las experiencias que están surgiendo en países vanguardistas en la experimentación de nuevas pedagogías de estudio, o tecnológicamente más avanzados.

Como ejemplo de observación de casos vanguardista de búsquedas de nuevas pedagogías extremas se puede citar por ejemplo la Universidad 42 (www.42.fr) que es una universidad gratuita para programadores y desarrolladores de software creada en París, Francia en 2013, que como particularidad funciona los siete días de la semana las veinticuatro horas del día y no tiene profesores en ninguna clase tradicional. Su innovación se basa en programas basados en las nuevas tecnologías donde el conocimiento está disperso, el aprendizaje se realiza “peer to peer” de par a par, donde el rol del docente tradicional ha migrado a ser un experto facilitador líder del proyecto de enseñanza. En el caso de países tecnológicamente avanzados, son muchos los ejemplos que se pueden mencionar que ya suceden en países como Corea del Sur, Japón o incluso en China, donde el aula deja de existir como espacio formal necesario para el proceso de aprendizaje, ganando espacio la conexión remota de los que ya conocemos como educación a distancia, cursos virtuales, a una “virtualización de la clase”, que es pensar distinta a la educación ya que el conocimiento migra de lugar y su obsolescencia por su propia superación constante, exigiendo un cambio radical del rol del docente y de la currícula de estudio, que debe dejar de ser rígida o de actualizaciones periódicas a un proceso más dinámico y flexible a los “proyectos educativos” que requieren la nueva generación de estudiantes. Definiremos a los estudiantes en los casos observados como “dilleniales” a aquellos nacidos a partir de los años ’90 y a los “romies” que son los nacidos desde el 2001, en ambos casos son nativos digitales, y sobre todo los *romies* son los que nacieron con las tecnologías y el uso de las redes sociales y los Smartphone.

La realidad es concreta, la Universidad se enfrenta a una redefinición de sus formas, procesos y contenidos a enseñar tan radical como en ninguna otra revolución tecnológica anterior de los últimos cinco siglos, ya que el conocimiento a migrado de las bibliotecas a las nubes “cloudcomputing”, el conocimiento ha dejado de ser verdades absolutas a ser constantemente reemplazado por nuevo conocimiento, y los estudiantes de ser simple receptores de conocimientos a tener nuevas habilidades que ya el sistema educativo superior no está aprovechando de no adecuarse a esta nueva realidad.

2. Materiales y Métodos

El trabajo es una recopilación de ideas y conceptos, fruto de la investigación que el autor ha recopilado para su tesis doctoral (en proceso de escritura) en el que un capítulo analiza los procesos de enseñanza de la ingeniería en países asiáticos, como fuente de sus ventajas competitivas para la innovación y el desarrollo tecnológico. Sus cursos de posgrado en AJUO University (Mannanging New Technology in Science) y visita a los principales centros de I+D+i en Corea del Sur, ha generado el interés del autor en profundizar en este campo para contribuir a un proceso de renovación del modelo educativo existente en las universidades argentinas y latinoamericanas, que deberá al menos discutirse en los próximos años para transformar el proceso actual de enseñanza especialmente de la carreras científicas tecnológicas.

3. Resultados y Discusión

En las universidades con una clara pedagogía constructivista, los estudiantes tienen que crear su propio conocimiento, bajo la dirección y facilitación del docente, que asume su rol de experto pero además es responsable de la enseñanza de los marcos conceptuales y modelos para la comprensión, análisis y construcción del conocimiento de los estudiantes. No siendo solo importante el conocimiento que adquieran sino la construcción de los modelos de comprensión y procesamiento de la información en el campo disciplinar que se esté formando. El constructivismo en la educación superior debe ser adecuadamente implementado de acuerdo al tipo de estudiantes, su formación previa, al tipo de conocimientos que se traten en el campo disciplinar. Una estrategia heterodoxa que combine diferentes técnicas pedagógicas suele ser la solución más compleja y más difícil de implementar, pero la más eficiente a cada desafío de enseñanza si se aplica con éxito. El uso apropiado y estratégico de las nuevas TICs en la planificación de la enseñanza, se transforma en un factor necesario que contribuye en esa dirección.

De acuerdo a los documentos observados, entre los que se destaca Wilen-Daugenti y McKee (2008), en su artículo Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) con respecto a las principales tendencias de la educación superior en el siglo 21, junto con el papel de la tecnología en cada uno, podría definirse que ha existido una primera etapa, del avance de las TICs a la enseñanza superior, fomentada por los estudiantes jóvenes que por permanecer en línea gran parte de su tiempo, han traccionado a los docentes e instituciones a interactuar con estos a través de publicaciones en línea, como también avanzaron las plataformas tipo webcampus de las universidades.

En esta nueva etapa, en el que los nuevos profesores son también “nativos tecnológicos” ya que crecieron y trabajaron con las nuevas tecnologías el desafío es sustancial, ya que la incorporación de la TICs al proceso de enseñanza se hace fundamental para estar acorde a los tiempos en los que el conocimiento es dinámico y la generación de la información exponencial. El estudio de Sharma, Gandhar y Sharma (2011) llega a la conclusión de que la educación basada en las TIC ayuda a mantener a los estudiantes actualizados y mejora la capacidad de los docentes , la creación de un contacto directo entre el profesor y el alumno a través de Internet , correos electrónicos y e-learning.

De acuerdo a un estudio reciente de Alassaf (2014) en las universidades observadas se descubrió que los profesores tenían una actitud positiva hacia la integración de las Tics a los métodos de enseñanza-aprendizaje. Los docentes observados creen que la integración es beneficiosa, ya que se ahorra tiempo y esfuerzo, y les ayuda a adquirir nuevos conocimientos y habilidades.

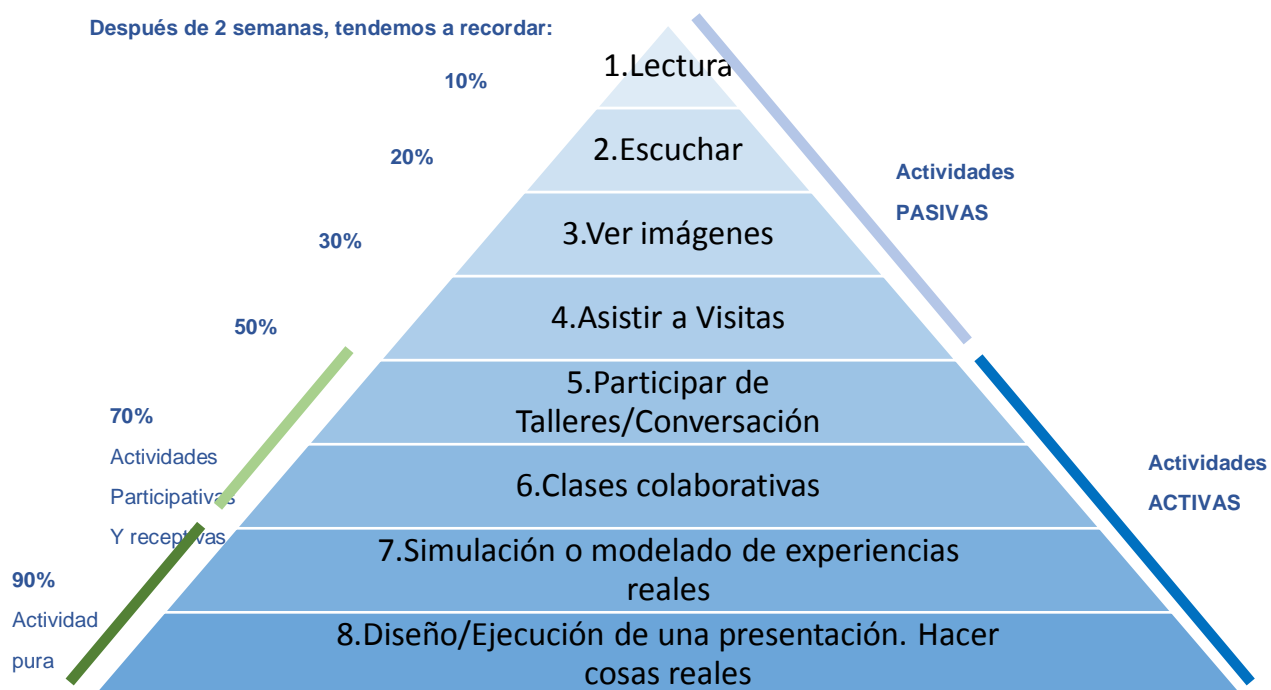


Gráfico 1 – Adecuación propia en base a “El cono del aprendizaje”. De Edgar Dale.

Los cambios de comportamiento de los estudiantes *millennials*, que utilizan Tics en su proceso de aprendizaje aún se puede ver en el Cono de Experiencia de Aprendizaje, el cual fue desarrollado originalmente por Edgar Dale. En el cono de aprendizaje (grafico 1) se describen diferentes experiencias de aprendizaje y su relación con la capacidad de los estudiantes de recordar dicha experiencia al término de dos semanas. Esencialmente, el cono muestra la progresión de las experiencias de la más concreta (en la parte inferior del cono) a la más abstracta (en la parte superior del cono), siendo las experiencias más efectiva cuanto más se acerca a las base del cono. De hecho, las actividades más eficientes son las denominadas activas, que involucran mayor participación e interacción de los estudiantes. Dentro de las

mismas hoy se pueden sumar las prácticas en simuladores, plataformas colaborativas y otras herramientas que surgen del uso de las Tics en la enseñanza superior.

Para los estudiantes que recién están ingresando a la educación superior, los post millennials, generación llamados homies, se hace imprescindible el adecuar las actividades programáticas de las carreras presenciales, a una virtualización de la clase, en la que el uso de la tecnología sea la regla, el encuentro presencial la excepción.

3.1 Entendiendo al nuevo estudiante “virtuclal”

Para comprender el cambio como educadores que se debe encarar es necesario entender las nuevas características de nuestros estudiantes millennials y sus sucesores homies, que desde el punto de vista educativo los llamaremos estudiantes “virtuclal” por la combinación de sus principales características: virtual y social.

Los jóvenes virtuclal son estudiantes que no buscan modelos tradicionales para el aprendizaje, sino que exigen personalización y esperan que las universidades se adecúen a sus preferencias. Para entenderlos, las Universidades deben ampliar el conocimiento sobre sus estudiantes, sus comportamientos y sus nuevas habilidades para ser aprovechadas de manera eficiente en el proceso de enseñanza aprendizaje, logrando su atención, retención y formación de valor.

Las carreras deben tener soporte de *Social CRM*, basado en el concepto de “customer relationship management” aprovechando la innumerable cantidad de información y rastro digital que se comparte, difunde y genera en la Red, durante el proceso de enseñanza aprendizaje. Las Universidades al igual que las empresas deben aprovechar el potencial del *big data* (investigación, análisis, evaluación) para ver cómo interactúan sus estudiantes, ya que esto permite conocerlos mejor y ser proactivos en ofrecerles “proyectos educativos” acorde a sus motivaciones y anticiparse a sus necesidades.

Recordemos que los estudiantes “virtuclal” son autosuficientes y autónomos, y quieren sentirse protagonistas, valoran la participación y la colaboración y el trabajo en red. Estos estudiantes prefieren aportar sus ideas en la creación y el proceso de aprendizaje para la generación de conocimientos.

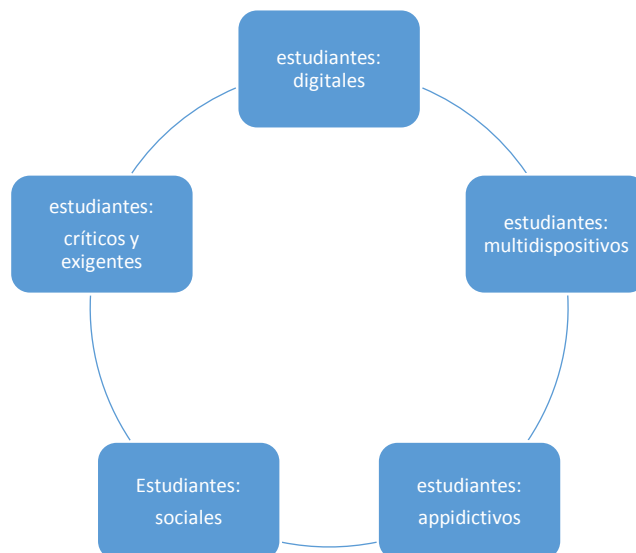


Gráfico 2 – Características del estudiante “virtuclal”. Elaboración propia.

Los vituclales son estudiantes nativos digitales, que dominan las tecnologías ICT, y son ávidos a nuevas herramientas, basan sus relaciones cotidianas a través de pantallas y dispositivos móviles, no observando fronteras entre lo presencial y lo virtual. Esta generación de estudiantes prefieren internet

y sus contenidos “on demand” ante cualquier otra forma de difusión “broadcast”, TV convencional, hasta incluso los libros podrían considerarse en esta forma de difusión.

La segunda característica más relevante de los estudiantes virtuales es que son extremadamente sociales. Por ejemplo el 88% los jóvenes latinoamericanos en este rango etario, tiene perfiles en redes sociales. Las redes sociales no son sólo un medio de comunicación sino una parte íntegra de su vida social ya que sus relaciones con sus pares y entorno sucede a través de éstas, aunque en la Universidad aún no haya entrado de manera formal y eficientemente.

Es lógico que esperen que las clases, los trabajos grupales, la investigación y la construcción colaborativa del conocimiento sucedan a través de redes sociales o en plataformas educativas creadas para tal fin.

Los estudiantes virtuales, se caracterizan por una vida dinámica, móvil y su regularidad está en línea a través de la red a través de la pantalla de sus dispositivos. Un 78 % de los jóvenes de este rango etario en Latinoamérica posee un móvil (un 10 % más que el año anterior), un 37 % tablet, un 70 % laptop y un 57 % desktop, según Telefónica Global Millennial Survey 2014.

Los virtuales esperan como ya sucede con la socialización, el trabajo y el ocio en la que sus dispositivos móviles es la forma habitual de relacionarse el proceso de enseñanza aprendizaje se relacione por medio de sus *smartphones* u otros dispositivos de acceso a la red.

Los virtuales utilizan múltiples canales y dispositivos digitales para sus actividades, especialmente en Latinoamérica donde los jóvenes de este rango etario son mucho más multipantalla, que en otras regiones, y en promedio dedican alrededor de 7 horas al día para la conectarse online según *AdReaction: Marketing in a multiscreen world*, de Millward Brown.

Por estas razones las universidades deben utilizar una amplia gama de canales y dispositivos, para mantener una comunicación y experiencia con sus estudiantes consistente, para que puedan ser aprovechadas las interacciones de estos estudiantes con sus actividades académicas.

Uno de los grandes desafíos es poder ofrecer una estrategia integrada (on y offline) con una base multiplataforma y diálogo *transmedia* para la comunicación.

Estos estudiantes son mucho más críticos, exigentes y volátiles que los de generaciones pasadas.

Además su exigencias los lleva a que las experiencias digitales negativas en línea y móvil tienen un impacto negativo mucho mayor que sobre otros grupos de edad, por lo que las Universidades deberían prestar más atención a la experiencia del estudiante en las acciones centrales de su estrategia para la motivación, la retención y la eficiencia del proceso de enseñanza aprendizaje.

3.2 Las ventajas del uso del uso de las Tics

El uso de las Tics en el proceso de enseñanza contribuye al libre acceso a la base de conocimiento en el que los estudiantes pueden tener flexibilidad horaria para estudiar a su propio ritmo, con la intensidad deseada, utilizando diferentes plataformas tecnológicas, que son más adecuadas a los virtuales.

Otro aspecto importante es la accesibilidad a la información, ya que no se requiere un único espacio físico. Inclusive, suponiendo siempre el modelo de enseñanza presencial, las normativas vigentes del Ministerio de Educación de la Nación (Argentina) contempla que hasta un 25% de la oferta de los cursos pueden brindarse en modalidad semipresencial, liberando espacios físicos que en muchos casos se requieren para dotar a la universidad de infraestructuras complementarias como laboratorios, centros de investigación, oficinas docentes de dedicación exclusiva, etc.

Por otro lado, los estudiantes también se benefician participando y trabajando en red con estudiantes e investigadores con los que el curso tenga acuerdos, accediendo de manera remota a e-contenidos, plataformas colaborativas e incluso videoconferencias por streaming de video.

3.3 Inversión necesaria y estratégica

Las Universidades que quieran destacarse en las próximas décadas serán las que han comprendido hoy la necesidad de readecuarse a esta segunda etapa de incorporación de las Tics a sus procesos de enseñanza. Ya no basta con reacciones entusiasta de profesores que reaccionan al contexto sino que el uso y avance de las mismas deben ser estratégicas y planificadas, como lo han sido en el pasado, el diferencial que le daba a una Universidad contar con amplias bibliotecas o laboratorios de ciencias

básicas. Hoy la información de cualquier disciplina esta en las nubes “cloud computing”, y el conocimiento surge de acceder a ella y procesarla adecuadamente.

Las inversiones que se deben realizar entonces, son considerables y estratégicas ya sea en infraestructura (redes, conectividad, equipamientos, etc.), arquitectura (plataformas tecnológicas BI, SPSS, PLM, etc.) como en estructura, generando nuevos roles como la creación de Secretarías del Manejo de Información, que de soporte transversalmente a las áreas Académicas, Directores de Carreras, Investigadores y defina los lineamientos de la Universidad respecto al avance e incorporación de las Tics en todos los procesos de enseñanza, investigación y transferencia.

3.4 Implementando la estrategia Tics en el proceso de enseñanza aprendizaje - Modelo de brechas

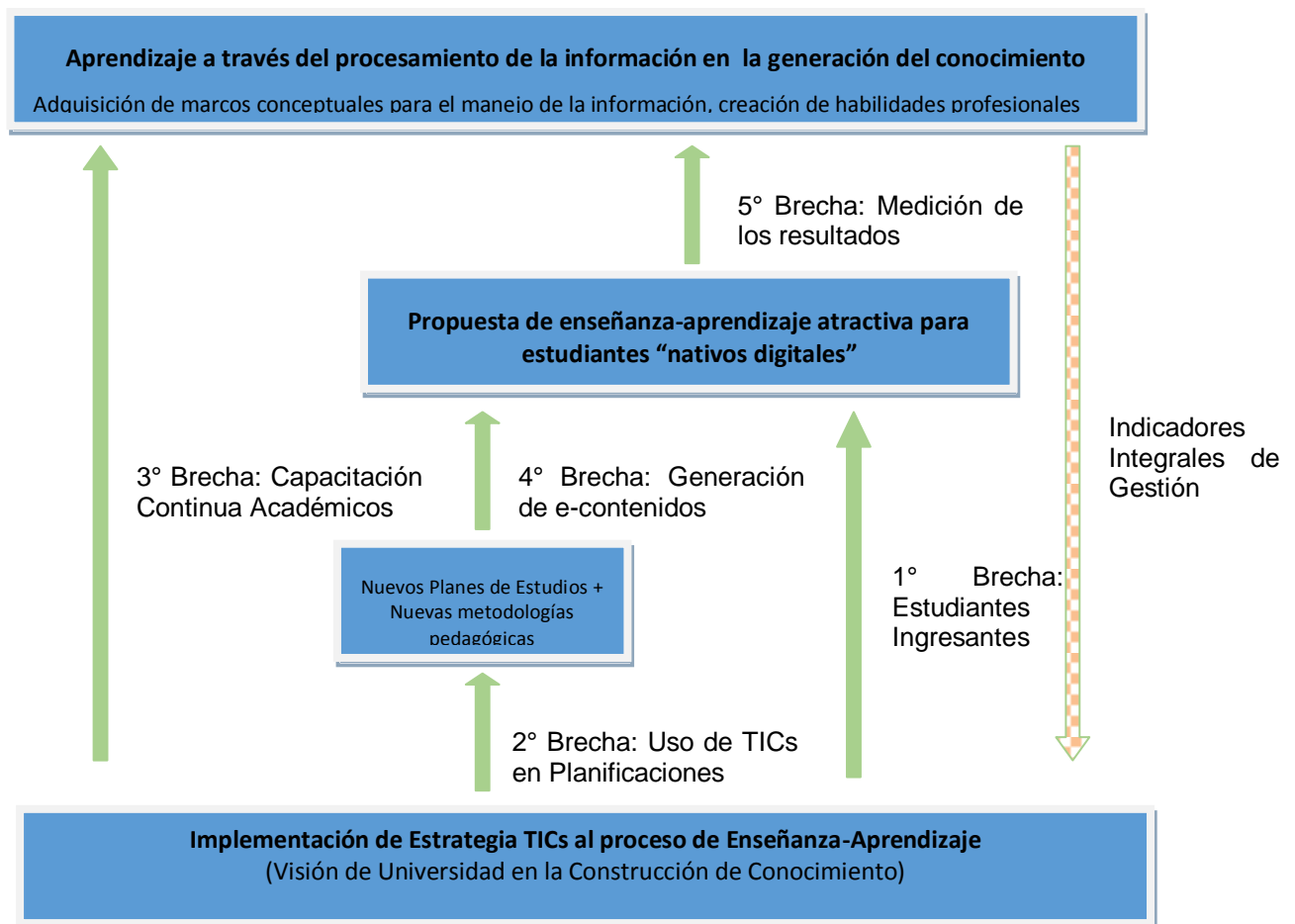


Gráfico 3 – Modelo de Brechas en el proceso de enseñanza aprendizaje. Elaboración propia.

3.4.1 Salvando la primera brecha: estudiantes ingresantes

Los cursos de ingreso a los diferentes programas de la Universidad deben contemplar el manejo básico de los estudiantes de las herramientas de ofimática (procesador de textos, planillas de cálculos, presentaciones, administración de proyectos y otras plataformas como SRM) que debería ser la primera brecha tecnológica a saldar para el avance a las diferentes carreras.

3.4.2 Salvando la segunda brecha: incorporación activa de las Tics a la Planificación

En los cursos se debe avanzar en el uso gradual de las Tics, utilizando e-contenidos (e-books, simulaciones, plataformas tecnológicas, contenidos multimediales, etc.), facilitar la exposición de expertos en las disciplinas a través de video conferencias de dos vías, para que puedan interactuar con la clase, como la utilización de trabajos de investigación en red con el equipo de docentes investigadores a través de plataformas colaborativas que no solo permiten la interacción eficiente sino que también genera documentos, archivos y producciones que se actualizan a medida que se trabajan desde puntos remotos (como plataforma ennovia 3D).

3.4.3 Salvando la tercer brecha: la capacitación continua de los académicos-investigadores

No tiene ningún sentido en avanzar en un plan estratégico sino se revisa el conocimiento de los profesores respecto de las Tics. El Conocimiento de las Tics es uno de los requisitos importantes para la integración efectiva de las mismas en la transacción de enseñanza-aprendizaje. Gagne y otros (2005, p. 2009) sostienen que la gente tiene que ser tecnológicamente alfabetizados con el fin de utilizar los recursos electrónicos como Internet, buscadores, herramientas de desarrollo de Internet. Es tan sustancial para la implantación de una buena estrategia contar con docentes altamente entrenados en el uso de las Tics, que aunque se invierta sumas importantes en las Universidades para dotarlas de equipos (infraestructura, arquitectura, etc.) no tendrían un impacto positivo en ningún indicador que mida los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La habilidad de los docentes respecto de las nuevas tecnologías no se limita al simple uso sino de ser capaces de generar un ambiente colaborativo entre los estudiantes, la habilidad del uso de las tecnologías en la resolución de problemas y búsquedas creativas a través del uso de las Tics.

Para resolver esta brecha la Secretaría de Administración de la Información debe tener a cargo un programa de capacitación permanente en el manejo de las Tics tanto para las clases como para los programas de investigación y transferencia de la Universidad. En esta nueva etapa del avance tecnológico al sistema de educación superior debe ser sistémico y no como acciones individuales y experimentales.

3.4.4 Salvando la cuarta brecha: generación de e-contenidos

La Universidad debe optar por las plataformas tecnológicas más apropiadas a las disciplinas que enseñan en sus diferentes programas y brindar las condiciones necesarias para que desde los diferentes actores de la comunidad universitaria se produzcan e-contenidos que registren, almacenen, compartan sistemáticamente de acuerdo a la afinidad con cada disciplina. La posibilidad de que por ejemplo un plano de ingeniería, o de arquitectura, se trabaje desde una plataforma colaborativa hace que los diferentes actores a esa disciplina puedan abordarlo desde visiones diferentes, pero de manera holística para que los estudiantes desarrollen una visión específica de determinados conocimientos pero viendo como sus decisiones impactan en el conjunto del proyecto que están abordando.

Los profesores son quienes deben decidir qué aspectos cognitivos de aprendizaje hay en cada curso, planificando cuales son los contenidos que se justifican trabajarlos en el curso y/o a través de videoconferencias con expertos y cuáles son los que los estudiantes pueden abordar a través de herramientas de e-learning o trabajo colaborativo.

3.4.5 Salvando la quinta brecha: medición de los resultados

El uso de las Tics puede cumplir con todos los criterios de evaluación continua siempre que los docentes estén dispuestos y entrenados para su utilización, y la Universidad cuenta con la infraestructura necesaria. El uso de las tecnologías permite evaluaciones integrales de la construcción del conocimiento a través de proyectos integrales de la disciplina, además de contribuir a la eficiencia de la actividad docente en la reducción de los tiempos de correcciones como del armado de nuevas instancias de evaluación.

El uso de las Tics en el proceso de evaluación permite una amplia variedad de opciones como la de evaluación por pares; formativa y evaluación y retroalimentación; la utilización de los instrumentos de la rúbrica para dar retroalimentación a un gran número de estudiantes, simulaciones, autoevaluación, sistemas de información de gestión para el seguimiento del progreso del estudiante y el uso de los

Cambio de paradigma de enseñanza en la ingeniería: la clase presencial como soporte a la formación en línea

medios de comunicación visual para la evaluación de acuerdo al Task Team de la Universidad de Stellenbosch (2013; 15). De acuerdo a este documento

3.4.6 Pasando del Plan a la Acción

Una Universidad que quiere realmente modernizarse desde la perspectiva del manejo de la información para la construcción del conocimiento en los procesos de enseñanza que requieren los estudiantes para la adquisición de habilidades para los trabajos de calidad que se requieren en un mundo globalizado, necesita del apoyo y compromiso de las autoridades de mayor nivel, desde el Consejo Superior, Rector, Secretarías y Decanos, ya que esta decisión es de tipo estratégica, de largo plazo, que involucra una nueva manera de trabajar que rompe paradigmas bien arraigados en una de las instituciones más antiguas de las sociedades.

La decisión, significa la asignación de recursos: económicos, de tiempos y humanos que deben involucrarse en el proyecto.

3.4.7 Construcción de Tableros de Mando Integrales

Establecer previamente a la implementación de la estrategia, indicadores que midan la eficacia para alcanzar los objetivos es un factor imprescindible por la asignación de los recursos invertidos como por la importancia del resultado.

Indicadores de proceso de Aprendizaje: surge de las evaluaciones continuas de los estudiantes, la construcción de conocimiento, el uso adecuado de modelos de resolución y marcos teóricos conceptuales para el procesamiento de la información.

Indicadores a nivel de los Cursos: En este nivel se pueden definir indicadores que midan el impacto en los estudiantes, los profesores, el ambiente de aprendizaje, la evaluaciones continuas, la pedagogía implementadas y el programa de la materia.

Indicadores a nivel de Infraestructura / Arquitectura: Indicadores que midan el uso real de cada recurso, por tipo de curso, programa, línea de investigación.

Indicadores a nivel Institucional: En este nivel puede ser relevante definir indicadores que midan la Visión del uso de las Tics en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la Infraestructura / Arquitectura Tics con la que está equipada la Universidad y cuan adecuada es esta para los objetivos de enseñanza, el nivel y calidad de formación continua ofrecida al equipo docentes y de investigadores, la administración de los docentes en el uso equilibrado de tiempo de clases versus la gestión para la utilización del las Tics.

4. Conclusiones y recomendaciones

En resumen, las universidades hoy se encuentran ante un desafío surgido por el avance de las nuevas tecnologías de la comunicación e información que exigen a las universidades un cambio de paradigma urgente y radical en el proceso de enseñanza-aprendizaje con la incorporación de manera estratégica de las Tics para estimular a los estudiantes “virtuales” en la construcción del conocimiento. La incorporación estratégica de las Tics contribuye a la mejora de las sesiones de aprendizaje de enseñanza, haciendo que los estudiantes participen activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este nuevo escenario donde el conocimiento no reside más en bibliotecas, ni necesariamente son propios de los docentes, el espacio físico del aula cambia su significado, a un espacio de encuentro para actividades específicas completándose el proceso de enseñanza aprendizaje en la virtualización del aula.

Las nuevas planificaciones que incorporan activamente el acceso a la información y generación de conocimientos, aumentando el interés, compromiso y motivación de los estudiantes, modificando el rol del docente tradicional al de un experto en el campo disciplinar y facilitador para que los

estudiantes interacción entre sí, trabajen colaborativamente y accedan a la información que procesada adecuadamente y marcos conceptuales adecuados construyan conocimientos útiles para la resolución de problemas o toma de decisiones en su campo disciplinar.

El desafío que enfrentan las Universidades, que realmente quieren brindar un proceso de enseñanza-aprendizaje atractivo a las nuevas generaciones de estudiantes “virtuales” con capacidad de dar respuestas a las demandas de la sociedad, es implementar una estrategia eficaz en la incorporación de las Tics al proceso educativo. El éxito para la adopción de Tics al proceso de enseñanza, parte de reconocer la importancia, la profundidad del cambio y la inversión que esta demanda (económicos, tiempos y recursos tecnológicos y humanos) y que surge de salvar cinco brechas, trabajando en la formación de los estudiantes ingresantes, la incorporación activa de las Tics a la Planificación, la capacitación continua de los académicos-investigadores, la generación de e-contenidos y la medición de los resultados.

Por último, el trabajo sugiere la necesidad de contar con indicadores sobre diferentes ejes para la aplicación de las TIC a la transacción de enseñanza-aprendizaje, permitiendo medir el alcance de los objetivos planteados en la implementación estratégica y corregir los desvíos o accionar planes de contingencia adecuados para alcanzar la implementación eficaz.

5. Referencias

1. Alassaf, H.A (2014). Effective Strategies on Using ICT for Teaching and learning Undergraduate Level at Jordanian Universities. *Journal of Education and Practice*. Vol.5, No.3, 201481.
2. Gagne, R. M., Wager, W.W., Golas, K. C. & Keller, J. M (2005). *Principles of Instructional Design* (5th edition). California: Wadsworth.
3. Joy, E and Ishikaku, E. C (2012). *Integration of Information and Communication Technology (ICT) in Teacher Education for Capacity Building*. *Journal of Education and Practice*. Vol. 3, No 10, 2012.
4. Sharma, A; Gandhar, K and Sharma, S (2011). *Role of ICT in the Process of Teaching and Learning* *Journal of Education and Practice*. 2(5) 2011.
5. Wilen-Daugenti, T and McKee, A. G (2008). *21st Century Trends for Higher Education Top Trends, 2008-2009*. Retrieved from http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/wp/21st_Century_Top_Trends_POV_0811.pdf.
6. Yusufu, I; Kajuru, Y. K and Musa, M (2014). *Effect of a Computer Mediated Systems Teaching Approach on Attitude Towards Mathematics of Engineering Students*.

CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA CON UNA HERRAMIENTA INTEGRADORA DE LENGUAJE SIMBÓLICO Y SIMULACIÓN Y MODELADO DE ALTA PERFORMANCE

Sara De Federico, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario,

sdefederico@frro.utn.edu.ar

Resumen— En la enseñanza de ingeniería, la modelización y representación de los problemas y aplicaciones es esencial para asegurar su aprendizaje, que implica tanto la comprensión del problema en sí como de la estructura matemática asociada. Existen numerosas herramientas informáticas de calidad de simulación y el modelado, que ofrecen características atractivas de interacción. Esta modelización computacional es un medio veloz para la representación pero su manejo puede ser arduo, por ello generalmente se proveen bibliotecas de modelos a los alumnos como apoyo a la enseñanza, mientras que las bases teóricas y matemáticas de los modelos se presumen ya aprendidas. Sin embargo, es común que el alumno necesite consultar el comportamiento matemático mientras interactúa con un modelo. La herramienta de modelado y simulación integrada con software de cálculo simbólico de avanzada provee la disponibilidad de interfaces de simulación, interacción con parámetros y propiedades, presentando al mismo tiempo gráficas de comportamiento definibles dinámicamente y la visualización de los modelos matemáticos de parte o todo el modelo. La multiplicidad de características de esta herramienta informática convierte a los modelos obtenidos en objetos de aprendizaje de alta performance y caudal teórico práctico de gran valor para el apoyo a la enseñanza. Las tareas de modelización son realizadas en el Laboratorio Informático de Ciencias Básicas de la Regional, cuyos resultados se publican en soporte web.

Palabras clave—Aprendizaje, integración, lenguaje simbólico, simulación, modelado

1. Introducción

La enseñanza en carreras de Ingeniería tiene a las materias básicas como estructura fundamental sobre las que se construye el conocimiento que se va adquiriendo a lo largo de los años. A su vez, las asignaturas troncales del plan de estudio están articuladas verticalmente con alguna de estas materias, que representan manifestaciones de sucesos que suceden en el universo real y en teorías aún no probadas. El alumno de ingeniería construye una base fortalecida de conocimiento teniendo presente la relación entre ellas y el entorno que está aprendiendo.

En general, la complejidad de los temas deriva en un fundamento básico importante, que exige la revisión permanente, por lo que el estudiante debe recurrir al material de estudio de base. Muchas veces, esta tarea conlleva mucho tiempo de búsqueda y de repaso. El uso de tecnologías como el software de cálculo simbólico para el apoyo al aprendizaje de la matemática y la Física matemática, provee portabilidad y acceso directo, y cuenta con el agregado permanente de nuevas prácticas y pruebas de las ejercitaciones. Además, la

modelización y simulación de procesos y sistemas, combinada junto con una interface matemática que muestre la base del modelo, es ideal para el aprendizaje de temas complejos cuyos modelos sean de difícil interpretación y de los cuales se desee observar su comportamiento.

En este trabajo se muestran el estudio y las pruebas realizadas con el paquete de software *SystemModeler* de *Wolfram Research*, y su interesante característica de vinculación con *Mathematica*, conjunto que proporciona un entorno de trabajo múltiple y coordinado, dinámico y de amplias posibilidades de trabajo. El objetivo es proveer a los alumnos de ingeniería medios nuevos e innovadores de aprendizaje, que posean alto nivel de contenido y performance, y estructura tecnológica compatible con la que están acostumbrados a utilizar. Los temas abordados fueron sugeridos en forma espontánea y son solo una muestra de la capacidad infinita que poseen estas herramientas informáticas.

2. Estudio del comportamiento de temas complejos de ingeniería

Los temas complejos de ingeniería y el estudio de su comportamiento son generalmente abordados mediante la representación gráfica y la simulación, técnicas de enseñanza preferidas por los alumnos. La observación de un modelo que imite a la realidad es importante para su exacta comprensión, y la simulación del mismo permite interactuar y ver el comportamiento de todas las variables y parámetros involucrados. Por otro lado, en las consultas los alumnos comunican la necesidad de contar con modelos para el aprendizaje de algunos problemas, como por ejemplo de mecánica de fluidos, flujos de calor, etc., ya que se les hace muy dificultosa la comprensión de los problemas desde las imágenes en libros, y en modelos disponibles en la web son acotados a algunos casos. En las ciudades, las pruebas en entornos reales presentan gran dificultad para su realización, sea por razones de costos, seguridad, espacio, tiempo, y demás variables que no pueden administrarse ni resolverse académicamente. Además, los alumnos de la carrera ingeniería suelen tener una inserción en el mercado de trabajo bastante temprana, aun estando en los primeros años de cursado. Esto hace que el alumno deba tener cierto grado de capacitación práctica en lectura e interpretación de modelos, y manejo de los parámetros involucrados. Si bien el entorno simulado nunca puede reemplazar a la prueba de campo real, permite la práctica y el análisis del modelo, y salva en forma óptima las dificultades ocasionadas por la imposibilidad de observar instalaciones industriales.

2.1 Sistemas de cálculo simbólico y modelado

El software de cálculo simbólico es una herramienta probada y versátil de la enseñanza en ingeniería, con gran capacidad de análisis y visualización, y enorme poder de cálculo y de aproximaciones provisto por los métodos incorporados en su estructura de software. Es considerado un aliado para la enseñanza de la matemática y la física.

Por otro lado, el software de modelado y simulación permite a partir de un modelo la representación dinámica del mismo, trabajar y probarlo, haciendo cambios que serían imposibles de realizar en contextos reales. Elimina el costo y el tiempo de preparación que demandaría realizar un modelo real, posibilita la prueba de casos hipotéticos, teóricos, impracticables o inmedibles en un contexto real. Los paquetes más famosos de modelado presentan entornos sofisticados, gran cantidad de información en pantalla, posibilidad de traslado a otro tipo de formatos, etc.

El paquete integrado *SystemModeler* [4] además cuenta con el agregado de la visualización de componentes y modelos absolutamente similares a la realidad, la visualización en capas de los

componentes con sus subestructuras, y ver los fundamentos matemáticos subyacentes de los mismos a través de la vinculación con el *Mathematica*. El entorno permite la modelización a niveles extensivos de complejidad, por ello cuando la cantidad de variables involucradas hacen imposible la construcción del modelo matemático, y por lo tanto la graficación analítica, la integración con *Mathematica* provee los medios para la visualización y el estudio de comportamiento de las variables involucradas, al mismo tiempo que el núcleo matemático valida y corre el modelo utilizando cálculo numérico de altísima precisión.

3. Modelo de ejemplo: transferencia de fluidos

En este ejemplo, se ha construido un sistema de transferencia de fluidos a diferentes temperaturas, y que son afectados por fuentes de calor de diferentes tipos. Para su construcción se ha utilizado directamente el entorno del *SystemModeler*. En la Figura 1 se observa el modelo del sistema realizado, y la interface del *SystemModeler*, cuyas características son muy similares a un escritorio de programación. Se puede observar a la izquierda el explorador de librerías, a la derecha los componentes que integran el modelo y abajo las pestañas de propiedades, parámetros y ejecución del modelo.

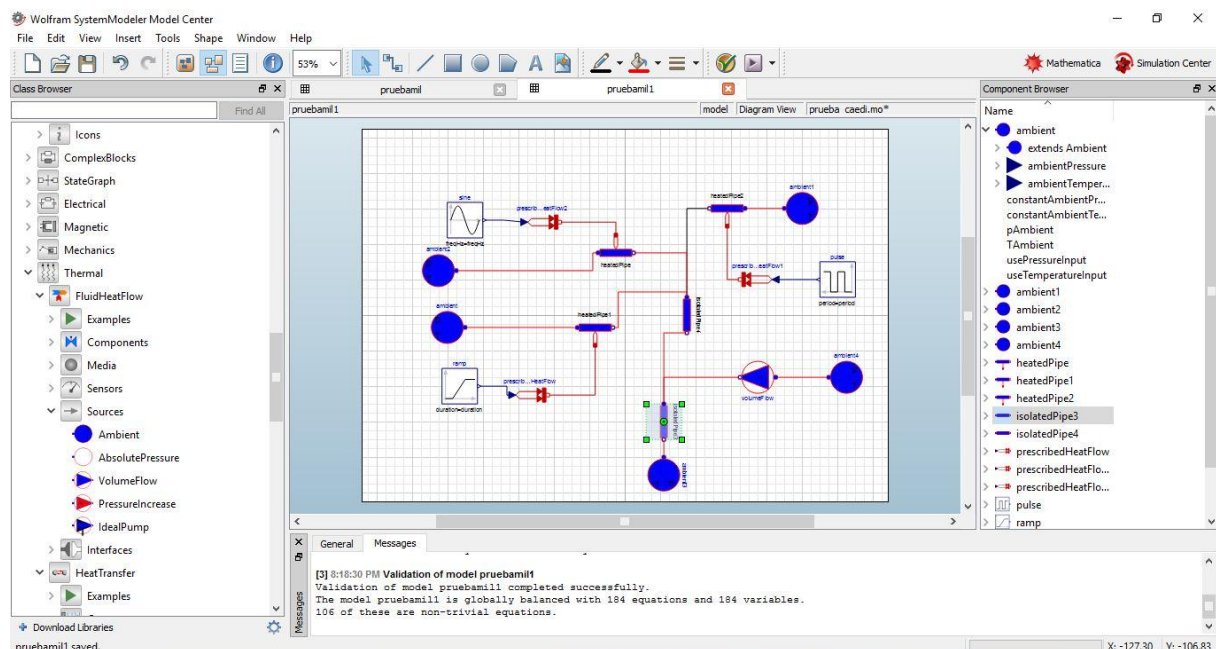


Figura 1: Modelo de transferencia de fluidos y calor

Los componentes se arrastran desde el explorador de objetos y son vinculados por conectores. Se debe tener muy en cuenta que cada componente solo acepta conexiones con otros componentes cuyos conectores son compatibles. Cada componente tiene una definición de variables de estado y parámetros que lo delimitan, junto con los conectores disponibles que deben ser todos utilizados en el diagrama. Un conector libre provoca la invalidez del modelo. Esta definición se puede observar en el panel inferior de la pantalla de trabajo. También se puede trabajar programando en *C++* directamente toda la estructura de un componente. Este lenguaje orientado a objetos crea cada componente como una *Clase* con sus atributos y funciones definidas. Muchos componentes son heredados de librerías pertenecientes al software *Modelica* [5]. La presentación estándar del software provee algunas librerías incorporadas, validadas y listas para correr. Existen otras librerías pero deben abonarse aparte.

Cuando se desea usar un componente es conveniente analizar su estructura mirando su documentación asociada, esto se puede hacer haciendo click con el botón derecho del mouse.

En la Figura 2 se puede ver la documentación del componente *Pulse* que envía un salto de energía al proveedor de flujo de calor de la tubería caliente N° 2.

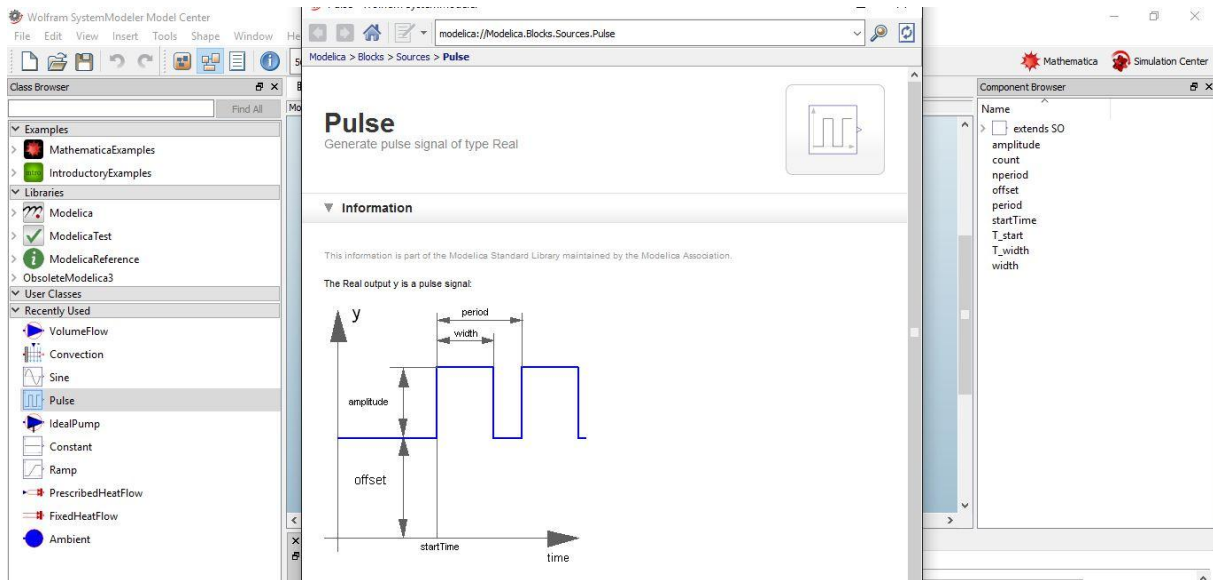


Figura 2: Definición del componente Productor de pulso de energía.

El modelo debe estar validado para su funcionamiento correcto. Para ello todos los componentes deben estar conectados, las variables deben ser seteadas y deben ser compatibles entre sí. Los componentes que necesitan provisión de energía deben estar conectados a una compatible a sus parámetros. Los flujos deben estar direccionados correctamente. Existen convertidores de energía a diferentes tipos y también plugs para compatibilización de conectores. Cada componente debe ser analizado antes de ser utilizado.

La validación se hace con el ícono *Check* en la parte superior de la pantalla. En la validación, núcleo del *SystemModeler*, controla la exactitud y la posibilidad de resolución de los sistemas de ecuaciones involucrados o métodos numéricos equivalentes en cada una de las conexiones. Las variables son seteadas y se efectúa un control de consistencia de parámetros y compatibilidad de medios. La Figura 3 muestra el proceso de validación, que según el tamaño del modelo dura varios segundos. Solo luego de logrado este paso el modelo se puede simular desde el *Simulation Center* haciendo click en el botón *Play*.

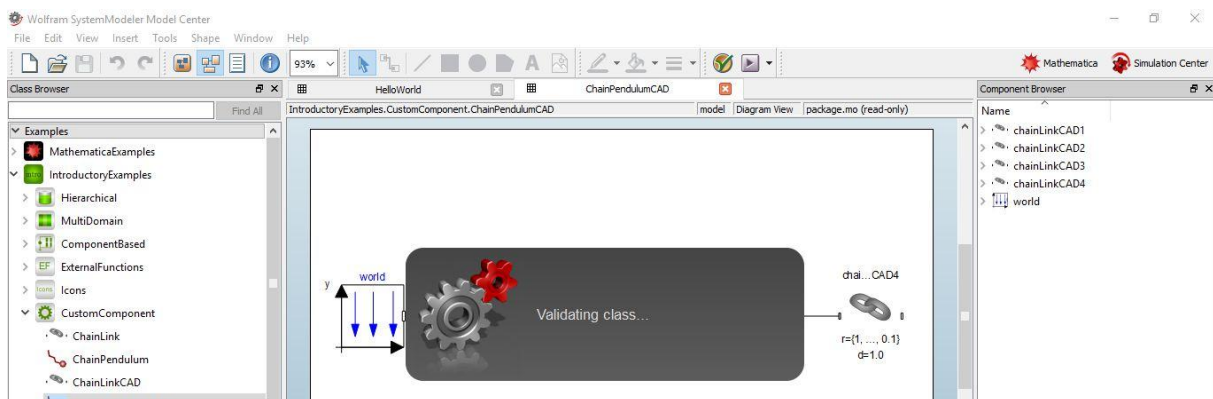


Figura 3: Validación de un modelo

El entorno del *Simulation Center* presenta una interface de altísima calidad, con características muy interesantes. Se pueden graficar y manipular todas las variables involucradas en el modelo en frames superponibles y acumulables. El manejo de las variables se realiza desde el explorador de objetos a la izquierda de la pantalla. También se pueden

editar el tiempo de simulación, los parámetros y variables, los métodos numéricos que se utilizan, etc. Además las gráficas se pueden modificar con diferentes temas y se pueden guardar como imagen. En la Figura 4 se observa la interface del *Simulation Center*, en donde se observan los métodos numéricos disponibles y una gráfica con formato especial.

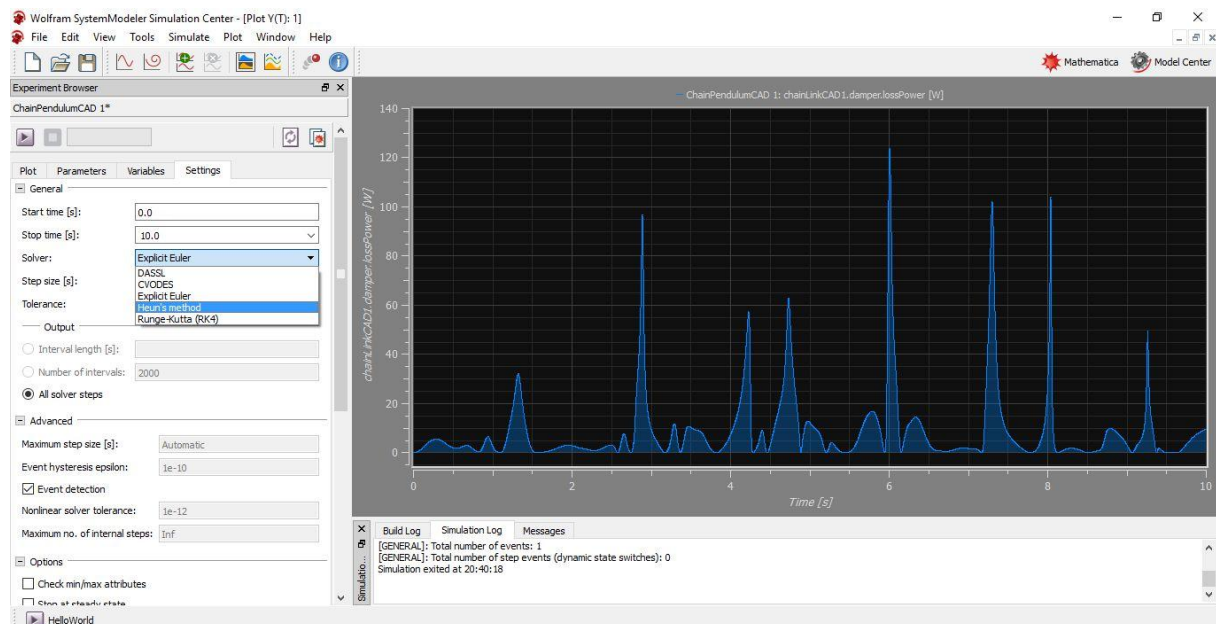


Figura 4: *Simulation Center*

En la Figura 5 se observa una corrida de simulación del modelo. En ella se observa las gráficas de la variación de la temperatura de las tuberías calientes N° 1 y 2.

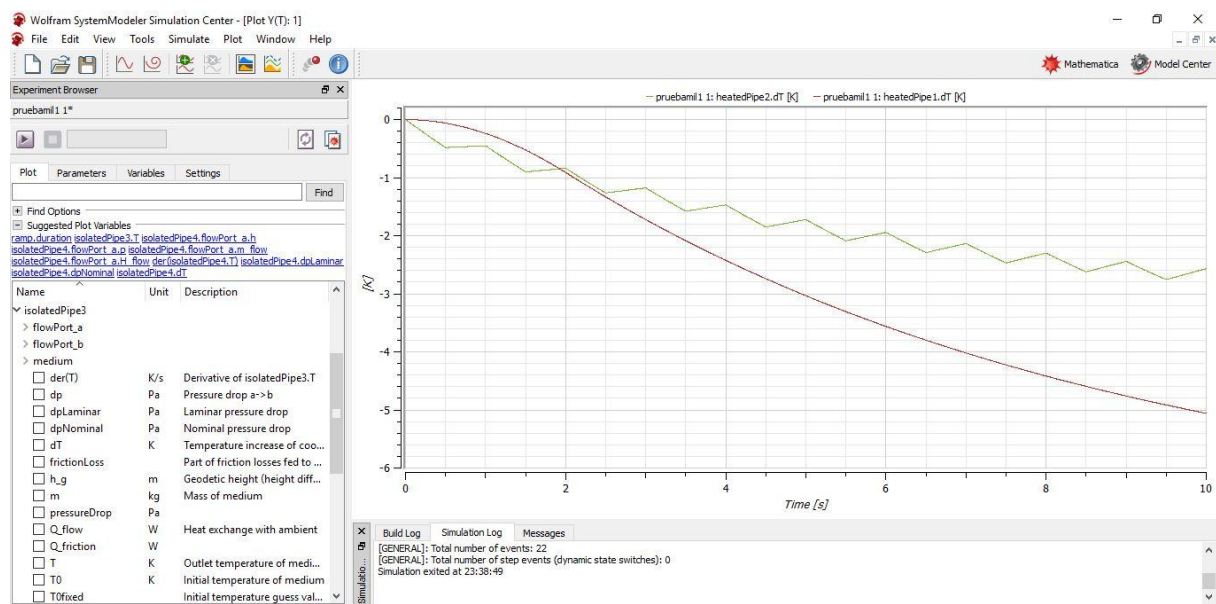


Figura 5: Simulación del modelo

En la misma pantalla se pueden agregar más Plots y en cada uno se pueden agregar tantas variables como se desee. El experimento de simulación se puede replicar, grabar y trabajar en tiempo real, cada una de las simulaciones se va apilando a la izquierda y pueden guardarse por separado. En la Figura 6 se observan múltiples simulaciones con diferentes valores de amplitud y frecuencia de la función de entrada energética en el Proveedor de Calor N°2. Las gráficas muestran los diferentes gradientes de temperatura en la tubería caliente N° 0.

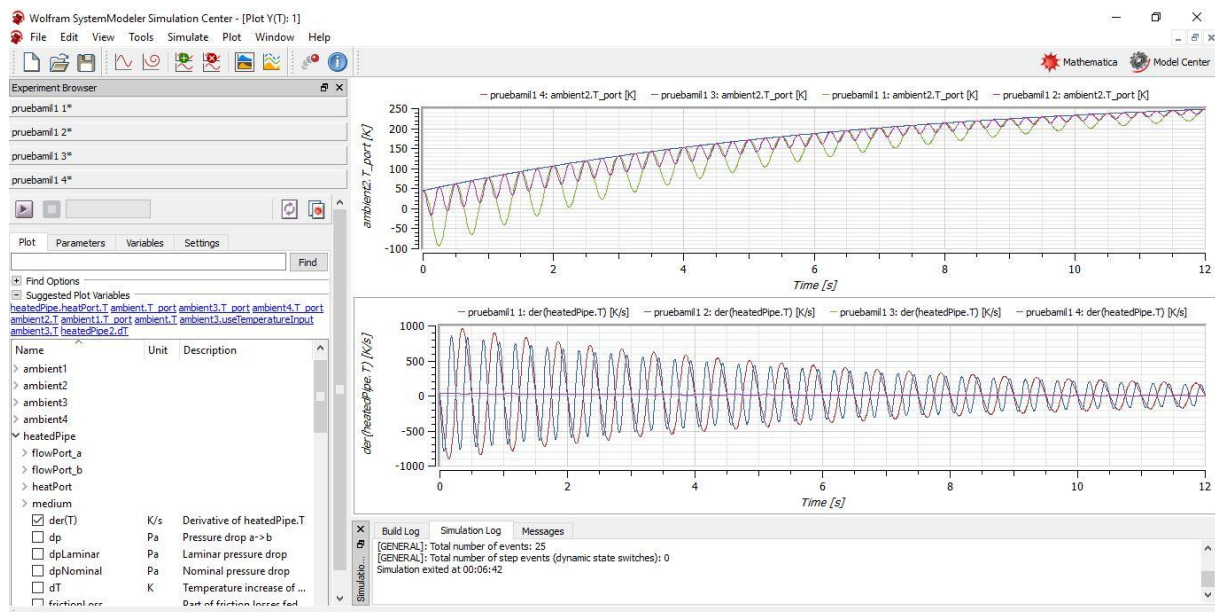


Figura 6: Múltiples simulaciones del modelo

4. Simulación e integración con el modelo matemático

SystemModeler es considerado un software de *próxima generación*, debido a su vínculo directo y bidireccional con el *Mathematica*. Esto posibilita la observación de la estructura matemática inherente del modelo, y la manipulación del mismo con los comandos del *Mathematica*, aún si este no es analítico y las ecuaciones no sean manipulables analíticamente. Además permite la construcción de componentes desde su estructura matemática desde el *Mathematica* y exportable al *SystemModeler*

Si el modelo ha sido validado y corrido exitosamente, se puede importar desde el *Mathematica*. Una vez importado, existen comandos para analizar su estructura matemática, sus variables, su estado inicial, sus sistemas de ecuaciones involucrados, los parámetros. La Figura 7 muestra el archivo con la simulación del modelo antes descrito.

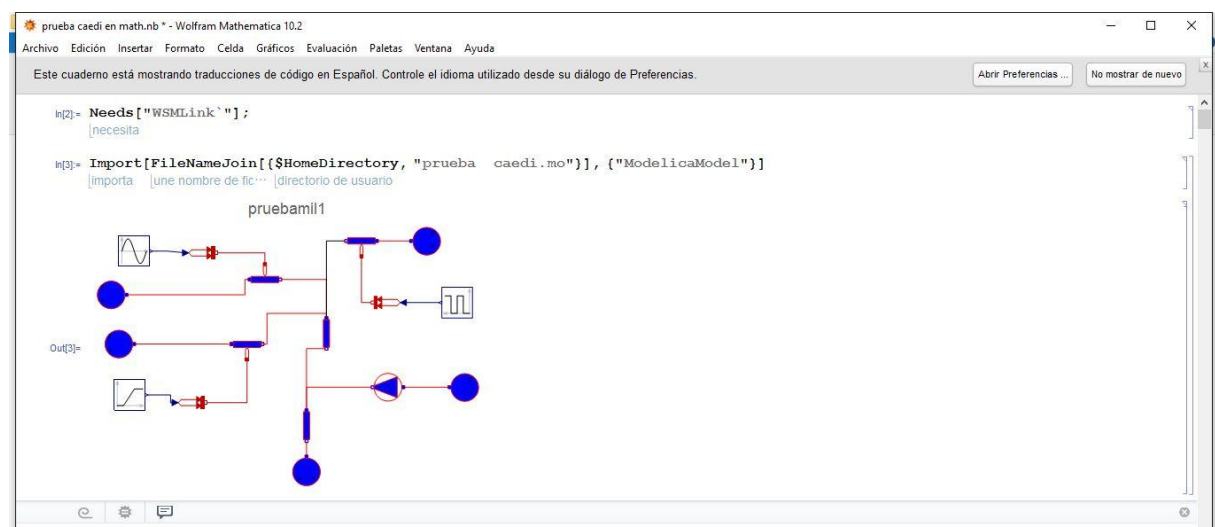


Figura 7: Modelo corriendo en Mathematica

Los comandos para su análisis completo permiten simular situaciones hipotéticas e irreales. La Figura 8 muestra corridas con una parte de la estructura del modelo, muestra la declaración

de parámetros y la inicialización de las ecuaciones involucradas, y a la derecha se muestra una tabla sumaria de propiedades matemáticas involucradas. El modelo se describe con 111 ecuaciones, 105 variables algebraicas, 226 parámetros que definen el sistema, 6 variables de estado, 36 ecuaciones iniciales.

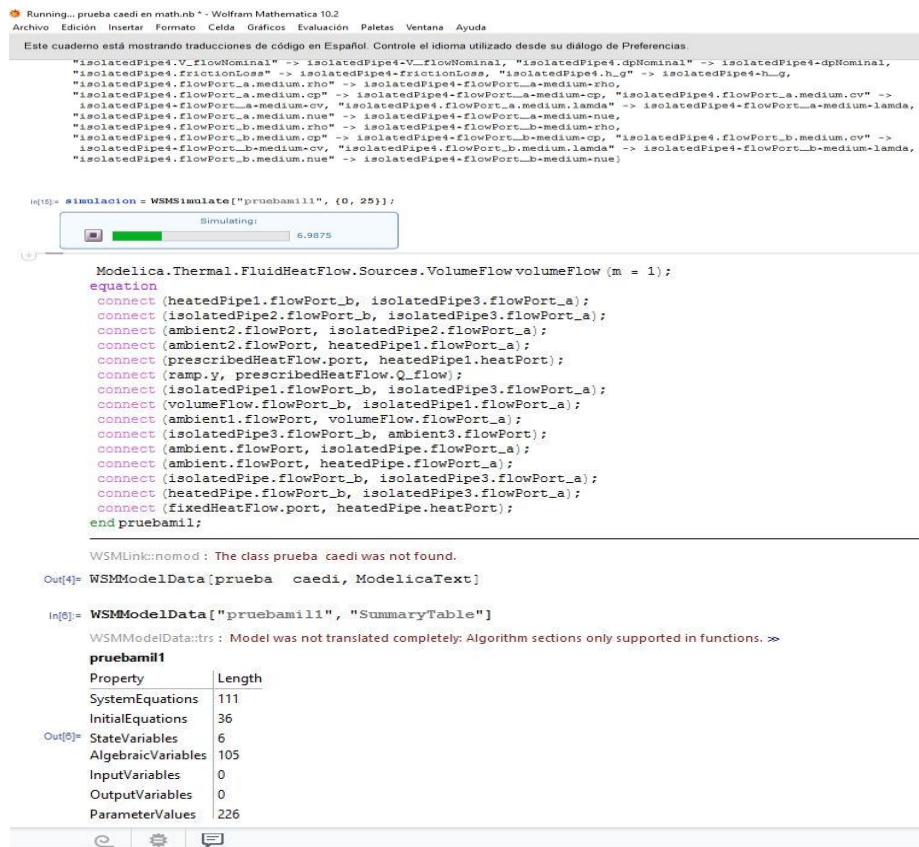


Figura 8: Descripción del Modelo en Mathematica

Con el modelo ingresado se pueden hacer múltiples simulaciones en un único comando, de variables definidas del modelo, según el criterio que se desee corroborar. La Figura 9 muestra una corrida de 6 simulaciones del modelo completo con distintos valores de duración de la rampa de calor en la tubería caliente N° 1. Se puede observar la corrida simultánea y la gráfica de la variación de temperatura en la tubería caliente.

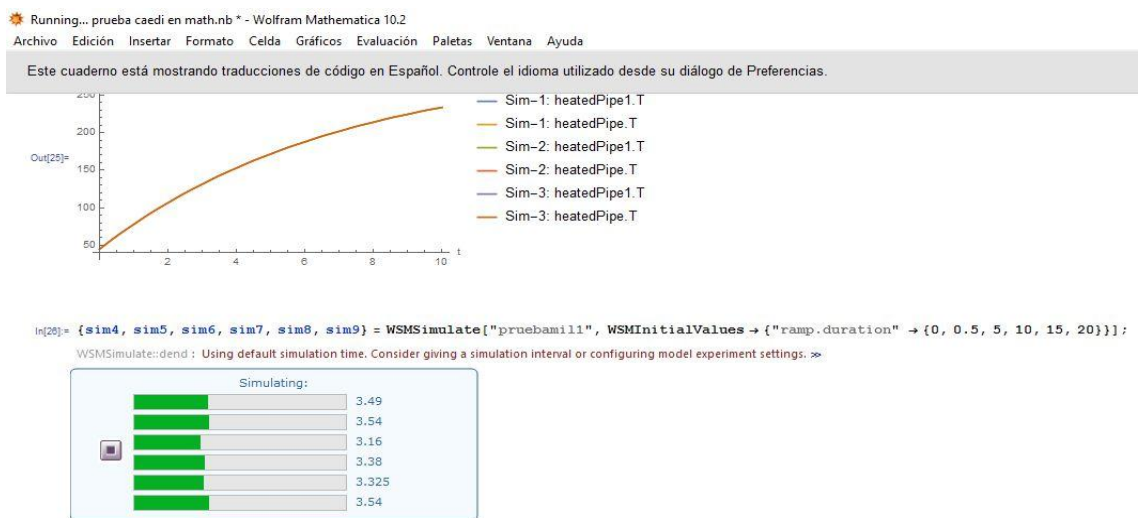


Figura 9: Simulaciones para distintos valores de rampa

Cabe aclarar que la simulación que se observa en la Figura 9 es la aproximación numérica de la solución analítica posible del modelo, si es que ésta existe. El nivel de calidad y precisión del *Simulation Center*, es mucho mayor ya que los cambios ligeros en las variables no pueden observarse claramente en el *Mathematica*. Sin embargo la manipulación de las propiedades del Plot es más trabajosa, por ejemplo con el Zoom, que en *Mathematica* se hace directamente desde la línea de comando [6].

A pesar de no poseer la precisión en visualización del *Simulation Center*, la obtención del modelo matemático o su aproximación numérica permite el análisis de las variables involucradas y la práctica de posibles escenarios para el modelo a través de los comandos. De esta forma se pueden observar comportamientos hipotéticos más rápidamente, sin tocar al modelo original, o agrupando variables en forma más sencilla, tal como se observa en la Figura 8 en donde se muestran las temperaturas de las tuberías calientes N° 1 y 2, para diferentes valores de entrada.

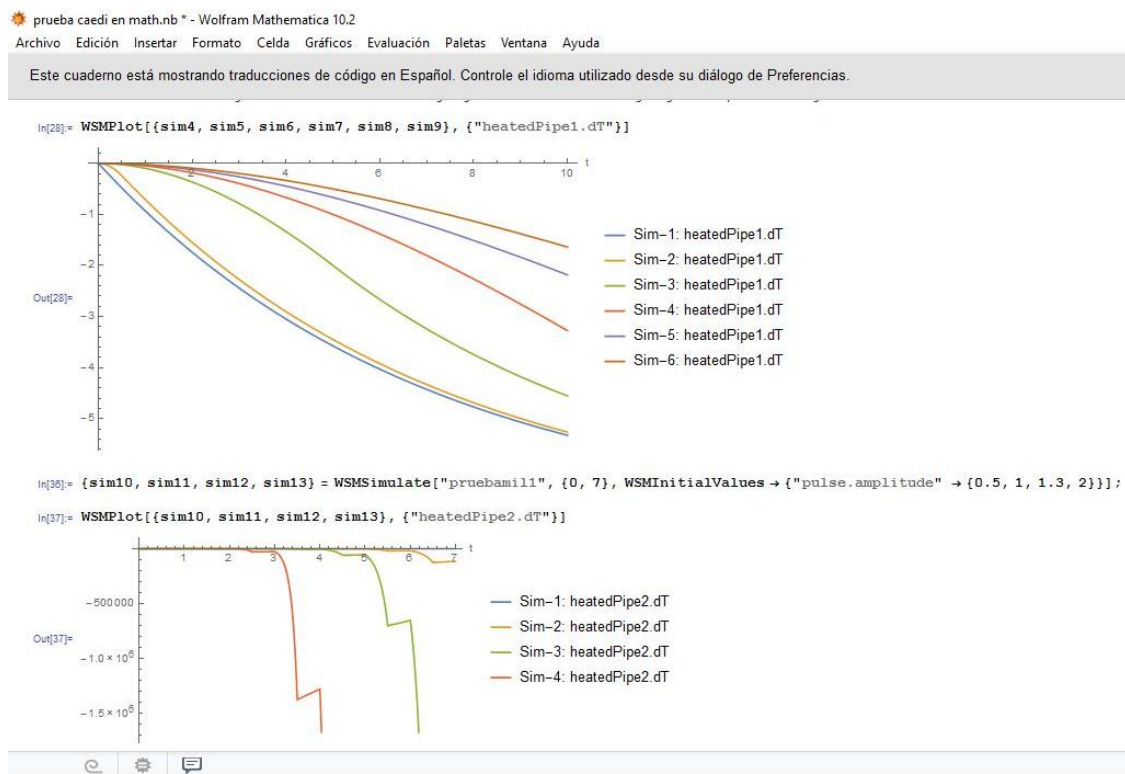


Figura 8: Temperaturas de las tuberías del modelo.

5. Características del SystemModeler

SystemModeler hereda primariamente las librerías del software *Modelica*, éstas son un conjunto vastísimo de componentes para la creación de modelos mecánicos, eléctricos, térmicos, etc. Cada componente creado posee una codificación que define sus parámetros, sus entradas, salidas, posibles conectores y otras características. Esta codificación está programada en C++, por lo que requiere un compilador, siendo el recomendado el de *Visual Studio 2013*. Pero también se proveen otras librerías, que deben ser compradas. Se debe prestar especial atención a la certificación de la librería por *Wolfram*, si se intenta importar una librería no certificada, éste puede verse desde la interface, pero no puede validarse ni simularse.

La conexión entre componentes se hace a través de *conectores*. La definición de conector se genera a nivel programación, y está sustentada en el modelo matemático. Un conector de entrada tiene definida la variable de entrada y su tipo, igualmente lo tiene un conector de salida. Para que dos componentes puedan conectarse, deben ser *compatibles*, es decir que ambos componentes deben compartir algún conector en común. Esta aclaración que parece ser muy obvia obliga a la persona que está modelando a analizar exhaustivamente cada una de las secciones, componentes, variables y parámetros que va a utilizar, antes de armar el modelo.

La clasificación inicial del *Modelica* da una idea intuitiva de las compatibilidades, dividiendo la biblioteca en Electrical, Mechanic, Thermal, etc. Por ello es útil comenzar situando la situación problemática dentro de esta calificación previa. Para estudiar la estructura de cada componente antes de empezar a hacer el modelo se puede hacer desde el *Help SystemModeler* en el sitio de Wolfram [7]. Utilizando el poder del vínculo con *Mathematica*, se puede analizar el componente desde este software en donde se pueden observar las ecuaciones involucradas.

6. Resultados Obtenidos

SystemModeler brinda una oferta muy interesante para la simulación y el modelado. La experiencia de la empresa *Wolfram* y su posición en el mercado garantizan excelencia, precisión, calidad y presentación insuperable. La visualización y las gráficas son excelentes, posee amplia variedad de temas de presentación. El tiempo de ejecución es mínimo.

Pero a la hora de la construcción de modelos la tarea constituyó un desafío importante debido a los siguientes problemas:

- Poca documentación y tutoriales: si bien la empresa presenta una serie de videos tutoriales para el entendimiento del software, no alcanzan para la comprensión de muchas de las características que se deben conocer para la creación de un modelo
- Librerías ausentes: el software posee un conjunto de librerías por defecto, de las cuales solo dos o tres están validadas y pueden correr en una simulación. Las otras deben revisarse exhaustivamente, lo que supone una pérdida de tiempo muy extensa.
- Librerías pagas: muchísimos componentes se encuentran en librerías que deben ser abonadas aparte de la licencia.
- Programación de componentes: si bien se pueden crear componentes desde el *Mathematica*, éstos deben ser compatibles con los restantes, lo que significa un trabajo de vinculación extra que excede a las posibilidades de creación de un modelo.
- Escalamiento: la enorme cantidad de parámetros y variables involucrados en un modelo de tamaño mediano puede generar confusiones en su tratamiento.

7. Alternativas open source

Los resultados obtenidos del uso del *SystemModeler* exhiben la enorme capacidad de cálculo, altísima precisión y presentación elegante y moderna. La simulación de modelos complejos de ingeniería permite un análisis exhaustivo y profundo de cada variable, haciendo comparaciones rápidas en forma dinámica y simple. El plus de la conexión con el *Mathematica* es el agregado que convierte a este software es una herramienta poderosa para la simulación de procesos. Sin embargo, no debe olvidarse que este grupo de herramientas es propietario de la firma *Wolfram Research* por lo que debe comprarse, y la licencia es onerosa y exclusiva a una o un grupo pequeño de computadoras. Por ello su accesibilidad a nivel presupuestaria está restringida a las posibilidades de la institución que lo necesite.

Existen algunas herramientas open source que pueden utilizarse para hacer ejercicios de ingeniería y algunas simulaciones de procesos, pero en general poseen alguna limitación que la aleja de la combinación expuesta en este trabajo. A continuación se lista un grupo de herramientas que se pueden utilizar como alternativas, y una somera descripción:

- Geogebra [8]: muy sencillo y usado en escuelas secundarias, acotado a funciones matemáticas y representaciones analíticas
- Máxima [9]: versión libre del Mathematica, es más pequeña y limitada
- K3DSurf [10]: Para hacer diseño 3D, se pueden simular representaciones espaciales.
- TermoGraf [11]: Específico de termodinámica, posee todos los elementos para hacer la diagramación de gráficos termodinámicos en 2D
- SciPy – Phyton [12]: Paquete de herramientas técnicas y científicas para el estudio ingenieril de datos, procesos y sistemas. Es un conjunto de programas que proveen diversos métodos, como elementos finitos, simulación de Monte Carlo, circuitos lineales, plots especiales, etc.
- Scilab [13]: versión libre del MatLab, con su cloud de librerías y comunidad de trabajos a nivel global, es el software más importante para utilizar en procesos dinámicos, con las mismas características y restricciones del MatLab.

8. Conclusiones

Las pruebas realizadas en el software *SystemModeler* han mostrado el gran nivel de precisión y capacidad que posee para la simulación de modelos complejos de ingeniería. Los componentes están contruidos para una representación fiel de los procesos reales, y su estructura posee todos los parámetros para su análisis físico y químico sin dificultades. Sin embargo el armado de los modelos supone un nivel de conocimientos en programación que dificulta la tarea de construcción de ejemplos para la enseñanza. Como está vinculado con *Mathematica*, su propuesta es altamente atrayente, pero sus interfaces no son intuitivas. Además no todas las librerías del *Modelica* están validadas en *SystemModeler*, por lo que el modelado puede llegar a necesitar una construcción inicial de los componentes.

Aun así, las características y resultados que brinda hacen que *SystemModeler* sea un paquete de software muy interesante para su investigación y estudio, y la construcción de modelos provee a los alumnos una fuente de múltiples escenarios de observación de comportamientos, por lo que son de gran utilidad para la capacitación y el aprendizaje. Esto hace que el desafío de la construcción de ejemplos sea recompensado con un objeto de aprendizaje de alto nivel.

9. Referencias

- [1] HIBBELER R. C. Ingeniería Mecánica. Dinámica, Prentice Hall, Pearson Educación, 12da Edición, México 2010.
- [2] FERZIGER J. H., PERIC M. Computational Method for Fluid Dynamics. Springer, 3rd Edition, Germany, 2002.
- [3] TINNIRELLO A., DE FEDERICO S., SZEKIETA P. *Design and simulation of Complex Surfaces by new Teaching Methodologies* INTED 2014 Proceedings of 8th International Technology, Education and Development Conference, Vol 1, pp. 2803.2813, 2014.
- [4] <http://www.wolfram.com/system-modeler/?source=nav>
- [5] http://www.maplesoft.com/documentation_center/online_manuals
- [6] <https://reference.wolfram.com/language/>

- [7] <http://www.wolfram.com/system-modeler/examples/>
- [8] <https://www.geogebra.org/?lang=es>
- [9] <http://maxima.sourceforge.net/>
- [10] <http://k3dsurf.sourceforge.net/>
- [11] <http://termograf.unizar.es/www/index.htm>
- [12] <http://www.scipy.org/>
- [13] <http://www.scilab.org/>



III CADI
IX CAEDI
2016



LA ASOCIACIÓN UNIVERSITARIA DEL SECTOR ALIMENTARIO POR LA INTEGRACIÓN EN LATINOAMÉRICA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN INGENIERÍA

Alicia Lucía Ordóñez, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, aordonez@fcai.uncu.edu.ar

Ana Gabriela Qüesta, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, agquesta@unse.edu.ar

María Elida Pirovani, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, mpirovan@fiq.unl.edu.ar

Nora Beatriz Pece, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, nora_pece@hotmail.com

Resumen— La Asociación de Universidades del Sector Alimentario (AUSAL) está actualmente conformada por 14 Universidades Nacionales en las que se dicta la carrera de Ingeniería en Alimentos. Esta asociación civil sin fines de lucro busca promover la cooperación académica, científica y técnica entre las universidades públicas argentinas. Recientemente, la AUSAL se ha fijado como objetivo transmitir este modelo de cooperación a otras casas de estudios Latinoamericanas. En este sentido, las Facultades de Ciencias Aplicadas a la Industria (FCAI-UNCuyo), de Agronomía y Agroindustrias (FAyA-UNSE), de Ingeniería Química (FIQ-UNL) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Perú (UNMSM), llevaron cabo, en el marco de la convocatoria Misiones V de la Secretaría de Políticas Universitarias, un proyecto que permite impulsar el desarrollo de relaciones estables de cooperación Latinoamericana. En este sentido, las universidades argentinas participantes socializaron con una universidad peruana las acciones que desarrolla la AUSAL y establecieron un convenio de cooperación específico entre la UNCuyo y la UNMSM, que permitirá impulsar nuevas acciones conjuntas.

Palabras clave— *Integración, Educación Superior, Ingeniería en Alimentos*

1. Introducción

Entre 2004 y 2011 la Secretaría de Políticas Universitarias orientó sus acciones hacia proyectos de aseguramiento de la calidad de la formación en carreras de Ingeniería lo que ha permitido que Argentina impulsara procesos de acreditación que han merecido el reconocimiento de asociaciones regionales y mundiales de la ingeniería. Además, no sólo se trabajó para consolidar la formación a través del conocimiento de contenidos, sino también inculcar, durante el proceso formativo, competencias, capacidades, actitudes y aptitudes que permitan generar un profesional de alta capacitación técnica, con compromiso social, conciencia ambiental y capacidad de liderazgo. En 2012, el Ministerio de Educación de la Nación (ME) impulsó, en conjunto con otros actores, el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016. En este contexto se pusieron en marcha programas de cooperación internacional y acuerdos bilaterales y multilaterales de reconocimiento de títulos de carreras acreditadas [1]. Dicho Plan cuenta con tres ejes estratégicos, siendo uno de ellos

“Internacionalizar la formación de futuros ingenieros (acciones de cooperación con Gobiernos y Universidades de Países Latinoamericanos del Caribe y de la Unión Europea)”.

En la Argentina, el diseño y puesta en marcha de políticas de internacionalización de la educación superior por parte de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del ME a finales del año 2006, a través del Programa de Promoción de la Universidad Argentina (PPUA), ha permitido al conjunto de las universidades nacionales, por primera vez en su historia, proyectarse al mundo a través de sus propias capacidades y en el marco de una estrategia de integración regional Latinoamericana. El PPUA buscó promover la internacionalización de las Instituciones de Educación Superior de nuestro país mediante la prosecución de los siguientes objetivos: impulsar la constitución y afianzamiento de redes internacionales de universidades; promover y facilitar la incorporación de estudiantes extranjeros de grado y postgrado; impulsar políticas de alianzas estratégicas con universidades e instituciones científicas del exterior; fortalecer los vínculos con los países de MERCOSUR; y, promover y apoyar la oferta de titulaciones argentinas en el extranjero.

Dentro de este Programa se lanzaron los siguientes tipos de convocatorias: Fortalecimiento de Redes Interuniversitarias, Misiones Universitarias al Extranjero y Fortalecimiento de las áreas de Relaciones Internacionales de las Universidades Nacionales. En cada una de ellas se establecieron las bases y los montos a asignar en cada caso.

La Asociación Universitaria del Sector Alimentario (AUSAL) nace en el año 1985 como iniciativa de varias Facultades en las cuales se dictan las carreras de Ingeniería en Alimentos y/o Licenciatura en Alimentos, que observaron la necesidad de avanzar en políticas interinstitucionales que articulen las potencialidades existentes en cada una de las casas de altos estudios. En la ciudad de San Rafael, Mendoza, en marzo del 2009 se constituyó formalmente la Asociación AUSAL como Asociación Civil sin fines de lucro y se iniciaron las gestiones para la aprobación de sus estatutos [2]. A la fecha integran AUSAL 14 Universidades Nacionales en las que se dicta la carrera de Ingeniería en Alimentos, a saber: Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria – Universidad Nacional de Cuyo; Facultad de Ciencias de la Alimentación – Universidad Nacional de Entre Ríos; Facultad de Agronomía y Agroindustrias – Universidad Nacional de Santiago del Estero; Escuela de Ingeniería en Alimentos - Universidad Nacional de Luján; Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Mar del Plata; Departamento de Tecnología – Universidad Nacional de Quilmes; Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral; Departamento Académico de Ciencias y Tecnologías Aplicadas a la Producción, al Ambiente y al Urbanismo – Universidad Nacional de La Rioja; Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas – Universidad Nacional del Chaco Austral; Escuela de Producción Tecnología y Medioambiente – Universidad Nacional de Río Negro; Departamento de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Sur; Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de San Luis; Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia – Universidad Nacional de San Luis; Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan y la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires [3].

La AUSAL ha desarrollado diversas actividades que le ha permitido posicionarse como referente para las carreras de Ingeniería de Alimentos del país. Particularmente se destacan los cursos de grado destinados a estudiantes, los encuentros docentes, difusión de la carrera y las incumbencias profesionales de sus graduados [4]. A ello se suma el trabajo realizado para establecer redes de cooperación académica con universidades de Chile, Uruguay y recientemente de Perú, con el propósito de difundir y compartir la experiencia lograda en esta Asociación [5, 6].

El proceso de integración de la educación superior se presenta como una estrategia para promover el desarrollo de sus sistemas educativos en un contexto de creciente internacionalización. El espacio de integración y regionalización de los sistemas universitarios permite potenciar el desarrollo académico y superar las dificultades que imponen los nuevos escenarios globales en lo relativo a la calidad de la Educación Superior, la satisfacción del incremento de la demanda y el desarrollo científico y tecnológico.

El ámbito común de la Educación Superior es el eje necesario para participar en un mundo académico global. La Integración Regional, como estrategia de internacionalización de la educación superior, establece mecanismos institucionales para la mejora de los procesos de formación de profesionales y de proyección a la comunidad.

En América Latina en particular se presentan grandes posibilidades para alcanzar una integración de tipo regional porque reúne una serie de puntos comunes como etnia, raza, lengua y problemáticas similares. La integración regional internacional de los procesos de aprendizaje y de conocimiento, la aparición de redes y asociaciones académicas, la movilidad de estudiantes y los nuevos procesos de transferencia de conocimientos y tecnologías, están definiendo un nuevo rumbo y estableciendo procesos diferenciales que hacen posible vislumbrar lo que será el futuro de la Educación Superior.

En resumen, es un convencimiento que el proceso de construcción de un espacio de cooperación universitaria del sector alimentario que promueve la movilidad de estudiantes, docentes e investigadores, diversifica y democratiza el ofrecimiento de formación y conocimientos, propiciará un uso más eficaz de los recursos del estado invertido en las universidades nacionales, coadyuvará en la determinación de problemáticas comunes y en el desarrollo integral y solidario de nuestras universidades y de las comunidades en las que se insertan. Además propiciará la internacionalización de la educación, fortaleciendo la participación activa de las Universidades Argentinas del Sector Alimentario en los procesos de integración de la Educación Superior a nivel nacional, latinoamericano y caribeño e internacional.

Como se mencionó precedentemente, la AUSAL participó en los siguientes proyectos PPUA: Intercambio de actividades académicas para alumnos de carreras de Ingeniería en Alimentos del Consorcio AUSAL y países latinoamericanos [5] y Consolidación de la Asociación de Universidades del Sector Alimentario (AUSAL) (Proyectos de Fortalecimiento Redes Interuniversitarias III) [6].

El objetivo de este trabajo es difundir una nueva experiencia de AUSAL realizada recientemente en el marco del proyecto “La Asociación Universitaria del Sector Alimentario por la integración en Latinoamérica de la educación superior en ingeniería en el marco de los Proyectos de Misiones Universitarias al Extranjero V.

2. Metodología

AUSAL presentó a la Convocatoria de Proyectos de Misiones Universitarias al Extranjero V (PME) de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), un proyecto con el objetivo de Consolidar la Cooperación Académica, Científica y Técnica entre Universidades de Argentina y de Perú. Dicha convocatoria planteaba como objetivo general “Organizar misiones de universidades argentinas al exterior a fin de buscar asociaciones para la investigación, generar programas de movilidad de estudiantes y profesores, diseñar programas conjuntos de cooperación científica y académica, reclutar estudiantes internacionales, difundir las producciones culturales y científicas del país, así como otras actividades pertinentes, en

coordinación con el Ministerio De Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, en el marco del Programa de Promoción de la Universidad Argentina” [7].

Para su presentación, la metodología planteada respondió a las Bases establecidas en la mencionada convocatoria que requirió incluir los siguientes aspectos:

1. Instituciones integrantes del PME.
2. Objetivos del PME y justificación de las actividades a desarrollar.
3. Plan de actividades previsto
4. Financiamiento de cada una de las actividades previstas.

Las Instituciones Universitarias involucradas fueron la Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional del Litoral – Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Santiago del Estero – Facultad de Agronomía y Agroindustrias, miembros de la Asociación (Argentina) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú).

Como objetivo general de dicho proyecto, se propuso difundir los resultados del modelo de cooperación de AUSAL a la Universidad Latinoamericana de destino para fortalecer la formación de recursos humanos en el área de la ingeniería de los alimentos. En tanto, los objetivos específicos planteados fueron:

1. Internalizar o profundizar la integración regional educativa, desde la docencia, a fin de contribuir con la planificación de espacios de:
 - a. Movilidad académica-estudiantil con reconocimiento de trayectos formativos.
 - b. Movilidad académica-docente o de responsables de la gestión académica para la generación de estrategias de “internacionalización o regionalización del currículum” de grado o posgrado.
2. Internacionalizar o consolidar la investigación a los efectos de:
 - a. Conformar equipos de investigación para la producción, en forma conjunta, de conocimientos sobre diseño de alimentos para poblaciones vulnerables, a partir de materias primas regionales.
 - b. Contribuir a la formación de recursos humanos.

Las actividades programadas fueron:

- Establecer contactos con la Universidad de destino para establecer la agenda de trabajo
- Reunión en la Universidad de destino, con autoridades y docentes, a fin de realizar una revisión de la oferta académica de grado y postgrado y avanzar sobre áreas comunes, en el grado, que permitan la movilidad de docentes y estudiantes.
- Encuentros con docentes investigadores del área de los alimentos para tomar conocimiento recíproco de líneas de investigación de interés común.

3. Resultados

Como resultado de los contactos previos establecidos entre las Universidades participantes se definió una agenda de trabajo que permitió avanzar sobre los objetivos propuestos. La agenda consensuada y definida para la Misión contemplaba los siguientes aspectos relevantes:

- Presentación del Proyecto “La Asociación Universitaria del Sector Alimentario por la Integración en Latinoamérica de la Educación Superior en Ingeniería”.
- Intercambio de ideas con grupos de trabajo seleccionados por temas específicos.
- Visita a la Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.
- Visita a la Escuela Profesional de Nutrición de la Facultad de Medicina Humana.
- Visita a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria.
- Plenario, conclusiones y recomendaciones.

La agenda previamente establecida fue una herramienta de trabajo esencial para organizar y optimizar las actividades previstas.

La Presentación del Proyecto y de AUSAL, a cargo de la Dra. Alicia Ordoñez, Decana de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de UNCuyo, se realizó ante los pares de la UNMSM con la presencia de representantes de las Escuelas Académicas Profesionales de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Química e Ingeniería Química; de las Escuelas Académicas Profesionales de Farmacia y Bioquímica, Ciencia de los Alimentos y Toxicología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica; de la Escuela Académico Profesional de Nutrición de la Facultad de Medicina y de la Facultad de Ingeniería Industrial que ofició de anfitriona de la Misión.

La presentación de la AUSAL permitió difundir los objetivos y principales logros alcanzados por la Asociación en relación con la movilidad de alumnos, docentes y personal de gestión, que despertaron el interés de la Universidad peruana por replicar este tipo de actividades cooperativas en su Universidad.

Luego de la presentación, la delegación argentina realizó una exposición de la oferta académica argentina y de las principales líneas de investigación que se desarrollan. De igual modo los participantes peruanos expusieron sobre estas temáticas. Como resultado de esta actividad se intercambiaron contactos que permitirán a futuro participar en espacios de cooperación emergentes, como un medio para el desarrollo institucional y como un modo de complementación de las capacidades de las universidades que permita la realización de actividades conjuntas y una integración con fines de mutuo beneficio [8].

Las visitas programadas a las distintas instalaciones de las Unidades Académicas de la UNMSAM permitieron conocer la infraestructura y equipamiento disponible así como tomar contacto con el personal responsable y auxiliar vinculados al área de la ingeniería en alimentos. Esta actividad proporcionó una visión general del desarrollo en la Universidad extranjera, revalorizando a las Universidades argentinas participantes, que en esta área, cuentan con infraestructura y equipamiento más avanzado que posibilitaría favorecer la movilidad de estudiantes de grado y posgrado así como establecer líneas de trabajos futuras de mutua conveniencia.

Como corolario de la misión, se destaca que Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo firmó un Convenio Específico que incluía, entre sus principales aspectos, la movilidad estudiantil y docente. En tanto que la Universidad Nacional del Litoral y la Universidad Nacional de Santiago del Estero concretaron la firma de Declaración de Intención para Convenios cuyos objetivos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Objetivos propuestos para la Firma de Convenios entre UNL-UNMSM y la UNSE-UNMSM.

Convenio	Tipo de Convenio	Objetivos propuestos
UNL y UNMSM	ACUERDO ESPECIFICO DE COOPERACIÓN PARA EL INTERCAMBIO ACADÉMICO	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Realizar la movilidad con el número de estudiantes que de mutuo acuerdo se establezcan por curso y que deberá ser igual para ambas universidades. ♦ Establecer cada año las áreas objeto de intercambio. ♦ Eximir al estudiante de intercambio de las tasas de matrícula, que deberá haber sido formalizada en la universidad de origen. ♦ Enviar a la contraparte el listado de materias ofertadas durante el período académico, sus calendarios lectivos y sus contenidos según requerimientos. ♦ Nombrar cada año los coordinadores académicos en las áreas de intercambio. ♦ Elaborar un informe anual sobre los resultados, avances y áreas de mejora del presente convenio. ♦ Reconocer los estudios cursados y superados por los estudiantes en la universidad anfitriona.
UNSE y UNSM	CONVENIO MARCO	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Actuar cada una como organismo asesor de la otra en relevamiento y resolución de problemas sobre temas de su competencia. ♦ Colaborar en proyectos de investigación y desarrollo que la contraparte tenga en ejecución, intercambiando información y personal idóneo ♦ Organizar conferencias, seminarios, cursos, y otras acciones relativas a temas de interés de alguna de las partes. ♦ Desarrollar programas de formación profesional y atención comunitaria que permitan satisfacer las demandas generales de la comunidad, comprometiendo la participación de los actores sociales en su gestión.

Fuente: Elaboración propia

Esta experiencia podría considerarse como muestra para avanzar en la articulación y convergencia de las instituciones entre sí, a través de la conformación de redes académicas de manera de estimular el intercambio de estudiantes, docentes e investigadores y acordar programas articulados de formación, investigación y extensión, tal como lo propone Fernández Lamarra [9].

4. Conclusiones

Este proyecto, a través del fortalecimiento de vínculos entre universidades argentinas y el establecimiento de relaciones con universidades argentinas y latinoamericanas, permitió potenciar los recursos humanos y materiales existentes aprovechando las fortalezas de las instituciones miembros de AUSAL; consolidar la Asociación en Latinoamérica; favorecer la cooperación en el desarrollo de las actividades curriculares, de investigación, extensión y vinculación; y, profundizar los lazos con Universidades extranjeras.

Por otra parte, permitió sentar las bases para actividades conjuntas con la Universidad de destino y aprovechar las experiencias individuales de cada Institución para mejorar las actividades académicas tendientes a la formación de profesionales universitarios con una

cosmovisión sistémica que le permita aplicar sus conocimientos en el lugar en que se los requiera.

Asimismo, permitió potenciar la articulación, gestión y promoción de políticas tendientes a desarrollar el proceso de Internacionalización de nuestras Universidades; identificar áreas temáticas de interés mutuo, entre las Universidades que integran AUSAL y sus pares de la Universidad de destino; implementar acuerdos de movilidad académica de grado y postgrado en el plano internacional; promover instancias de colaboración en investigación vinculadas a problemáticas sociales y generar espacios de trabajo conjunto y mayores lazos de solidaridad entre las partes.

5. Referencias

- [1] DANIEL MORANO (2013). Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016. Reseña y evolución, en primera persona. Revista Argentina de ingeniería. Año 2. Volumen 2. Agosto de 2013. p, 47-54.
- [2] Asociación Universitaria del sector Alimentario. Estatuto Reglamentario. Marzo 2009.
- [3] UNCuyo; UNLu; UNSE; UNMP; UNER; UNQ. Informes Programa de cooperación horizontal para asociación de universidades del sector alimenticio (AUSAL). Sub Proyecto PROMEI-SPU 2006-2007-2008.
- [4] ORDÓÑEZ, A., ROBERTI, A.; TAMAÑO, G.; PECE, N.; ARRAIZ, G.; CANTALUPI, A. (2010). AUSAL: Actividad académica en red en carreras de ingeniería de alimentos. ENGINEERING 2010 - ARGENTINA's proceedings. Congreso Internacional INGENIERIA 2010. p. 1-6.
- [5] UNCuyo, UNER, UNLu, UNSE, Universidad de la Serena, Universidad Nacional de la República. Convocatoria de Proyectos de Fortalecimiento Redes Interuniversitarias III.- Proyecto " Intercambio de actividades académicas para alumnos de carreras de Ingeniería en Alimentos del Consorcio AUSAL y países latinoamericanos". Convocatoria Agosto 2008.
- [6] UNCuyo, UNER, UNLu, UNSE, Universidad de la Serena, Universidad Nacional de la República. Convocatoria de Proyectos de Fortalecimiento Redes Interuniversitarias III.- Proyecto "Consolidación de la Asociación de Universidades del Sector Alimentario (AUSAL)". Convocatoria Agosto 2008.
- [7] Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación. (2013). Res. N° 1856 SPU.
- [8] SIUFI, G. (2009). Cooperación Internacional e Internacionalización de la Educación Superior. Disponible en: [http:// ess.iesalc.unesco.org.ve/index.php/ess/article/view/55/42](http://ess.iesalc.unesco.org.ve/index.php/ess/article/view/55/42) (consultado en julio de 2016).
- [9] FERNÁNDEZ LAMARRA, N. (2012). La Educación Superior en America Latina. Aportes para la construcción de una nueva agenda. Debate Universitario. Número 1. Noviembre de 2012. p. 1-29.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RAFAELA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE COMPETENCIAS TRANSVERSALES EN LOS FUTUROS INGENIEROS

Jesica Pamela Puy, UTN Facultad Regional Rafaela, jesica.puy@gmail.com

Adriana de Lourdes Lescano, UTN Facultad Regional Rafaela, lescanoadri@gmail.com

Griselda Noemí Patitucci, UTN Facultad Regional Rafaela, griss@wilnet.com.ar

Resumen

La formación de ingenieros basada en competencias tiene como propósito que los estudiantes desarrollen competencias específicas y transversales; las primeras relacionadas a los conocimientos técnicos y las segundas vinculadas a capacidades intelectuales, personales, interpersonales, organizacionales y empresariales que se consideran fundamentales en la formación de futuros profesionales aptos para trabajar en diversos ámbitos e integrarse con éxito en la vida social y laboral.

Para los docentes desarrollar y, sobre todo, evaluar las competencias transversales supone un verdadero reto debido a que éstas requieren innovaciones relevantes en las prácticas de enseñanza y aprendizaje y en los procedimientos de evaluación.

El presente artículo muestra la percepción de alumnos y profesores de primer año de las carreras de Ingeniería, que se dictan en la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional, respecto a la adquisición de habilidades de trabajo en equipo, gestión de tiempo y comunicacionales, luego de realizar una actividad integradora propuesta por la cátedra de Física I. Los resultados positivos de esta experiencia, obtenidos en el marco de un proyecto de investigación, nos animan a seguir profundizando el estudio de esta temática.

Palabras clave— *competencias transversales, trabajos prácticos, evaluación.*

1. Introducción

Los procesos de certificación y acreditación de carreras de Ingeniería producidos en las últimas décadas en la República Argentina, favorecieron una mirada reflexiva hacia el interior de las instituciones educativas de nivel superior, observándose diversos aspectos de los establecimientos tales como la infraestructura y el equipamiento, los diseños curriculares, las prácticas docentes, los materiales de estudio, entre otros.

El CONFEDI [1] (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería), identificó y definió las competencias de egreso de las carreras de ingeniería, atendiendo estrictamente a lo disciplinar, y a las competencias de ingreso de un estudiante de nivel medio que desea

continuar sus estudios de Ingeniería. En función de la necesidad de adaptación que percibió respecto a los avances científicos y tecnológicos, estableció pautas para la formación de estudiantes que le otorguen instrumentos básicos “para el desarrollo del pensamiento crítico, de competencias comunicativas, habilidades para resolver problemas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios, trabajar en equipo y desarrollar el pensamiento lógico y formal”. Considera que estas competencias no sólo son necesarias para los estudios universitarios sino que principalmente constituyen exigencias imprescindibles para el ejercicio responsable de la ciudadanía y para la inserción laboral del profesional.

Estos objetivos se podrán cumplir en plenitud si se trabaja para alcanzar un desarrollo del lenguaje que les permita interactuar de forma eficiente en el contexto profesional. Las observaciones de clases y experiencias pedagógicas en el primer año de las carreras de Ingeniería, han permitido constatar que existe un desarrollo insuficiente de la competencia comunicativa que poseen los estudiantes al iniciar sus estudios universitarios, por esta razón se plantean actividades que les posibiliten una comunicación adecuada para satisfacer los requerimientos de evaluación de las asignaturas y de sus futuras tareas profesionales. [2]

Vigotski concibió el lenguaje como un mecanismo de mediación que permite la exteriorización y transmisión de los pensamientos, de carácter social, interviene en los procesos de construcción y socialización del pensamiento, es un instrumento del conocimiento, del reflejo de la realidad, de la formación del pensamiento y la comunicación.

Desde hace un tiempo se está prestando mucha atención al concepto de competencia que ha adquirido una importancia notable en el discurso analítico de la empleabilidad [3]. Las competencias favorecen el desarrollo de una verdadera educación integral al incluir todas las dimensiones del ser humano (saber, saber hacer y saber ser y estar) y son un referente para la superación de una enseñanza tradicional academicista.

Las competencias se clasifican en específicas y transversales. Las específicas se relacionan con las habilidades técnicas necesarias para desempeñar correctamente una actividad o trabajo profesional. Tales competencias pueden dividirse en conceptuales, procedimentales y profesionales. Las competencias transversales son aquellas que se requieren para aplicar las habilidades técnicas a situaciones diferentes.

En el mundo actual, caracterizado por una cambiante economía intensiva en información, los trabajadores deben poseer habilidades transversales, disposiciones y atributos que sean transferibles a muchas situaciones y áreas laborales [4];[5]. Todo individuo necesita desarrollar una serie de competencias transversales para su propia realización personal, para poder ser ciudadanos críticos, para facilitar su inclusión social y para encontrar empleo. Las competencias transversales incluyen, competencias intelectuales, personales, interpersonales, organizacionales y empresariales, y se consideran fundamentales para capacitar al estudiante para trabajar en diversos ámbitos profesionales, así como para integrarse con éxito en la vida social [6].

En este contexto, los equipos de docentes de diversos espacios curriculares comienzan a repensar sus prácticas, analizando las formas en que los estudiantes se apropian del contenido y lo transfieren a distintas situaciones problemáticas. Poner en práctica nuevas formas de enseñar en la era en la que predomina lo audiovisual es un reto permanente para los profesores. "Nuestros desafíos en el sistema educativo tienen que ver con la elección de las prácticas que rompan los ritos y den cuenta del compromiso que asumen cotidianamente los docentes con la finalidad que los alumnos aprendan en el vertiginoso mundo contemporáneo, comprometidos en la recuperación de una enseñanza solidaria en los difíciles contextos de la práctica cotidiana." [7]

Se incorporan a las aulas nuevas herramientas cognitivas: plataformas educativas, materiales digitales en distintos formatos, equipos de laboratorio, trabajos prácticos virtuales, propuestas que utilizan softwares específicos, simulaciones, y además, se incrementa el volumen de información disponible de fuentes confiables y se mejora la comunicación mediante el uso de redes sociales.

Este trabajo presenta y fundamenta la propuesta áulica que tiene por objetivo mejorar el desarrollo de competencias tales como, trabajar en equipo, gestionar adecuadamente los tiempos, expresar y comunicar ideas en lenguaje disciplinar oral y escrito.

El trabajo grupal o colaborativo consiste en un método y un conjunto de técnicas de conducción del aula, en la cual los estudiantes trabajan dentro y fuera del salón de clases, en pequeños grupos desarrollando una actividad de aprendizaje, recibiendo una evaluación individual y grupal de los resultados conseguidos.

La herramienta utilizada para propender el desarrollo de las mencionadas competencias es la resolución de un problema real de Física, en el que se integren distintos contenidos disciplinares y se mejore la comprensión de los mismos. La actividad integradora propone al alumno transferir modelos teóricos a situaciones reales, realizando procesos de análisis, experimentación y desarrollo del método científico.

2. Materiales y Métodos

Se presenta en este trabajo, un estudio de caso para el cual se ha realizado un análisis de la percepción de los estudiantes y docentes, al finalizar una actividad integradora grupal llevada a cabo en el curso de Física I, en la Facultad Regional Rafaela, durante el año 2015. El estudio de caso se encuentra en el marco de un proyecto de investigación que se ocupa de diseñar y evaluar contenidos digitales, herramientas tecnológicas y material de laboratorio, para ser utilizados en distintas asignaturas del ciclo básico de las carreras de Ingeniería.

Se analiza la información brindada por las encuestas realizadas a los estudiantes y las entrevistas hechas a los docentes y por último, se compara el porcentaje de alumnos aprobados respecto a una cohorte anterior.

En esta ocasión se trabajó en la cátedra Física I, que es una asignatura de dictado cuatrimestral del segundo cuatrimestre. Esto implica que quienes se inscribieron a la mencionada materia, ya han cursado Análisis Matemático I y Álgebra y Geometría Analítica. La asignatura cuenta con el régimen de promoción directa.

Para el ciclo lectivo en estudio, se decide que la aprobación del trabajo integrador y los parciales de práctica, junto a la presentación de los trabajos de laboratorio, es condición necesaria para la promoción.

La cohorte 2015 estaba integrada por ochenta y un estudiantes, de los cuales diez promocionaron Álgebra y Geometría y dos Análisis Matemático I.

El objetivo planteado por el equipo docente, es mejorar los procesos de aprendizaje de las ciencias experimentales, promoviendo la integración de los contenidos y la transferencia de modelos teóricos a casos reales, desarrollando en los estudiantes competencias necesarias para su futura labor profesional.

Las actividades propuestas se organizaron de manera que todos los alumnos puedan participar, que tengan necesidad y oportunidad de confrontar, discutir y elaborar conjuntamente los conocimientos adquiridos, presentar sus puntos de vista y encontrar una

articulación entre varios conocimientos. La propuesta facilita la autorregulación de los estudiantes durante su resolución, así como la valoración individual y colectiva del aprendizaje.

La actividad experimental y la resolución de casos deben ser instrumentos que promuevan los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales, que debe incluir cualquier dispositivo pedagógico [8]. Los problemas abiertos admiten varias vías de solución favoreciendo el debate y la discusión, de esta forma se potencia el desarrollo de habilidades comunicativas; además promueven la combinación de los componentes académico, laboral e investigativo para propiciar la formación integral del estudiante y su ubicación en el futuro contexto de actuación.

En este caso particular se propone analizar una situación real utilizando una filmación realizada por ellos o tomando un video de algún evento que revista interés para ser estudiado desde el punto de vista de la mecánica clásica. La actividad se presenta el primer día de clases, se desarrolla durante el cursado y al finalizar el dictado de la asignatura, se presenta un informe escrito que se expone ante la clase. La tarea, cuya entrega es obligatoria, forma parte de la evaluación continua formativa que se hace a los estudiantes de primer año para la promoción del espacio curricular.

La resolución del problema propuesto implica, entre otras actividades la preparación y análisis de un video utilizando distintos recursos didácticos a la hora de diseñar, realizar, formular y redactar la experiencia. La actividad que se presenta no propone solamente observar y medir, para realizarla se requiere desarrollar habilidades de investigación, estrategias cognitivas, destrezas comunicativas, trabajo en equipo, manejo del tiempo, producción colaborativa, entre otras.

La actividad se presentó a la totalidad de los estudiantes, dejando claramente establecidos los criterios de evaluación. El trabajo será realizado en forma grupal, constará de tres etapas que se evaluarán en forma individual, teniendo en cuenta la puntualidad en la entrega, la presentación del informe y la pertinencia del video.

La primera etapa comienza con el tema Leyes de la Dinámica y Ecuaciones del Movimiento de una partícula que son aplicadas al objeto de estudio incluyendo el análisis de las fuerzas que intervienen. Los alumnos cuentan con sensores de movimientos y con softwares libres que les permiten crear modelos cinemáticos o dinámicos para el análisis de movimientos en una y dos dimensiones. En caso de ser necesario, pueden emplear hojas de cálculo para el análisis de datos. Comienza aquí el contraste de los modelos teóricos con los datos reales.

En la segunda fase se examina el mismo objeto teniendo en cuenta las Energías Mecánicas puestas en juego, luego de desarrollar el tema Trabajo y Energía. Aquí se comparan los cálculos teóricos con los reales, ayudando a comprender el concepto de energía interna y a plantear interrogantes acerca de las diferencias entre la masa puntual y el cuerpo extenso.

Finalmente, en la última etapa y luego de ver la Rotación del Cuerpo Rígido, al considerar el cuerpo extenso y sus posibilidades de hacer movimientos combinados (rotación y traslación combinadas) se incorporan al trabajo nuevas variables.

En cada nueva etapa, los equipos de trabajo deben reconsiderar las presentaciones previas y justificar, detalladamente, las diferencias entre el modelo teórico y la realidad que encontraron en los análisis anteriores.

Al finalizar el cursado, cada grupo debe exponer su video ante sus compañeros y luego de la presentación, se propone un debate entre los estudiantes.

El trabajo tiene una presentación oral y un informe escrito que son evaluados por los docentes de la cátedra y por profesores externos a la misma.

Por último, se realizó una encuesta a los estudiantes con el propósito de recolectar información acerca de los recursos tecnológicos usados en la actividad y conocer su opinión sobre el desarrollo de la propuesta; y una entrevista a los docentes con el fin de obtener información acerca del cumplimiento de los objetivos planteados al planificar la actividad.

3. Resultados y Discusión

A continuación se detalla la información relevada de las encuestas a los alumnos y entrevistas a los docentes.

3.1 Percepción de los estudiantes

En cuanto al acceso a las herramientas requeridas para hacer el trabajo, todos coinciden en que tuvieron acceso fácilmente, ya sea por haber usado las filmadoras de sus celulares, por acceder a softwares libres o por contar en sus netbooks con los programas necesarios para su realización.

En referencia a los logros relacionados con las competencias específicas:

Aproximadamente, el 60% de los estudiantes considera que la actividad sirvió para transferir contenidos de la teoría a la práctica y comprender mejor los temas de la asignatura Física I. Asimismo, más del 40% de los alumnos remarcan que el análisis del video les permitió integrar contenidos. Todos los trabajos presentados abarcan diversos ejes temáticos de la cátedra, el 70% de los alumnos identificaron por lo menos dos ejes temáticos, aunque los docentes reconocen en los informes que se incorporaron más unidades de las que ellos mencionan.

El 77% de los encuestados reconoce que el trabajo extra áulico contribuyó a mejorar su desempeño en la materia. La mayoría percibe que, luego de realizar esta actividad, comprende mejor la teoría. Un segundo grupo considera que puede resolver problemas más fácilmente y un tercer grupo (con una menor cantidad de alumnos) cree que mejoró su desempeño en los prácticos de laboratorios.

El 44% del estudiantado afirma que la actividad despertó su interés en la investigación.

Los estudiantes, pertenecientes a distintos grupos, expresan que a la hora de pedir ayuda recibieron colaboración de sus pares, de los docentes y algunos tuvieron que recurrir a expertos en la temática abordada.

En relación a las competencias transversales:

La actividad grupal ha sido valorada positivamente por el 85% de los estudiantes por las razones que se enumeran a continuación (la más elegidas aparecen primeras): el trabajo en grupo favorece el vínculo con otros estudiantes, fortalece la confianza mutua, hace más eficiente la comunicación, se distribuyen mejor las responsabilidades individuales, se comparten recursos e información, se confrontan las creencias de los integrantes generando una visión más amplia.

En lo que respecta a las habilidades comunicacionales, el 83% tuvo que recurrir a libros de texto de lectura complementaria, a informes científicos y trabajos de investigación relacionados con el objeto de estudio. El 47% de los encuestados manifiesta que esta tarea le permitió aprender a redactar informes, y un 25% opina que mejoraron la escritura.

Por último, todos los alumnos manifiestan haber realizado sus entregas en tiempo y forma.

3.2 Percepción de los docentes

La entrevista a los profesores se centró en saber, según su opinión, cuál fue el nivel de cumplimiento de los objetivos propuestos.

Las tareas en los equipos se distribuyeron teniendo en cuenta las características y habilidades personales de cada uno de sus integrantes, permitiendo una interdependencia positiva entre los miembros que se sienten responsables tanto de su trabajo como del trabajo de los demás.

Esta asignación de roles posibilitó que no sea necesario que todos los miembros del equipo trabajen físicamente juntos, los integrantes trabajaron en algunos momentos solos, en otros en grupos más pequeños pudiendo cumplir siempre con las propuestas a término.

Respecto a la incorporación de habilidades de investigación, se observa que los estudiantes, durante todo el transcurso del trabajo, recurren a distintas fuentes bibliográficas y consultan a expertos en los temas analizados. En todos los casos los grupos de trabajo, lograron identificar el problema de estudio, efectuar predicciones, establecer y seleccionar variables, realizar observaciones, mediciones, interpretar y analizar datos; hacer cálculos basados en modelos y elaborar conclusiones.

En cuanto a las destrezas de comunicación oral, manifestadas durante las exposiciones y consultas, se pudo observar que los estudiantes hablan en forma concisa, escuchan con atención, participan sin monopolizar la discusión y buscan el consenso. Además, los alumnos muestran una correcta utilización del lenguaje técnico y disciplinar.

En relación al video elaborado y presentado, la mayoría hizo un gran esfuerzo de edición incorporándole definiciones, diagramas, fórmulas, explicaciones y conclusiones; de forma tal que la filmación ponga en evidencia todas las etapas llevadas a cabo durante la actividad.

Los trabajos escritos se revisaron y corrigieron durante las tres entregas, los informes finales en todos los casos cumplieron con los requisitos establecidos para la presentación y se entregaron durante los plazos establecidos.

4. Conclusiones y recomendaciones

Luego de finalizado el trabajo, teniendo en cuenta las apreciaciones de docentes y alumnos se puede aseverar que, el uso de las filmaciones resultó de fácil acceso y utilización por parte de los estudiantes quienes se mostraron motivados durante todo el desarrollo de la propuesta.

Los estudiantes logran un mayor nivel de involucramiento con los contenidos, muestran mayor interés y profundizan más los conceptos. Esto se ve durante la evaluación continua formativa que se realiza al grupo de estudiantes.

Se nota que aprenden a trabajar en grupos de pares, colaborando al realizar aportes teóricos y prácticos, repercutiendo en las clases, en las que se percibe una mayor participación de los estudiantes.

Se observa que las preguntas de los alumnos se tornan más profundas y están bien formuladas, utilizando lenguaje técnico disciplinar. Se advierte que llegan a las consultas habiendo reflexionado las dudas con preguntas concretas. Además se nota una mejora en su pensamiento crítico que se manifiesta durante las discusiones teórico prácticas y la defensa de los trabajos.

También percibe que los estudiantes se adaptan a trabajar con múltiples variables, planteando posibles casos límites y dejan abierta la solución para otros casos que pudieran enmarcarse en la misma teoría, ya no cuestionan la falta de datos numéricos en los problemas propuestos en el aula.

Los informes escritos fueron corregidos en varias oportunidades ya sea por errores de contenido, formato, gramaticales e incluso de ortografía, sin embargo la entrega final se adecuó a los requerimientos.

Por último, con el propósito de validar los resultados de esta experiencia, se realizó una comparación entre las cohortes 2013 y 2015 y se compararon los resultados de las evaluaciones teóricas y prácticas. En 2013 el 42% de los estudiantes aprobaba con nota siete o superior las evaluaciones teóricas mientras que en 2015 el porcentaje se eleva a 67%. Si bien se observa que mejoran los resultados de las evaluaciones teóricas, no se aprecian modificaciones en el nivel de aprobación de las evaluaciones de práctica (en las que se resuelven problemas con lápiz y papel).

Esta realidad nos impulsa a seguir trabajando con estas técnicas y a continuar en el estudio del proceso de la enseñanza y el aprendizaje presentando problemas integradores ya que, a partir de la implementación de esta propuesta, se ha incrementado el porcentaje de alumnos que regulariza la asignatura al finalizar el cursado. Asimismo, estos resultados nos han impulsado a continuar la investigación haciendo foco en la resolución de problemas y los prácticos de laboratorio.

5. Referencias

- [1] CONFEDI (2006). Consejo Nacional de Decanos de Ingeniería. Primer acuerdo sobre competencias genéricas. *3er. Taller s/desarrollo de competencias en la enseñanza de la Ingeniería Argentina*. Villa Carlos Paz. Agosto 2006.
- [2] CABRERA-GONZÁLEZ, A. C. (2012). Tareas para la comunicación del futuro profesional: una experiencia pedagógica. *Ingeniería Mecánica*, 15(2), 134-146. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442012000200006&lng=es&tlng=es. Acceso: 10 de junio (2016).
- [3] ALONSO, L.; C. FERNÁNDEZ Y J. NYSSSEN, J. (2009). (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación) *El debate sobre las competencias. Una investigación cualitativa en torno a la educación superior y el mercado (en línea)*: http://www.aneca.es/content/download/10356/115906/file/publi_competencias_090303.pdf. Acceso: 20 de Mayo (2016).
- [4] BRIDGSTOCK, R. (2009). The graduate attributes we've overlooked: enhancing graduate employability through career management skills. *Higher Education Research & Development*, 28 (1), 31-44
- [5] RICO, M. J.; COPPENS, P.; et al. (2013). *Everything Matters: Development of Cross-Curricular Competences in Engineering Through Web 2.0 Social Objects*, In *Ubiquitous and Mobile Learning in the Digital Age* by D. G. Sampson, P. Isaias, D. Ifenthaler, y J. M. Spector (Eds.), pp 139-157, Springer, Nueva York, Estados Unidos.
- [6] ORTEGA, M. C. (2013). Competencias emergentes del docente ante las demandas del EEES. *Revista Española de Educación Comparada*, 16, 305-327
- [7] LITWIN, E. (2000). *Tecnología Educativa. Políticas, historias, propuestas*. Paidós. 1º reimpresión.

- [8] OSORIO, Y.W. (2004). El experimento como indicador de aprendizaje. Boletín PPDQ, No. 43, pp. 7-10. En: López Rúa et al. “Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales”. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, No. 1, Vol. 8, pp. 145-166. Manizales, Universidad de Caldas.

COMPETENCIAS GENÉRICAS EN LA EDUCACIÓN

Marcela Dillon Villamayor, Universidad Austral, mdillon@austral.edu.ar
Fernando Lopez Gil, ITT – UNNOBA, fllopezgil@comunidad.unnoba.edu.ar
Pedro Ochipinti, ITT – UNNOBA, pocchipinti@unnoba.edu.ar
Claudia Russo, ITT – UNNOBA, crusso@unnoba.edu.ar
Mónica Sarobe, ITT – UNNOBA, monicasarobe@unnoba.edu.ar
Hugo Ramon, ITT – UNNOBA, hugoramon@unnoba.edu.ar

Resumen - El presente artículo elabora una propuesta de agrupación para las competencias genéricas definidas por el proyecto Tuning Latinoamérica, con un modelo de encuestas para diferentes niveles de la población argentina, con el fin de poder evaluar la percepción que se tiene del grado de desarrollo de dichas competencias respecto del desarrollo deseado en los diferentes estadios educacionales de una persona a lo largo de su vida profesional.

El modelo propuesto de encuestas pretende dar soporte al análisis del estado de situación de las competencias genéricas en tres momentos de la vida del profesional: en la escuela secundaria, en la universidad y en el ámbito laboral.

Palabras Clave: Competencias. Educación Superior, Formación en competencia

1. Introducción

La «sociedad del conocimiento» vista como las transformaciones sociales que se están produciendo en la actualidad, sitúa a la educación en un contexto más amplio: el proceso ininterrumpido de aprendizaje, donde la persona necesita ser capaz permanentemente de manejar el conocimiento, ponerlo al día, seleccionar lo que es apropiado para un determinado contexto, aprender continuamente, comprender lo aprendido de tal manera que pueda adaptarse a situaciones nuevas y cambiantes. Por otro lado, la búsqueda de una mejor manera de predecir un desempeño productivo en el lugar de trabajo más allá de las medidas de inteligencia, personalidad y conocimientos, se considera a menudo como el punto de partida de la reflexión sobre competencias genéricas y específicas de una disciplina. Las competencias genéricas, foco de esta investigación, son independientes del área de estudio ya que forman parte del desarrollo básico de la persona.

2. Contexto

Esta línea de investigación se desarrolla en el marco del Proyecto “Certificación de Calidad y Digitalización de Procesos en Organizaciones Tecnológicas de la región UNNOBA” que fue evaluado externamente, aprobado y financiado por la Secretaría de Investigación, Desarrollo y Transferencia de la UNNOBA, en el marco de la convocatoria a Subsidios de Investigación Bianuales (SIB2015), EXP 3123/2014 Resolución CS 924/2014, y se desarrolla en forma conjunta en el Instituto de Investigación en Tecnologías y Transferencia (ITT) y el Instituto de Políticas y Gobierno (IPG).

3. Competencias genéricas y valores profesionales

Muchos de los intentos y experiencias por lograr una pedagogía que eduque en competencias genéricas, pueden fracasar cuando no se tiene claridad de la necesidad de valores profesionales, ya que podría desvirtuarse el objetivo de la propia educación. Como ejemplo podemos decir que no logramos desarrollar competencias:

- Cuando se piensa que explicando hechos históricos y actuales de la realidad, o incorporando nuevas asignaturas por sí sólo, su conocimiento produce valores profesionales o cambios en la conducta y personalidad del sujeto, es decir, que sólo mediante saberes se forman y desarrollan los valores profesionales.
- Cuando se buscan comportamientos en hechos aislados, como participación en actividades orientadas, sin objetivos bien definidos, ni comprendidos y asumidos por el sujeto tanto en lo racional como en lo emocional.
- Cuando se piensa que formar y desarrollar valores profesionales sigue las mismas reglas del aprendizaje de conocimientos y habilidades.
- Cuando se considera que no es necesario incorporarlos como un componente de la labor educativa de manera explícita e intencional en el proceso de formación, pues ellos se forman y desarrollan automáticamente a través de la correcta relación alumno-profesor.

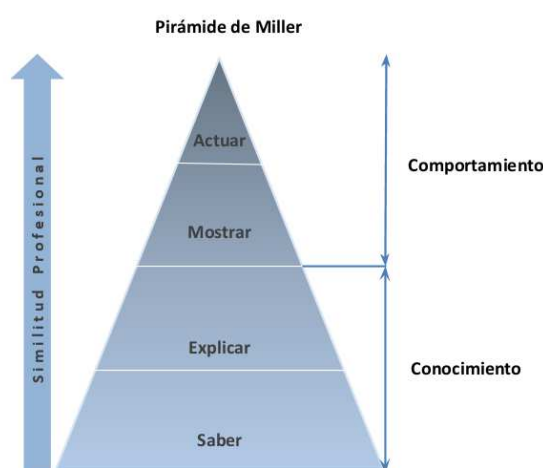
Los valores profesionales no son pues el resultado de una comprensión y, mucho menos de una información pasiva, ni tampoco de actitudes conducidas sin significación propia para el sujeto. Es algo más complejo y multilateral pues se trata de la relación entre la realidad objetiva y los componentes de la personalidad, lo que se expresa a través de conductas y comportamientos, por lo tanto, sólo se puede educar en valores profesionales a través de conocimientos, habilidades de valoración, reflexión en la actividad práctica con un significado asumido. Se trata de alcanzar comportamientos como resultado de aprendizajes conscientes y significativos en lo racional y lo emocional.

4. Evaluación de las competencias genéricas

Las competencias y los resultados del aprendizaje deberían corresponder a las cualificaciones (preparación indispensable para el ejercicio de una actividad) de un programa de estudio académico. Las competencias y los resultados de aprendizaje permiten flexibilidad y autonomía en la construcción del currículo (Relación de datos personales e historia profesional) y, al mismo tiempo, sirven de base para la formulación de indicadores de nivel que puedan ser comprendidos internacionalmente. Por resultados del aprendizaje se entiende el conjunto de competencias que incluye conocimientos, comprensión y habilidades que se

espera que el estudiante domine, comprenda y demuestre después de completar un proceso corto o largo de aprendizaje.

Si bien, la competencia sólo se puede evaluar en la acción, para poder adquirirla hace falta haber alcanzado previamente una serie de conocimientos, habilidades y actitudes que se evidencian en los resultados de aprendizaje. La pirámide de Miller puede ser una manera útil de analizar estrategias de evaluación con resultados de aprendizaje específicos. Así, se puede evaluar sólo el hecho de saber (por ejemplo, por medio de una prueba tipo test) o el hecho de saber explicar, que ya requiere una gestión del conocimiento adquirido; o bien se puede plantear una simulación en la que el estudiante actúe en situaciones controladas; y, finalmente, hay que demostrar en actuaciones la adquisición de una competencia.



En una sociedad cambiante donde las demandas tienden a hallarse en constante reformulación, esas competencias y destrezas genéricas son de gran importancia.

Si bien son comunes a todas las carreras, tendrán una incidencia diferente y contextualizada en cada una de las titulaciones. Por ejemplo, no se trabajará igual la competencia de la comunicación de un futuro médico que la de un periodista, un maestro o un químico. Si, se puede decir, que en todos los casos estas competencias, pueden desarrollarse, nutrirse o destruirse por enfoques de enseñanza-aprendizaje y materiales apropiados o inapropiados.

Esta investigación responde a:

- El deseo de introducir en el ámbito académico la reflexión acerca de la importancia de formar personas, con capacidad de reflexión, respeto, empatía, orden y habilidades sociales.
- El intento de recoger información actualizada para reflexionar sobre las posibles tendencias y el grado de variedad y cambio.
- El deseo de partir desde la experiencia y la realidad para alcanzar niveles de diversidad o de aspectos comunes en la sociedad, planteando el debate con interrogantes específicos y un lenguaje concreto.
- La importancia de enfocar la reflexión y el debate a tres niveles diferentes: escolar (desarrollo de buenos hábitos), universitario (formación de buenos profesionales) y empresarial (desarrollo continuo del profesional en el ámbito laboral).

La evaluación es uno de los componentes esenciales, tanto para la valoración del proceso de enseñanza-aprendizaje como para la regulación de la misma práctica, ya que permite incidir en el análisis de los elementos cognoscitivos, los comportamientos y las actitudes, y en el progreso y la capacidad de mejora del estudiante. Además, es una pieza fundamental para el análisis crítico por parte del estudiante (Autoevaluación) y posibilita la validación de los objetivos, la previsión de nuevas estrategias y la adaptación a nuevos elementos; en definitiva, la toma de decisiones futuras.

La evaluación de las competencias tiene como base:

- a) Identificar los aspectos básicos en la evaluación de competencias y seleccionar las variables más significativas.
- b) Consolidar un modelo teórico de evaluación de competencias que permita identificar los aspectos básicos implicados, así como las variables más significativas en la evaluación de competencias.
- c) Identificar las buenas prácticas para cada uno de los aspectos y las variables.

5. Propuesta

Lo que se propone en este estudio es agrupar las 27 competencias genéricas, de acuerdo al área de desarrollo para poder tener un conjunto de encuestas más acotado. Estos grupos son:

1. ***Desarrollo intelectual***, se refiere al desarrollo de la percepción y del pensamiento, en estrecha interrelación con las áreas motora, social, lingüística y de autonomía. Se refiere también al desarrollo de los procesos cognoscitivos básicos como atención, intuición, imitación, memoria, asociación, imaginación y creatividad. las competencias asociadas son:

- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas
- Habilidad para trabajar en forma autónoma
- Capacidad creativa

2. ***Desarrollo humano***, se refiere a la responsabilidad social y cívica, el afán de contribuir al bien común, las aportaciones para aprender a vivir en común y ser responsable. La capacidad de resolución pacífica de conflictos en la vida cotidiana, la empatía, la resiliencia, la proactividad, la colaboración, los buenos modales, etc. Las competencias asociadas son:

- Compromiso ético
- Responsabilidad social y compromiso ciudadano
- Capacidad crítica y autocrítica
- Compromiso con la preservación del medio ambiente
- Compromiso con su medio socio-cultural
- Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad

3. ***Desarrollo de planificación y control***, se refiere a la capacidad para priorizar y establecer líneas de actuación, optimizando recursos que garanticen el cumplimiento de los resultados esperados mediante una gestión eficaz de su propio trabajo y el de sus colaboradores. las competencias asociadas son:
 - Capacidad para organizar y planificar el tiempo
 - Capacidad para actuar en nuevas situaciones
 - Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas
 - Capacidad para tomar decisiones
 - Capacidad de trabajo en equipo
 - Capacidad para formular y gestionar proyectos
4. ***Desarrollo interpersonal***, es decir el desarrollo de cualidades y hábitos de interacción con otras personas de una manera justa, respetuosa y eficaz; cualidades necesarias para comprender las emociones y pensamientos de los demás y para relacionarse con ellos de forma positiva. Las competencias asociadas son:
 - Capacidad de comunicación oral y escrita
 - Capacidad de comunicación en un segundo idioma
 - Habilidades interpersonales
 - Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes
 - Habilidad para trabajar en contextos internacionales
5. ***Desarrollo profesional***, El desarrollo profesional está ligado a la mejora de la labor en todas sus facetas, a pesar de que los cambios o las mejoras no se presenten sólo a nivel curricular. Las competencias asociadas son:
 - Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión
 - Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación
 - Capacidad de investigación
 - Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente
 - Compromiso con la calidad

El modelo de encuesta propuesto (ver Anexo) busca medir el grado de correlación entre el desarrollo esperado y el obtenido hasta un determinado momento, de cada conjunto de competencias. Se entiende que dentro de cada conjunto, hay competencias que se desarrollan con posterioridad a la adquisición primeramente de otra.

El objetivo de estas muestras es poder analizar el grado de desarrollo de las competencias genéricas en la sociedad respecto del desarrollo esperado.

Para esto, se analiza a la persona en tres momentos puntuales de su vida: en la escuela media, en la universidad, en su trabajo profesional.

6. Conclusiones y trabajo futuro

Las competencias integran habilidades y actitudes que definen de manera integral a la persona. En particular, las competencias genéricas le permiten comprender el mundo e influir en él, continuar aprendiendo a lo largo de sus vidas, interactuar y participar en su vida social, profesional y política.

Su desarrollo se realiza desde muy temprana edad y continúa a lo largo de la vida, en donde los ámbitos académicos tienen una gran relevancia y por consiguiente una gran responsabilidad en asegurarle a la sociedad, graduados con un nivel tal que le permitan desenvolverse exitosamente en los distintos escenarios y circunstancias.

Para poder conocer el estado de situación actual del nivel de desarrollo de las competencias genéricas en la sociedad se pretende obtener una muestra significativa de las tres encuestas propuestas.

Evaluar los resultados de las mismas para poder ver las percepciones que existen sobre el desarrollo de las competencias en los tres momentos de la vida de una persona que hemos decidido analizar: en la escuela media, en la universidad, en su trabajo profesional.

Confrontar estas encuestas con los resultados de las realizadas el año pasado con las empresas para poder ver la diferencia de visión –si la hay- entre profesionales y empresas.

Trabajar en el desarrollo de métricas particulares para cada una –o grupos- de competencias genéricas.

7. Referencias

- [1] BRAVO SALINAS, N. (2007) *Competencias proyecto Tuning Europa - Tuning America Latina*.
- [2] C. RUSSO, M. SAROBE, M. DILLON Y OTROS. (2015) *Requerimientos de competencias en el mercado laboral actual - Proyecto Perfil.AR. CACIC*.
- [3] Tuning Educational Structures in Europe (2006) *La contribución de las Universidades al proceso de Bolonia. Proyecto Tuning*. Universidad de Deusto.
- [4] Agencia per la qualitat del sistema universitari de Catalunya (2009) *Guía para la evaluación de competencias en el Practicum del Maestro/a*.
- [5] DE MIGUEL DIAZ, M. (2006) *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*.
- [6] NAVARRO SORIA, I, GONZÁLEZ GÓMEZ, C. LÓPEZ MONSALVE, B. Y OTRO. (2015) *Aprendizaje de contenidos académicos y desarrollo de competencias profesionales a través de prácticas pedagógicas multidisciplinares y trabajo cooperativo*.
- [7] GARCÍA GÓMEZ, S. (1999) *El desarrollo profesional análisis de un concepto complejo*. Universidad de Sevilla
- [8] MILLER, G. E. (1990) *The assessment of clinical skills/competence/performance*.

Anexo

Encuesta para profesionales

Edad:	Sexo:
Título de grado:	Año de graduación
Localidad de Residencia:	Provincia de Residencia:

Indique para cada grupo con valores entre 1 y 4 (siendo 1 el peor nivel y 4 el mejor) el nivel de desarrollo que considera haber alcanzado en cada etapa respecto al esperado en la misma. Califique el nivel de importancia que le asigna hoy a cada grupo para su vida profesional.

Competencias Genéricas	Grupo al que pertenece	Nivel de desarrollo logrado respecto de lo esperado			Importancia que ud. le asigna
		En la secundaria	En la Universidad	En el trabajo	
Capacidad de abstracción, análisis y síntesis	Desarrollo intelectual				
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica					
Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas					
Habilidad para trabajar en forma autónoma					
Capacidad creativa					
Capacidad para organizar y planificar el tiempo	Desarrollo de planificación y control				
Capacidad para actuar en nuevas situaciones					
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas					
Capacidad para tomar decisiones					
Capacidad de trabajo en equipo					
Capacidad para formular y gestionar proyectos	Desarrollo profesional				
Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión					
Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación					
Capacidad de investigación					
Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente					
Compromiso con la calidad	Desarrollo humano				
Compromiso ético					
Responsabilidad social y compromiso ciudadano					
Capacidad crítica y autocrítica					
Compromiso con la preservación del medio ambiente					
Compromiso con su medio socio-cultural	Desarrollo interpersonal				
Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad					
Capacidad de comunicación oral y escrita					
Capacidad de comunicación en un segundo idioma					
Habilidades interpersonales					
Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes	Desarrollo interpersonal				
Habilidad para trabajar en contextos internacionales					

Encuesta para universitarios

Edad:	Sexo:
Carrera:	Universidad Pública <input type="checkbox"/> Privada <input type="checkbox"/>
Localidad de Residencia:	Provincia de Residencia:

Indique para cada grupo con valores entre 1 y 4 (siendo 1 el peor nivel y 4 el mejor) el nivel de desarrollo que considera haber alcanzado en cada etapa respecto al esperado en la misma. Utilice la misma escala para indicar cuanto proyecta desarrollarse en la vida profesional.

Competencias Genéricas	Grupo al que pertenece	Nivel de desarrollo logrado respecto de lo esperado		Cuánto se proyecta desarrollar en el trabajo
		En la secundaria	En la Universidad	
Capacidad de abstracción, análisis y síntesis	Desarrollo intelectual			
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica				
Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas				
Habilidad para trabajar en forma autónoma				
Capacidad creativa				
Capacidad para organizar y planificar el tiempo	Desarrollo de planificación y control			
Capacidad para actuar en nuevas situaciones				
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas				
Capacidad para tomar decisiones				
Capacidad de trabajo en equipo				
Capacidad para formular y gestionar proyectos	Desarrollo profesional			
Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión				
Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación				
Capacidad de investigación				
Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente				
Compromiso con la calidad	Desarrollo humano			
Compromiso ético				
Responsabilidad social y compromiso ciudadano				
Capacidad crítica y autocrítica				
Compromiso con la preservación del medio ambiente				
Compromiso con su medio socio-cultural	Desarrollo interpersonal			
Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad				
Capacidad de comunicación oral y escrita				
Capacidad de comunicación en un segundo idioma				
Habilidades interpersonales				
Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes	Desarrollo interpersonal			
Habilidad para trabajar en contextos internacionales				

Encuesta para alumnos secundarios

Edad:	Sexo:
Colegio:	Público <input type="checkbox"/> Privado <input type="checkbox"/>
Localidad de Residencia:	Provincia de Residencia:

Indique para cada grupo con valores entre 1 y 4 (siendo 1 el peor nivel y 4 el mejor) el nivel de desarrollo que considera haber alcanzado en cada etapa respecto al esperado en la misma. Utilice la misma escala para indicar cuanto proyecta desarrollarse en la universidad.

Competencias Genéricas	Grupo al que pertenece	Nivel de desarrollo logrado respecto de lo esperado	Cuánto se proyecta desarrollar en la universidad
Capacidad de abstracción, análisis y síntesis	Desarrollo intelectual		
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica			
Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas			
Habilidad para trabajar en forma autónoma			
Capacidad creativa			
Capacidad para organizar y planificar el tiempo	Desarrollo de planificación y control		
Capacidad para actuar en nuevas situaciones			
Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas			
Capacidad para tomar decisiones			
Capacidad de trabajo en equipo			
Capacidad para formular y gestionar proyectos	Desarrollo profesional		
Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión			
Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación			
Capacidad de investigación			
Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente			
Compromiso con la calidad	Desarrollo humano		
Compromiso ético			
Responsabilidad social y compromiso ciudadano			
Capacidad crítica y autocrítica			
Compromiso con la preservación del medio ambiente			
Compromiso con su medio socio-cultural	Desarrollo interpersonal		
Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad			
Capacidad de comunicación oral y escrita			
Capacidad de comunicación en un segundo idioma			
Habilidades interpersonales			
Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes	Desarrollo interpersonal		
Habilidad para trabajar en contextos internacionales			



EL APRENDIZAJE BASADO EN CASOS Y PROYECTOS APLICADOS AL CURSO DE INGRESO DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Alejandro Burgos, Universidad de la Cuenca del Plata, alexsbur@gmail.com

José Fernández, Universidad de la Cuenca del Plata, fernandezja@gmail.com

Maira Boyeras, Universidad de la Cuenca del Plata, mairaboyeras@gmail.com

Gilda R. Romero, Universidad de la Cuenca del Plata, gilda.romero@gmail.com

Sergio Lapertosa, Universidad de la Cuenca del Plata, dirsistemas@ucp.edu.ar

Resumen—

El Modelo pedagógico de la Universidad de la Cuenca del Plata valoriza la adquisición de competencias: *aprender a ser, aprender a aprender, aprender a hacer, resolver problemas, seleccionar información, trabajar en equipo, tomar decisiones y pensar críticamente*. Dicho modelo es concebido en las teorías cognitivas interactivas y constructivas del aprendizaje, promueve la búsqueda del saber y del saber hacer, considerando la tensión entre teoría y práctica, lo académico y lo específico de la profesión y, el contexto socioeconómico y cultural.

Bajo esta perspectiva exploratoria e incremental, se diseñó el curso 2016 para los ingresantes a la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Se promovió el aprendizaje por medio de un caso contextualizado (el Proyecto Urbano Santa Catalina, específicamente el diseño de un barrio inteligente) para utilizar la metodología de proyecto, técnicas de resolución de problemas, construcción interdisciplinario del aprendizaje, formación de equipos, toma de decisiones, diseño de prototipos considerando la innovación y, finalmente, una presentación frente a profesores y pares. Durante el recorrido los estudiantes trabajaron con la orientación de un equipo interdisciplinario de docentes y el aporte de especialistas, en un ambiente de taller y con un enfoque sistémico.

Se promovió y motivó para que alumnos experimenten tanto las competencias requeridas en la ingeniería como vivencias del quehacer profesional. Este trabajo muestra resultados cualitativos de la experiencia.

Palabras clave— *visión Sistémica, knowmads, estrategia educacional.*

1. Introducción

Esta era ha sido producto de un desarrollo constante en la evolución del hombre y ha venido acompañada por la globalización y explosión de tecnologías (particularmente Internet). Peter Drucker ha señalado que *"la Internet está cambiando radicalmente las economías, los mercados y la estructura de la industria; los productos y servicios; la segmentación de los consumidores; sus valores y comportamiento de compra; los puestos de trabajo y los*

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas mercados laborales. Pero el impacto podría aún ser mayor en la sociedad, en la política y, sobre todo, en la manera en que vemos el mundo y nos vemos a nosotros mismos". Es así como la realidad reconocida en el siglo XXI propone hiperconexión, criticidad, información en tiempo real, colaboración, empoderamiento y, creación de espacios de crecimiento personal y social.

Como se menciona en [1]: *"Nuevos paradigmas, como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, y la actual economía conforman un escenario particular que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad actual exige más a la Universidad; no sólo exige la formación profesional (el "saber"), sino también, la dotación de competencias profesionales a sus egresados (el "saber hacer")". En particular en Argentina, y en palabras del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI [1], "Hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo".*

El presente trabajo corresponde al relato de la experiencia realizada en el curso 2016 para los ingresantes a la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información en la Universidad de la Cuenca del Plata, Sede Central (Corrientes).

2. La experiencia: Curso de ingreso 2016 para ISI

2.1 Caso de estudio: Proyecto Urbano Santa Catalina. Ciudad Inteligente

El Proyecto Urbanístico Santa Catalina se inicia en el año 2012, cuando la Municipalidad de la Ciudad de Corrientes adquiere al Ejército Argentino el ex campo de maniobras "Santa Catalina". En este predio de unas 2300 hectáreas se desarrolla un Máster Plan que incluye viviendas, servicios, espacios recreativos y un Parque Industrial Tecnológico.

La Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública de la Nación (SSPTIP, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios), financió y brindó apoyo técnico para el Plan Santa Catalina, a través del Programa de Fortalecimiento Institucional de la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública [2].

El Proyecto pretende desarrollar políticas urbanas aplicando modalidades de planificación y gestión innovadoras, fue concebido para incluir a todos los sectores sociales, bajo la premisa de un Estado municipal como principal ordenador y gestor de las tierras, con la iniciativa de comercializarlas a precios competitivos en el mercado inmobiliario, ofreciendo tierras dominialmente saneadas, con servicios básicos instalados, y múltiples opciones de financiación, inclusive bajo la modalidad de ahorro previo. Ver Figura 1.

El Parque Industrial y Tecnológico Santa Catalina tendrá una extensión de 270 hectáreas. Se contemplan también en estas tierras municipales, la construcción de una Estación Digital de Transmisión de la Televisión Digital Abierta, una Estación de Transferencia de Cargas; la nueva Terminal de Ómnibus; Complejos y Zonas Comerciales; grandes corredores viales que incluyen la traza del segundo puente interprovincial Corrientes-Chaco.



Figura 1 – Proyecto Santa Catalina

Dadas las características de la Ciudad de Corrientes, donde su crecimiento fue conducido por el mercado, la Municipalidad toma la decisión de llevar adelante un crecimiento planificado y conducido por el Estado, para de este modo lograr la sustentabilidad urbanística. Se presentó el problema a los aprendices basados los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo diseñar un medio ambiente inteligente en el proyecto urbanístico Santa Catalina?
- ¿Qué métodos aplicar para implementarlo?
- ¿Qué relaciones podemos encontrar con el rol del Ingeniero en Sistemas de Información?
- ¿Cuáles son las relaciones con las áreas curriculares de la carrera?

2.2 Premisas y enfoque del Curso

Las premisas básicas del Modelo Pedagógico [3] en la Universidad de la Cuenca del Plata, para el curso de ingreso son: *la motivación, aprender a leer y escribir con claridad, interpretar roles, seguimiento, aprendizaje significativo y contextualizadas.*

En relación a las competencias y capacidades recomendadas por el CONFEDI, se tomaron en cuenta las siguientes:

- **COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS**
 - Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
 - Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
 - Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
 - Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
 - Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas
- **COMPETENCIAS SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES**
 - Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
 - Comunicarse con efectividad.

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas

- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Aprender en forma continua y autónoma.

Por otra parte, en el perfil ingenieril las habilidades requeridas destacadas se refieren [4] a:

- Flexibilidad: ser abierto a nuevas ideas y a cambiar las propias (en inglés: “open minded”). Lo cual lleva a aprender a aprender (y/o desaprender), permitiendo administrar el conocimiento personal, para tener lo que se denomina un acceso inteligente a la información y aprendizaje de por vida.
- Multicanalidad: manejar adecuadamente los múltiples canales a través de los cuales aprende y emprende, ya que está en constante interacción con ella, experimentando; esto va principalmente de la mano de la tecnología.
- Orientación al valor: el trabajador de la información intenta negociar y encontrar el equilibrio entre sus sistemas de valores y la de la organización en la que se encuentran insertas (o con la que quieren interactuar).
- Interconexión: como consecuencia de la multicanalidad, disminuye la comunicación personal (cara a cara) contraponiéndose a las conexiones surgidas utilizando la tecnología.

Bajo este marco, el Curso propuesto se abordó con los objetivos de que el alumno pueda:

- Interpretar el perfil profesional del Ingeniero en Sistemas de Información.
- Identificar el campo de acción del Ingeniero en Sistemas de Información.
- Relacionar la Ingeniería en Sistemas con las disciplinas afines del campo de la Ingeniería y Tecnología.
- Comprender la estructura curricular de la Carrera y sus principales ejes.
- Generar un primer contacto con el modelo pedagógico de la UCP.
- Entender el enfoque de abordaje sistémico en que se basa la profesión.
- Analizar un caso de estudio desde la perspectiva problematizadora y contextualizada.
- Despertar su curiosidad por la profesión.
- Ejercitar capacidades básicas relacionadas con el ejercicio de la profesión, como por ejemplo saber resolver un problema, saber escribir, saber expresarse, saber aplicar un método de trabajo, y saber trabajar en equipo.
- Comprender mínimamente los procesos cognitivos vivenciados en el recorrido de las actividades realizadas.

Es así como las consignas estuvieron orientadas a:

- Desarrollar un perfil profesional a través de la aplicación de las tecnologías de punta asociada al diseño y funcionamiento de una ciudad inteligente.
- Búsqueda y selección de información publicada en la web de las características que definen una ciudad inteligente.
- Identificar casos de aplicación real en ciudades de Argentina y en otras partes del mundo.
- Armar equipos y dinámica de trabajo para analizar, discutir ideas y diseñar posible prototipos con elementos didácticos desde la perspectiva del “aprender haciendo”
- Relacionar continuamente los conceptos trabajados con las principales líneas de la carrera y las visiones de los profesionales invitados.
- Selección de un escenario real para el diseño de una solución aplicada al contexto teniendo en cuenta el enfoque sistémico y una metodología de proyecto.
- Evaluar las propuestas de los pares y realizar aportes de mejoras.

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas

- Realizar una producción entregable utilizando diferentes recursos multimediales.
- Socializar y defender las producciones en clase.

Teniendo en cuenta los puntos mencionados anteriormente se construye un espacio “de y para” el aprendizaje donde aprendices, docentes y actores del contexto comparten visiones, experiencias y saberes frente a problemas y proyectos de características reales, construyendo, resignificando y afianzando los conocimientos desde la transversalidad que posibilitan el encuentro de distintas disciplinas y distintas miradas pedagógicas y desde la riqueza que nos brinda la reflexión en acción [3].

2.3 Abordaje Pedagógico-Didáctico y Desarrollo de las actividades

El abordaje del curso se basó en el método de enseñanza-aprendizaje denominado **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**. En el ABP el recorrido que viven los alumnos desde el planteamiento original del problema hasta su solución, trabajan de manera colaborativa en pequeños grupos, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades, de observar y reflexionar sobre actitudes y valores que en el método convencional expositivo difícilmente podrían ponerse en acción.[5][6].

Es así como, planteado el caso de estudio, se dispusieron los encuentros, las temáticas, actividades e intervenciones, que dieron lugar a las diferentes especialidades y el trabajo interdisciplinario de los docentes y el aporte de especialistas, en un ambiente de taller y con un enfoque sistémico.

Puesto que la carrera propone formar profesionales que satisfagan los requerimientos para el diseño e implementación de Sistemas de Información y de Soluciones Tecnológicas en Ingeniería, se abordaron los encuentros en base a las áreas de Tecnologías Básicas (TB) y Tecnologías Aplicadas (TA), a saber:

- *Ingeniería de Software*. Presentación de videos sobre tecnologías actuales y tendencias, explicación tecnológica sobre qué contenidos puede llevar o transmitir, limitaciones, se dio a investigar con los elementos en búsqueda en internet (tablet, teléfonos). La construcción fue con todos del contenido. Se fue preguntando por separado para que cada uno aporte un contenido al tema, y armar entre todos.

En referencia al caso de base planteado, se desafío utilizando la técnica de Brainstorming, ideas basadas en código QR para llevarlo a una ciudad digital. Preguntas disparadoras: ¿Dónde es necesario utilizar? Donde NO ES necesario utilizarlo o sería contraproducente? Se los puso luego en un contexto común.

Temas desafiantes: pensamiento de aplicación de la tecnología, que información puede ir, los límites que se tiene, como sobre llevar los límites uniendo otras (Ejemplo información resguardada en internet accediendo con tags).

- *Arquitectura de TI*. Se presentaron las temáticas de infraestructura de soporte para el procesamiento de la información de la Smart City, básicamente introducción a Hardware, Software de base (sistemas operativos), base de datos y manejo de grandes volúmenes de datos (Big Data). Conceptos de centro de procesamiento de datos, Nube, Hosting. Internet de las cosas. Se introdujo a los alumnos en los conceptos de comunicaciones, sensores, cooperación máquina a máquina (M2M), manejo de información para la toma de decisiones automatizadas.

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas

Se dispararon con temas relacionados a Smart Cities, indagando sobre: la tecnología que involucrada (aplicaciones), cómo resguardar información, la conectividad, que información debería resguardar, qué información brindaría. Se presentaron tecnologías relacionadas y las materias (en qué año se darían en la carrera).

- ***Ingeniería en Sistemas.*** Se realizó una introducción a la metodología de proyecto. Se trabajó con los alumnos en fijar lineamientos para diseñar un proyecto para el diseño de la solución propuesta. Definición de los objetivos, alcance y grandes fases del proyecto. Introducción al Design Thinking, como metodología de creación con foco en el usuario y base de la innovación, donde los alumnos debieron construir un (pre)prototipo mientras que realizaron un role playing con los docentes (los alumnos debieron asumir el rol de consultores mientras que los docentes de clientes de la Smart City).

Los alumnos debían analizar aplicaciones posibles para la ciudad inteligente, como por ejemplo: Estacionamiento Inteligente, Tránsito inteligente, Seguridad, Aprovechamiento de la energía en forma eficiente, recolección de residuos inteligente, Gestión pública abierta, y ciudadanía digital.

Todas estas actividades se fueron de manera alineada, consensuada y dosificada a medida que los alumnos van desarrollando sus actividades de aprendizaje, y fueron reforzadas por visitas de distintos especialistas en las temáticas tratadas, donde los alumnos podían intercambiar opiniones con profesionales y expertos.

Las premisas eran que los alumnos: utilicen una metodología de proyecto, técnicas de resolución de problemas, construcción interdisciplinario del aprendizaje, formación de equipos, toma de decisiones, diseño de prototipos simples considerando la innovación, interpretación de roles y, finalmente la confección de un documento que contenga la propuesta elaborada y la presentación oral frente a la comunidad universitaria.

Se propuso que los estudiantes generen un documento entregable y lo presenten a la comunidad universitaria, frente a profesores y pares. La presentación podía utilizando recursos multimediales, como infografías, videos, demos en vivo, etc. En esta instancia se evaluó tanto el contenido como la solidez para presentar los temas, la buena dicción, y el uso de los recursos aprendidos.

2.4 Conformación y Estructura del Curso

El plantel docente estuvo conformado por 4 (cuatro) profesionales distribuidos según los contenidos del curso, a saber:

- Introducción a la Vida Universitaria (1);
- Taller de Comprensión y Producción de Textos Académicos (1) y,
- Introducción a ISI (2)

Además se invitó a profesionales del medio de amplia trayectoria en la industria. Los mismos dictaron charlas de Internet de las Cosas (IoT), Big Data y Seguridad Informática.

El curso se realizó en 3 semanas (80 horas) y se trabajó con 8 (ocho) alumnos ingresantes.

2.5 Resultados y Discusión

Del análisis de resultados se observó que:

- Los aprendices mostraron interés, entusiasmo y compromiso con la experiencia de una manera no sostenida durante todo el recorrido.
- Los momentos de mayor entusiasmo y productividad se correlacionan con los momentos donde también había mayor integración entre los docentes, en que los aprendices tenían contacto directo con los especialistas que visitaban, y en el transcurso de la presentación a la comunidad universitaria.
- El enfoque problematizador en contexto y el uso de una metodología basada en proyectos, el trabajo en equipo entre docentes y aprendices, y la mirada sistémica fueron elementos claves para el abordaje y la integración de todo el proceso.
- Las herramientas de role playing contribuyeron a darle un mayor sentido vivencial a los aprendices especialmente en lo relacionado al proceso de toma de decisiones.
- Favoreció la reflexión colectiva por parte de los docentes acerca del impacto pedagógico del proceso y contribuyó a repensar y resignificar el perfil del egresado.
- A continuación se plantean los principales interrogantes que fueron surgiendo durante el proceso:
 - ¿Es fundamental la formación de un equipo sinérgico entre docentes, aprendices y coordinadores?
 - ¿Estamos preparados para encarar este tipo de experiencias? ¿Qué necesitamos para llevarlas adelante? ¿Es posible reproducirlas en otras condiciones y otros contextos? ¿Qué y Cómo sistematizar?
 - ¿Cómo impacta en el rol docente este tipo de experiencias?

Se presenta a continuación un extracto de la encuesta de opinión realizada a 8 ingresantes sobre las actividades desarrolladas, ver Figura 2.

CONTENIDOS DEL CURSO	INTRODUCCION A LA VIDA UNIVERSITARIA				TALLER DE COMPRENSIÓN Y PRODUCCIÓN DE TEXTOS ACADEMICOS				INTRODUCCIÓN A ISI			
	En gran medida	Medianamente	escasamente	N/C	En gran medida	Medianamente	escasamente	N/C	En gran medida	Medianamente	escasamente	N/C
1.-Los temas desarrollados en clases le resultaron comprensibles	7	1	0	0	5	3	0	0	6	2	0	0
2.-La Comunicación con los docentes durante las clases fue fluida	7	0	0	1	5	2	0	1	6	1	0	1

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas

CONTENIDOS DEL CURSO	INTRODUCCIÓN A LA VIDA UNIVERSITARIA			TALLER DE COMPRENSIÓN Y PRODUCCIÓN DE TEXTOS ACADÉMICOS			INTRODUCCIÓN A ISI		
	Muy interesantes	Poco interesantes	N/C	Muy interesante	Poco interesantes	N/C	Muy interesantes	Poco interesantes	N/C
3.-Las actividades desarrolladas durante este curso te resultaron...	7	1	0	6	2	0	8	0	0

Figura 2 - Encuesta de opinión

Algunos comentarios de la misma:

- “*Actividades interesantes y buena participación de los ingresantes.*”
- “*Me ayudo a darme cuenta de que me gusta la carrera*”.
- “*Nos ayuda a sacarnos dudas de la carrera. Amplió mi idea de la carrera.*”

3. Conclusiones y recomendaciones

El abordaje transdisciplinario, como el experimentado en el curso de ingreso, en el cual diferentes miradas pedagógicas y disciplinares convergen y se entrelazan en pos de favorecer la construcción de conocimientos, estuvo basado principalmente en:

- Los docentes debían converger en una visión común enriquecida desde la diversidad, la predisposición, la madurez pedagógica, la tolerancia como así también a la intervención en espacios no propios, y a los puntos de vistas y estilos diferentes.
- El sentido de equipo y la sinergia entre docentes, aprendices y el departamento de coordinación, como también la articulación y alineación de los contenidos fueron factores claves en la implementación.
- El planteo de una situación problematizadora con las siguientes características:
 - Permite integrar contenidos transversales fácilmente aplicables a casos reales
 - Debe tener características de proyecto con una duración importante en el tiempo.
 - Debe ser dinámico, progresivo y flexible con el protagonismo de la relación docente-aprendiz.

Se promovió y motivó para que alumnos experimenten tanto las competencias requeridas en la ingeniería como vivencias del quehacer profesional.

Debido a que el tiempo de observación no fue acotado, no se pudo generar teoría, ni generalización de buenas prácticas aplicables a contextos diferentes. Durante el recorrido fueron surgiendo cuestiones emergentes y nuevos interrogantes y líneas de acción que podrían contribuir a mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Teniendo en cuenta los objetivos planteados, entendemos que esta experiencia fue satisfactoria ya que por un lado los aprendices demostraron haber construido conocimiento y desarrollados capacidades desde el aspecto vivencial y transdisciplinario, y por otro la experiencia favoreció la integración, la visión común y la reflexión-acción de los docentes.

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas

Por último, cabe destacar que hemos podido percibir una tendencia de un rendimiento y participación en actividades extra curriculares de aquellos alumnos que realizaron el ingreso de aquellos que no lo hicieron.

4. Sobre la continuidad de la experiencia

Siguiendo la experiencia de utilizar una metodología de proyecto, técnicas de resolución de problemas, construcción interdisciplinaria del aprendizaje, formación de equipos, toma de decisiones, diseño de prototipos simples considerando la innovación y la interpretación de roles, se trabajó durante el 1er Cuatrimestre de 1er año de la ISI en las asignaturas:

- **Sistemas y Organizaciones.** En este caso vale la pena destacar el encuentro interdisciplinario entre las cátedras de Sistemas y Organizaciones de la Ingeniería en Sistemas de Información y Administración II de la Licenciatura en Administración. Durante mismo, el foco estuvo en desarrollar la temática referida a Sistemas de Información Gerencial, a través de una dinámica de grupo ideada, ejecutada y evaluada por los mismos alumnos. La experiencia se llevó a cabo en un ambiente distendido, con el ánimo de fomentar la motivación, trabajo en equipo, aprendizaje práctico y el aprendizaje basado en el aprender haciendo.
- **Introducción a la Informática.** En este caso debemos destacar el trabajo realizado a través de la Robótica Educativa, donde los alumnos pudieron armar estructuras mecánicas y utilizar pequeños robots ya ensamblados para poder llevar adelante actividades de Programación. Esta experiencia se basó principalmente en fomentar el trabajo en equipo, el aprendizaje práctico y el aprendizaje basado en el aprender haciendo. Vale la pena mencionar la motivación lograda en los alumnos a partir de estas acciones.

Estas actividades fueron realizadas por un total de 16 alumnos, contando con la percepción (puesto que no se trabajó en medirlo formalmente) de que los alumnos que realizaron el Ingreso, contaban con más y mejores herramientas a la hora de llevar adelante las actividades propuestas.

Durante el 2do Cuatrimestre de 1er año de la ISI, se espera continuar con este tipo de experiencias en las asignaturas:

- Arquitectura de Computadoras
- Programación Estructurada

5. Referencias

- [1] CONFEDI (2014). “*Competencias en Ingeniería*”. Declaración de Valparaíso Sobre competencias genéricas de egreso del ingeniero iberoamericano. Abril 2014.
- [2] OPORTO, G. y otros (2013). “*Plan de Santa Catalina y Reforma del Código de Planeamiento Urbano de la Municipalidad de Corrientes*”. Corrientes. Disponible en: <http://www.planificacion.gob.ar/contenidos/2907>, última consulta: 24/06/2016.
- [3] UNIVERSIDAD DE LA CUENCA DEL PLATA (2016). “*Modelo pedagógico de la Universidad*”. Resolución 119 /16. Corrientes.

El aprendizaje basado en casos y proyectos aplicados al curso de ingreso de Ingeniería en Sistemas

- [4] ROMERO, G.R. y AGUIRRE CUARTAS, A. M. (2012). “*Gestionar el talento ingenieril para el pensamiento de la caja redonda*”. En Memorias del WEEF 2012 – World Engineering Education Forum. ISBN 978-987-1896-05-9. Buenos Aires, Argentina.
- [5] SCHWARTZMAN, G; TARASOW F, TRENCH M. (2014). “*De la Educación a Distancia a la Educación en Línea. Aportes a un campo en construcción*” -1ª Ed. Rosario- Homo Sapiens Ediciones. FLACSO Argentina.
- [6] ANIJOVICH, R. (2012). “*Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula*”, Bs As. Grupo Aique Editores.



TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR PARA LA SENSIBILIZACION SOBRE LA NECESIDAD DEL CAMBIO CURRICULAR EN CARRERAS DE INGENIERIA

Verónica Ana Isabel Saavedra, Universidad Nacional de San Luis,
veronica.a.saavedra@gmail.com

Yanina María Saavedra Gil, yanusaavedra@gmail.com

Resumen— El presente trabajo es un estudio de caso que puede servir a otros grupos de docentes de ingeniería para llevar a cabo sus respectivas implementaciones del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016, de la Secretaria de Políticas Universitarias de Argentina, con mayores probabilidades de éxito. El mismo ha sido realizado en el marco de un proyecto aprobado por la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Luis [1][2] que ha generado el entorno necesario para la formación por competencias, la formación por proyectos y que propicia la internacionalización de la universidad.

Durante el proceso de reingeniería de la carrera de ingeniería que nos ocupa, se conforma un grupo focal representativo de la organización a efectos de socializar el nuevo modelo de formación, previamente diseñado y validado por profesores pares de la organización, con la intención de optimizarlo con los aportes del nuevo grupo y comenzar su implementación parcial, pero estas intenciones no pudieron llevarse a cabo.

Al comenzar a trabajar con el grupo se confirma una cultura académica con creencias tradicionales fuertemente arraigadas, con falencias de información sobre formación universitaria y metodologías didácticas caducas, con mucha preocupación por la revisión de los contenidos y ninguna sobre la revisión de los objetivos, pero con alta intención de mejorar la calidad en la formación de su carrera, por lo que se traza una estrategia de acompañamiento que da como resultado la sensibilización del grupo focal sobre la necesidad y la dirección del cambio.

Con la experiencia adquirida a través de este grupo focal, el próximo paso será intentar sensibilizar, informar y capacitar a otros grupos de docentes de la organización para iniciar un proceso de cambio curricular colaborativo y asistido, teniendo en cuenta las fortalezas y limitaciones de los integrantes.

Palabras clave— Calidad en la formación en ingenierías, Trabajo Colaborativo y Multidisciplinar Internacional, Formación por Proyectos, Reforma Institucional, Culturas Organizacionales.

1. Introducción

El proceso de reingeniería de la carrera de ingeniería que nos ocupa, comenzó en febrero de 2012, con el objetivo de responder a los desafíos propuestos por el Ministerio de Educación de Argentina con respecto a la formación por competencias en las carreras de ingeniería, a las sugerencias de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) en la última acreditación de la carrera y con la intención de actualizar la carrera para la Sociedad del Conocimiento.

Hacia fines del año se había logrado definir un modelo teórico de formación distinto al tradicional, un nuevo modelo transversal y complejo que cumplía con las reglamentaciones vigentes del ámbito nacional y con las tendencias mundiales sobre la formación en ingenierías y que transversalizaba competencias generales y complementarias de la formación [3].

Al año siguiente, 2013, se generó una estrategia comunicacional para socializarlo a un pequeño grupo de docentes clave, para probar su factibilidad, dos se interesaron en el modelo y en 2014, siendo pertinente para este grupo de tres docentes (incluida su autora), se extendió el modelo a cinco cursos de distintos años de la carrera constituyendo ésta la primera prueba piloto del modelo complejo y transversal de formación por competencias.

Esta prueba inicial dio como resultado a fin de 2014 un modelo mejorado con el agregado de espacios de trabajo colaborativo multidisciplinar para la adquisición, también, de competencias específicas de manera transversal [4]. Este modelo consta de dos líneas bien diferenciadas, una para ser desarrollada en los espacios áulicos tradicionales (presenciales o virtuales, laboratorios, campo) y otra para ser desarrollada en el marco de proyectos interinstitucionales asociados a los espacios curriculares. La primera, basada en la articulación horizontal y vertical entre los distintos espacios curriculares, a través de los temas comunes que estos tratan, con crecimiento gradual de la complejidad y mediante material didáctico generado colaborativamente, usando recursos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). La segunda, basada en el trabajo multidisciplinar que se da en los proyectos de investigación, extensión y vinculación, los cuales permiten el desarrollo de otras competencias en los participantes.

A principios de 2015, se intentó socializar el modelo complejo a todos los integrantes del departamento del que depende la carrera, en pos de su implementación a través de cursos de capacitación y actualización donde se presentarían diferentes metodologías de enseñanza y estrategias docentes, a la vez que se planificaría la modificación del plan de estudios hacia un Proyecto Formativo adecuado a las necesidades y desafíos actuales, y flexible para los venideros, pero las condiciones necesarias no estaban dadas [5], ya que acababa de cambiar la gestión, la comunicación interna aún no era adecuada y los cursos de capacitación todavía no estaban protocolizados.

Entonces, se avanzó con otra rama del plan de reingeniería, la segunda línea, que era generar espacios de trabajo colaborativo interinstitucional e internacional, donde los estudiantes de grado puedan adquirir, además de las competencias mencionadas, competencias para la investigación y la innovación de manera transversal, participando en comunidades de prácticas generadas a través de convocatorias nacionales e internacionales a proyectos de investigación específicos [6] y con financiación externa, aportando de esta manera al objetivo B.3. y C.2. del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016 (PEFI), de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU). El objetivo B.3. es “Desarrollo territorial sostenible: Incrementar las actividades de investigación, desarrollo, transferencia, vinculación e innovación en ingeniería” y el objetivo C.2. es “Internacionalización de la universidad argentina: Consolidar y ampliar proyectos de cooperación con países de la Unión Europea”.

Paralelamente, desde mayo de 2015 y hasta diciembre, se conformó un grupo focal representativo de la organización a efectos de socializar el nuevo modelo complejo de formación. El objetivo original era informar al grupo focal sobre las tendencias locales y globales de la formación en ingenierías, la necesidad de los cambios y capacitar en la generación de materiales didácticos colaborativos, con la intención de evaluar, a través de los docentes de que participaban en el proyecto [1], la factibilidad de la implementación del modelo complejo en toda la carrera de ingeniería. También se pretendía optimizarlo con los aportes del nuevo grupo, como había pasado en la prueba piloto de 2014, y se trataría de establecer las adecuaciones necesarias del próximo paso, que era, y es, la trasposición del modelo a todos los docentes de la carrera a través de las capacitaciones previstas. Pero sucedió que ninguno de los objetivos fue posible a causa de la cultura académica del grupo, de creencias tradicionales fuertemente arraigadas, con falencias de información sobre formación universitaria y sobre metodologías y estrategias didácticas. Por lo que el rol de “el asistente” se tornó fundamental siendo el encargado de mediar entre lo nuevo y lo viejo, pudiendo evaluar las creencias que tenía el grupo y generando estrategias para moverlo al nuevo paradigma, resolviendo cada una de las situaciones que se fueron planteando en las reuniones para la sensibilización del grupo focal sobre la necesidad y dirección del cambio.

2. Materiales y Métodos

Este grupo focal, estuvo constituido por el 15% del total de docentes, que constituye el 32 % de los de mayor dedicación, y contaba con representantes de las distintas áreas disciplinares de la carrera. Eran profesionales altamente especializados en sus respectivas disciplinas y sin formación docente a excepción de un integrante que había recibido un curso de capacitación en TIC.

Tabla 1. Grupo Focal.

Cantidad	Cargo Docente
2	Profesores Efectivos Exclusivos
1	Jefe de Trabajos Prácticos Efvo. Excl.
1	Jefe de T.P. interino semiexclusivo
1	Auxiliar de primera interino exclusivo
1	Aux. de primera efectivo exclusivo
1	Profesor Efectivo Semiexclusivo

Fuente: elaboración propia

El enfoque metodológico adoptado fue de carácter cualitativo desde la perspectiva de los estudios etnográficos, el abordaje del grupo y de la organización, en donde se desarrolló esta investigación, se realizó como estudio de caso.

La forma de recopilar la información fue a partir de encuestas que se realizaron al inicio de varias de las reuniones, y de entrevistas en profundidad que se realizaron antes y durante el periodo en el que se llevó a cabo el estudio. Se realizaron 9 reuniones grupales.

A través de la información recabada en cada una las encuestas, y en los debates de cada reunión, se fue cambiando el plan de acción constantemente. A partir del análisis de los resultados de la primera encuesta, se decidió que en lugar de iniciar la modificación parcial del curriculum de

Trabajo Colaborativo y Multidisciplinar para la sensibilización sobre la necesidad de la reforma curricular en carreras de ingeniería.

la carrera de ingeniería, se programaría un plan de capacitación y actualización del grupo focal, según las necesidades que fueran surgiendo en cada encuentro, a través de seminarios y/o talleres distintos a los previstos originalmente.

En la última reunión se retomó la presentación (gráfica) del modelo colaborativo de formación, que cumple con las recomendaciones de CONEAU en la última acreditación, y los recursos (proyectos financiados, convenios marco, convenios específicos, etc.) conseguidos hasta el momento, para su implementación a corto plazo, como una posibilidad para la modificación del currículum actual de la carrera. La reacción del grupo fue totalmente distinta a la de la primera reunión en donde también se lo había presentado. Hubo preguntas sobre reglamentaciones, tiempos, participantes, recursos, entre otras, a las que los mismos participantes respondieron y se desarrolló un debate crítico reflexivo al respecto de cuando y como se debería comenzar a modificar el “plan de estudios”. Estábamos empezando a lograr un lenguaje y un interés común.

Antes de disolver el grupo se les solicitó sus consideraciones sobre la experiencia para corroborar si se había logrado la sensibilización sobre la necesidad y la dirección del cambio.

3. Resultados y Discusión

Se consideran a continuación los resultados de la primera encuesta realizada, su análisis y las acciones tomadas al respecto. De las siguientes encuestas solo se mencionan comentarios que permitieron seguir ajustando el curso de acción para las capacitaciones y actualizaciones que se fueron desarrollando durante el periodo del estudio de caso y finalmente se describe la devolución que aporta el grupo focal al proceso realizado, la que demuestra que si bien no se pudo trasponer el modelo complejo, se sensibilizó al respecto de los cambios a llevar a cabo sin lo cual sería imposible empezar a modificar el modelo de formación tradicional que se manifiesta actualmente.

No es la intención de este trabajo analizar la gestión, la confianza a la gestión, ni la comunicación interna y externa de la organización, por lo que no se hacen consideraciones al respecto. Simplemente se muestran las respuestas para ilustrar el motivo que llevo al cambio de planes, o sea, a decidir desarrollar seminarios introductorios en el tiempo previsto para implementaciones de cambios.

3.1 La primera encuesta al iniciar el trabajo con el grupo focal

Esta encuesta constó de 7 preguntas referidas a la carrera actual de ingeniería que imparte el departamento.

La primera pregunta era abierta y consultaba primero si el encuestado creía necesario la modificación del Plan de Estudios/Curriculum de la carrera de ingeniería en la que participa, a lo que el 100% de los integrantes respondió afirmativamente. Se pedía luego que escribieran de dos a cinco motivos que justificaran porqué había que modificarlo. Los motivos que ellos dieron se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Respuesta 1. ¿Por qué cambiar?

Motivos para la modificación del Plan de Estudios / Curriculum dados por el encuestado	Cantidad de menciones
<i>Se deben revisar las correlativas</i>	3
<i>Se deben revisar los contenidos mínimos</i>	3
<i>Eliminar contenidos superpuestos y excesivos</i>	2

<i>Se deben unificar las orientaciones</i>	2
<i>Se debe aclarar en el título la orientación por ser una división muy marcada entre las dos ramas (que se generan a partir de las electivas y optativas)</i>	2
<i>Es necesario actualizar temas y materias</i>	2
<i>Evolucionó la tecnología y no se adecuó el plan</i>	2
<i>Es necesario adecuar el plan antes de iniciar los postgrados previstos</i>	1
<i>Hay asignaturas que solapan/superponen sus contenidos</i>	1
<i>Cambiar los programas y coordinar con otras asignaturas</i>	1
<i>Implementar más prácticas de campo</i>	1
<i>Agilizar y facilitar el avance de los alumnos en la carrera</i>	1
<i>No tantas materias promocionales porque quitan peso a las materias</i>	1
<i>Menos materias con mayor carga horaria</i>	1
<i>El plan no refleja que ingeniero queremos formar de acuerdo a la realidad actual.</i>	1
<i>Hay que generar un plan de estudios con ventajas competitivas y que mire al futuro</i>	1

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta

Se observa que la mayoría habla de la malla curricular de la carrera, sólo el 20% de los motivos van más allá de correlatividades y contenidos. Se observa una creencia generalizada de la organización –vista a través de las entrevistas en profundidad- al respecto de los cursos promocionales: se sabe que son sin examen final, pero se desconoce que la evaluación es continua, relacionando entonces promoción con curso sin evaluación y sin importancia. Se observa solo una intensión de transversalizar la formación (*cambiar programas y coordinar con otras materias*) y un apremio político (*cambiar antes que empiecen los postgrados*).

La segunda pregunta daba una lista de múltiples opciones y pedía que el encuestado seleccionara todas las opciones que él considerara que se debían cambiar para mejorar la carrera. Los números de la tabla 3 indican la cantidad de personas que marcaron esa respuesta.

Tabla 3. ¿Qué hay que cambiar?

Opción	Cantidad	Opción	Cantidad
--------	----------	--------	----------

Trabajo Colaborativo y Multidisciplinar para la sensibilización sobre la necesidad de la reforma curricular en carreras de ingeniería.

Los programas	7	Las reglamentaciones	2
Los contenidos	5	Los docentes	1
Los laboratorios	5	Los alumnos	1
Las Estrategias	5	Los integrantes del consejo departamental	1
Los trabajos prácticos	5	Los auxiliares	1
Las metodologías	5	Los integrantes del consejo de facultad	0
El edificio	4	Otros:	0

Fuente: elaboración propia

Es notable cuán distintas fueron las respuestas al hacerles la misma pregunta que en el punto anterior, pero esta vez “no abierta”, sino usando términos que les son familiares de sus respectivos campos profesionales -como métodos, estrategias, reglamentaciones, un factor político-. Esto muestra, probablemente, la falta de trasposición de sus herramientas/recursos profesionales al campo de la educación, tal vez por el condicionamiento que ha generado en ellos el modelo tradicional de educación en el que se formaron y/o porque no saben realmente que es lo que se debe cambiar para mejorar la calidad en la formación.

La tercera pregunta se refirió a si estaban al tanto de las reglamentaciones nacionales sobre carreras de ingeniería a lo que el 100% de los encuestados respondió que **No**. Y si creía que se cumplen esas reglamentaciones.

Tabla 4. ¿Se cumplen las reglamentaciones?

Respuesta	Cantidad
Más o menos	3
No se	2
No	1
Si	1

Fuente: elaboración propia

Nota: La respuesta *Más o menos* fue agregada, por los encuestados, a mano, a las opciones definidas en la encuesta impresa.

Es probable, por las respuestas, que algunos integrantes hayan escuchado por primera vez, en estas reuniones, que existen reglamentaciones al respecto de la educación superior y lineamientos para la formación en ingenierías. Surgió de las reuniones que tampoco tenían claro las características del perfil para el que se está formando. Parecería ser que, a partir de la sola lista de contenidos mínimos, y sin otras referencias, los docentes generaron los programas de sus cursos, como lo sugieren las respuestas a la pregunta cuatro que se observan en la tabla 5 y 6.

La cuarta pregunta fue: ¿Está al tanto de los cambios solicitados por la SPU para el periodo 2012-2016? y ¿Cree que los estamos implementando?

Tabla 5. ¿Está al tanto?

Respuesta	Cantidad
No	4
Si	2
Más o menos	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. ¿Se están implementando?

Respuesta	Cantidad
No se	3
Más o menos	3
Si	1
No	0

Fuente: elaboración propia

La quinta pregunta fue si recordaba cuales fueron las sugerencias/recomendaciones de CONEAU en la última acreditación y que detallara lo que recordaba al respecto. Dos encuestados respondieron que NO sabían y cinco que SI estaban al tanto. Nueve fueron los motivos que expresaron esas cinco personas y solo una respuesta (*bajar la deserción de los dos primeros años y aumentar la cantidad de egresados*) se acercó a las recomendaciones de la resolución de acreditación. Las recomendaciones fueron dos, a saber, “Implementar mecanismos efectivos para incrementar la cantidad de graduados” y “Dadas las altas dedicaciones docentes, incrementar los proyectos de investigación y la participación de los docentes con mayores dedicaciones en estas actividades, así como en las actividades de extensión y vinculación con el medio”.

La sexta preguntó sobre las fortalezas que cree que tiene la carrera. Respondieron: “*el potencial de la carrera*”, “*la perspectiva de crecimiento futuro de la carrera*”, “*el grupo humano – docentes y alumnos-*”, “*que la carrera está acreditada*” (hasta 2019), “*la experiencia de los docentes*”, “*los temas que se abordan en el ciclo de tecnologías (4 y 5 año) que nos hacen diferentes*”, se refiere a las otras carreras argentinas de ingeniería de la misma especialidad, y “*el contacto con la realidad profesional nacional y extranjera, en el caso de algunos docentes claves*”. Sobre la última respuesta se indagó más y se supo que son considerados “*docentes claves*” *aquellos que no deberían faltar en el plan de la carrera o en una asignatura o quienes tienen la formación profesional específica para ese fin.*

La séptima y última, preguntó sobre las debilidades que cree que tiene la carrera. Y la lista fue la siguiente: “*Faltan laboratorios adecuados*”, “*sin comunicación entre los docentes*”, “*sin estrategias de corto, mediano y largo plazo*”, “*pocos proyectos de investigación*”, “*falta movilidad*”, “*falta de planificación a largo plazo de lo que se pretende para el departamento*”, “*el escaso tiempo que dedican los docentes para acompañar el crecimiento de la carrera*”, “*los contenidos del plan*”, “*contenidos inadecuados del plan de estudios*”, “*inexistencia de minería de gran magnitud en el área de influencia*” -esto complica la realización de las practicas finales de los alumnos-, “*la falta de presencia y participación del plantel docente*”, “*falta de flexibilidad y adaptación a los requerimientos actuales*”.

Fue evidente, por las respuestas obtenidas en esta pregunta, que sabían que es lo que había que hacer para empezar a mejorar. ¿Entonces por qué no lo habían hecho? ¿Sería porque no sabían

cómo?, ¿Porque no se habían hecho responsables de su quehacer? ¿O simplemente por idiosincrasia?

3.2 La estrategia de acompañamiento al grupo focal

A través del análisis de la primera encuesta y de la información recabada en ese encuentro se consideró necesario realizar dentro del proyecto talleres y seminarios cortos de capacitación y actualización en distintos temas, que se muestran en la siguiente tabla, para brindar herramientas al grupo de trabajo para solucionar los problemas más inmediatos antes de encarar cambios complejos, ya que además tres auxiliares revestirían en pocos meses cargos de profesor.

Tabla 7. Seminarios brindados.

Orden	Título
1	Seminario de capacitación “Funciones y Tareas docentes”
2	Taller Interno al Proyecto “Confección de Programas”
3	Seminario de actualización: “Rol del Gobierno en la Educación en Ingenierías”
4	Taller Interno al proyecto “Método para Determinación de Correlatividades”
5	Seminario de actualización: “Modelo de Formación por Competencias y Formación por proyectos”

Fuente: elaboración propia

El primer seminario pretendió colaborar con los auxiliares y profesores novatos, explicando en qué consisten las tareas de docencia, investigación, extensión y vinculación ya que próximamente estarían a cargo de cursos. Los talleres 2 y 4, que también se pensaron para ellos, brindaron algunas estrategias para la confección de programas.

El tercer seminario estuvo basado en una publicación de Morano, D. y Fernandez, M. [7], se trabajó analizando párrafo por párrafo (hasta donde el tiempo lo permitió) el significado de cada concepto que no había sido claro para el grupo (se había solicitado su lectura de antemano) como por ejemplo *managed economy*, *entrepreneurial economy*, *CONFEDI*, *cooperación interinstitucional*, etc. Este documento habla de la formación de ingenieros para el desarrollo sostenible, tema directamente relacionado con el modelo complejo que queríamos implementar. Generó alto interés y polémica en todos los participantes. A partir de este interés, se distribuyeron links a otras publicaciones, como el PEFI entre ellas [8] y a documentos del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI).

A través de los debates y los planteos que surgieron, a favor y en contra del contenido del documento, se pudo confirmar que para algunos fue el primer acercamiento a las políticas de formación en ingenierías del presente milenio, para otros un punto de encuentro para expresarse por primera vez dentro de la organización, y para todos una posibilidad de aclarar conceptos sobre las tendencias de la formación universitaria, en ingenierías, local y global.

El quinto seminario, fue en realidad con el que se intentó comenzar luego de tomar la primera encuesta, pero contenía estrategias y conceptos que no les fueron posibles comprender sin ver antes los seminarios 1 y 3. Se volvió a intentar luego del seminario 1, pero recién se vio

participación activa de los integrantes del grupo focal cuando se presentó el modelo al cierre del proyecto.

3.3 Las consideraciones finales del grupo focal

Los integrantes al finalizar las reuniones del proyecto presentaron apreciaciones del proceso compartido, entre ellas:

“Me permitió conocer otros puntos de vista o enfoques de la enseñanza en ingenierías e Incorporar al vocabulario de la docencia el concepto (y lo que ello implica) de ‘Aprendizaje por competencias’”.

“Permitió entender que es necesario, por lo anterior mencionado, darle un cambio de dirección al Plan de Estudio, Contenidos Mínimos y Programas de materias de la carrera Ingeniería, para acoplarse o integrarse o “aggiornarse” a los tiempos actuales de la enseñanza”. También “Conocer mínimamente la legislación vigente referente a educación” y “Conocer, en general, el funcionamiento de los proyectos y la fuente de su financiamiento”.

Tres integrantes hicieron referencia a que *“Facilitó el inicio de la actualización de programas de las materias con el fin de cumplir el objetivo planteado durante las reuniones de proyecto, referido a la enseñanza por competencias”.*

Otro integrante declaró *“Con respecto al proyecto, te puedo decir que me gustó mucho participar y sigo interesada en la temática, de hecho, seguramente estaré haciendo alguna materia pedagógica de manera vocacional... me interioricé de las reglamentaciones vigentes, y creo que sentó la base para el cambio en el plan de la carrera de Ingeniería, ...me parece que también impactó a los directivos y eso seguramente tendrá repercusiones muy positivas”.* *“Alguna vez me sentí un poco abandonada, ...”.* *“En general mi experiencia fue muy positiva, aprendí, me formé y pude conocer un poco más a mis pares en las reuniones/sesiones de terapia grupal”.* *“Desarrollé mis programas discriminando competencias específicas y complementarias, agregando material didáctico para la mejora de competencias generales (inglés) y comprensión y lectura crítica de textos científicos”.* Este integrante fue uno de los que pasaron de auxiliar a hacerse cargo y desarrollar programas de materias y el único integrante que perteneció también al grupo de docentes de la prueba piloto del año 2014. Su sentimiento de abandono es un indicador que a la autora le confirma que el acompañamiento en cambios de cultura organizacional debe ser muy alto. La relación docente-docente en la prueba piloto fue más estrecha y ocupó mucho más tiempo que la misma relación en el grupo focal, las tareas se realizaban en forma conjunta permanentemente y actuando sobre la realidad de las prácticas docentes; en cambio, en el grupo focal la relación docente-docente se dio solo en las reuniones que fueron de dos horas promedio, quincenales y las tareas de la capacitación se realizaban según el “modelo tradicional de formación”, no en la acción.

Otro integrante afirmó *“ha sido muy interesante, y vale la pena profundizar un poco más”.* Este mismo integrante, a partir de su participación, empezó a estar atento a eventos de formación en ingenierías, a comunicar al grupo sobre estos y a alentar a la participación en los mismos.

A partir de las consideraciones expuestas por los integrantes del grupo focal y las interacciones del grupo en la última reunión, podemos asegurar que la sensibilización del grupo respecto a la necesidad y orientación de los cambios ha sido exitosa a pesar de que hasta ahora solo un docente reflejó cambios en sus programas y dos manifestaron haber entendido lo que hay que cambiar, pero no saber cómo implementarlo. Esto constituye el primer paso hacia la migración

a un modelo complejo de formación, ya que algunos de los integrantes del grupo podrían ser los docentes portadores de las nuevas posibilidades.

4. Conclusiones y recomendaciones

Nadie hace cambios a los que no le encuentra sentido: Para poder salir de la formación tradicional e institucionalizar los cambios pretendidos por CONFEDI en lo referido a formación por competencias; por el Plan Estratégico de Formación de ingenieros de la SPU en lo referido a Desarrollo territorial sostenible e Internacionalización de la universidad argentina, entre otros puntos; y por cualquier Modelo distinto al tradicional para esta organización, será necesario primero sensibilizar a los docentes sobre la necesidad del cambio, los porqués y el cómo hacerlo, además de brindarles una intensa asistencia, ya que el cambio a realizar no es de formas y contenidos sino de cultura institucional [9]. El rol de “el asistente” debe ser cubierto por alguien que pueda comprender las dos culturas y oficie de interprete entre los dos paradigmas.

Con la experiencia adquirida a través de este grupo focal representativo de la organización, el próximo paso sería intentar informar y capacitar a todo el grupo docente de la organización, teniendo en cuenta las fortalezas y limitaciones de los integrantes, para iniciar un proceso de cambio curricular colaborativo y asistido, basado en el modelo complejo desarrollado.

Está visto, y no solo en este estudio de caso sino en otros relevamientos anteriores que la autora del modelo ha hecho, que los docentes directivos no tienen claro que los cambios necesarios son mucho más que la incorporación de tics, el reemplazo de contenidos o la incorporación de más o menos cursos a la malla curricular. Hace falta promover que exista una relación distinta entre los docentes, y acompañarlos para que migren de una cultura individualista y monodisciplinar a formas colaborativas y multidisciplinarias de relacionarse y ese acompañamiento debe estar apoyado por las gestiones de los centros de formación para que la innovación se incorpore a las prácticas culturales de la organización, caso contrario los cambios solo figuraran en los papeles.

5. Referencias

- [1] SAAVEDRA, V.A. et al. (2014). Proyecto de C.y.T., UNSL, PROIPRO 3-5-0214, Formación en Ingenierías: Trabajo Colaborativo y Multidisciplinar para la Implementación de Competencias generales y complementarias en forma transversal, accesible en <http://eportfolio-saavedra-veronica.blogspot.com.ar/2014/12/proyecto-3-5-0214-formacion-en.html>
- [2] CORTI, A.M. et al. (2012). Proyecto de la Sec. de Ciencia y Tecnología, UNSL, PROICO 4-0612, Reforma educativa y cambio institucional: La mercantilización universitaria.
- [3] SAAVEDRA, V.A.; WISZYNSKI, J.M. (2012). Normalización de Actividades en la Carrera de Ingeniería en Minas de la UNSL para la Implementación del Plan de Calidad en la Formación. *XXXVI Jornadas Iram Universidades*, Villa Mercedes, v.36, p.1-20.
- [4] SAAVEDRA, V.A.; MAS, M.A. (2014). Trabajo colaborativo y multidisciplinar para la incorporación de competencias generales y complementarias en la formación del ingeniero en minas. CLICAP 2015, San Rafael, isbn-987-987-575-119-4
- [5] SAAVEDRA, V.A. (2014), Formación en ingenierías: trabajo colaborativo y multidisciplinar basado en proyectos para promover el cambio de cultura organizacional. CLICAP 2015, San Rafael, isbn-987-987-575-119-4
- [6] SAAVEDRA, V.A. (2015), Proyectos multidisciplinarios para promover el cambio de matriz cultural organizacional. In: MEMBIELLA CASADO CEBREIROS (Ed.) *Presente y Futuro*

de la docencia Universitaria. Ourense: Educación Editora. P. 219-225. ISBN:978-8415524-28-1

- [7] Morano, D. y Fernandez, M. (2012). 385. Rol del gobierno en la educación en ingeniería: Reingeniería de la educación en ingeniería. M.E. ISBN 987-987-1896-03-5. En H. Hoyer, & U. Cukierman, WEEF (pág. 244). Bs.As.: EdUTecNe.
- [8] Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016, Programa de Calidad, Secretaria de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación de Argentina, accesible en http://pefi.siu.edu.ar/calidad_ing/temp/archivo/PlanEstrategicoFormacionIngenieros20122016.pdf
- [9] Crozier, M. (1984). *No se cambia la sociedad por decreto.* Madrid, Ed. INAP. 245p.

APLICACIONES EDUCATIVAS PARA TELEFONOS MOVILES

María Emilia Suárez, FRRo-UTN, mariaemilia-suarezencina@hotmail.com

Florencia Bustos, FRRo-UTN, florencia.bustos@live.com.ar

Gabriela Figallo, FCEIA-UNR, gabrielafigallo@hotmail.com

Sonia Beatriz Concari, FRRo-UTN, FCEIA-UNR, sconcari@gmail.com

Resumen— Las tecnologías están siendo introducidas en la educación, principalmente de la mano de los jóvenes estudiantes que las usan en otros ámbitos de la vida cotidiana. En particular, el uso extendido del teléfono celular proporciona un recurso valioso para integrar aplicaciones tecnológicas para la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos.

En este trabajo se muestran resultados preliminares de una búsqueda de aplicaciones para teléfonos móviles, potencialmente útiles para apoyar actividades de aprendizaje de física de nivel universitario.

Se muestran ejemplos de aplicaciones de simulaciones y programas de cálculo en temas de mecánica, electricidad, termodinámica, óptica, física atómica, incluyendo diccionario de física y conversor de unidades.

Se informa sobre el desarrollador de la aplicación, la última actualización y versión actual, el tamaño de la aplicación, los requerimientos de software y equipo, así como opiniones de usuarios.

Los resultados dan cuenta de un amplio espectro de aplicaciones de uso libre, que pueden ser utilizadas por docentes y estudiantes de ciencias e ingenierías, pero alertan sobre la potencialidad educativa de las mismas.

Palabras clave— Apps, móvil, física

1. Introducción

En el último informe del consorcio NMC [1] elaborado por Johnson y otros (2016), se anticipa como desarrollos importantes en tecnología educativa para la educación superior, en un año o menos, el denominado *Bring Your Own Device* (BYOD): trae tu propio dispositivo. Se trata de una práctica socialmente consolidada, que como otras prácticas, se va incorporando paulatinamente a las instituciones educativas.

En los últimos años, el uso de internet en dispositivos móviles ha evolucionado rápidamente hacia las aplicaciones en detrimento de los navegadores [2]. Ya en 2010, Anderson y Wolff [3] debatían la idea de que un cambio en la interfaz dominante supone un cambio en la lógica misma de internet, y esto modifica las características del contenido digital y del tipo de interactividad con el usuario.

El teléfono móvil es uno de los dispositivos móviles más utilizados por los estudiantes universitarios, además en un rápido crecimiento que empuja a los educadores a la comprensión y el aprovechamiento de estas tecnologías para su uso en el aula. Además las versiones de teléfonos móviles llamados inteligentes (*smartphones*), traen ya incorporados sensores que los hacen potenciales instrumentos para la experimentación de fenómenos físicos. Para ello, deben utilizarse diversas aplicaciones para acceder a los datos recogidos por los sensores.

Las aplicaciones móviles, también denominadas apps son piezas de software diseñadas para ser instaladas y utilizadas en dispositivos móviles, que se adaptan a las limitaciones de estos dispositivos pero también permiten aprovechar sus posibilidades tecnológicas [4]. Están diseñadas para realizar funciones específicas y en ellas, el diseño de interfaz con el usuario debe ser intuitivo y natural, para responder adecuadamente a los requisitos de rapidez, ubicuidad y conveniencia propios de la movilidad [5].

Para la enseñanza de la física, el papel de los teléfonos móviles puede ir más allá de facilitadores del conocimiento o de la comunicación entre alumnos y profesores. El uso de estas tecnologías debe superar la idea que con ellas se enseña lo mismo que antes, pero de una manera más eficiente [6], por el contrario, se puede promover el desarrollo de nuevas habilidades y competencias.

El empleo de teléfonos móviles inteligentes, junto con apps para la enseñanza de la física, está siendo explorado por un equipo de investigadores de la Universidad de Valladolid, de España y de la Universidade Federal de Santa Catarina, de Brasil [7], [8] y [9]. Los resultados de los estudios realizados hasta el momento muestran la gran potencialidad del uso de los teléfonos tanto en los laboratorios docentes sustituyendo algún otro material más caro, como en experimentos de bajo costo que favorecen el trabajo autónomo de los alumnos y su interés por la física [9].

El objetivo general de este trabajo es identificar aplicaciones para teléfonos móviles, disponibles para la enseñanza de la física.

Para el logro de tal objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los sistemas operativos de mayor uso en los teléfonos celulares.
- Releva apps para la enseñanza de tópicos de física para nivel universitario.
- Caracterizar las apps relevadas.

2. Materiales y Métodos

Se realizó un estudio exploratorio, secuenciado en los siguientes pasos:

1. Identificación de los conceptos relevantes relativos al problema de investigación
2. Selección de las palabras claves que describen estos conceptos
3. Determinación de sinónimos y términos similares que los designan en castellano y en inglés.
4. Búsqueda de aplicaciones en Internet empleando esas palabras clave.
5. Selección de aplicaciones potencialmente útiles al propósito de este trabajo.
6. Instalación y testeo de las aplicaciones seleccionadas.

La búsqueda para la obtención de información relacionada al tema objeto de estudio fue realizada a través del buscador *online* Google, que cuenta con bases de datos que se actualizan en forma permanente.

Utilizando dispositivos móviles con diferentes sistemas operativos y computadoras con acceso a Internet, se bajaron las apps y se testeó su funcionamiento.

3. Resultados y Discusión

Uno de los aspectos que condiciona el empleo de una aplicación en un teléfono móvil, es el sistema operativo del mismo. A medida que el uso de los teléfonos móviles crece, los sistemas operativos con los que funcionan adquieren mayor importancia. La cuota del mercado de sistemas operativos en teléfonos móviles en el primer trimestre de 2016 era el presentado en la Tabla 1 [10]:

Tabla 1. Teléfonos vendidos a usuarios según el sistema operativo. Datos mundiales del primer trimestre de 2016

Sistema operativo	Android	iOS	Windows Phone	BlackBerry	Otros
Unidades vendidas	293.771.200	51.629.500	2.399.700	659.900	791.100
Cuota del mercado (%)	84,1	14,8	0,7	0,2	0,2

Fuente: Gartner, Inc. [10]

A partir del informe de Gartner, se seleccionaron los tres sistemas operativos que lideran el mercado de la telefonía móvil: Android, iOS y Windows Phone. A su vez, existen diferentes tiendas o sitios en Internet desde donde pueden descargarse aplicaciones, creadas por el mismo sistema operativo o por independientes. En la Tabla 2 se indican las diferentes plataformas para la distribución de aplicaciones móviles para los distintos sistemas operativos, las que fueron fuentes de datos para este trabajo.

Tabla 2. Número de aplicaciones disponibles por tienda y sistema operativo

Sistema operativo	Android			iOS (Mac OS X)	Windows Phone	
Tienda de aplicaciones	Play Store (o Google Play, antes Android Market)	Amazon Appstore	F-Droid	App Store	Windows Store	Windows Phone Store
Cantidad de Apps	1.430.000 (2014) [11]	293.000 (2014) [11]	Sin datos	1.210.000 (2014) [11]	187.000 (2014) [12]	340.000 (2014) [12]


Fuente: elaboración propia.

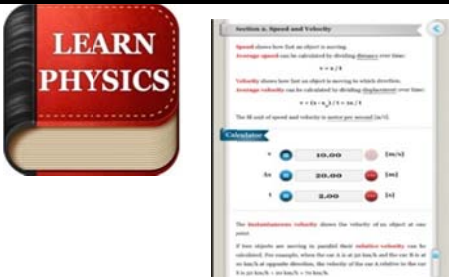
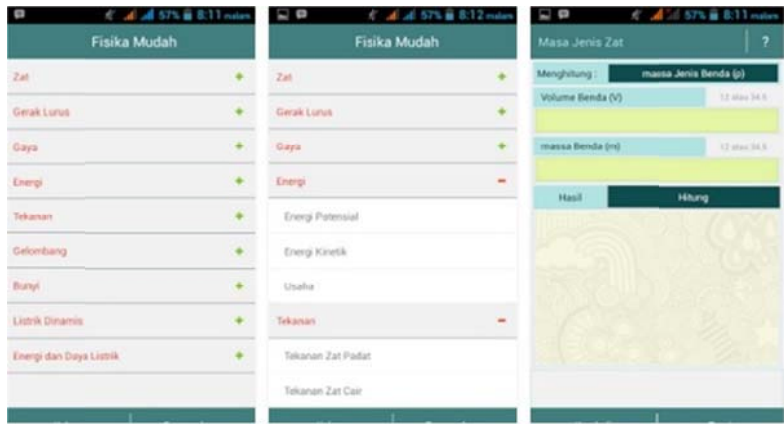
De las Tablas 1 y 2 resulta claro que Android lidera el mercado de los *smartphones* y ofrece más apps. Cabe mencionar también a iTunes, no incluida en la tabla 2, como una tienda de contenidos multimedia desarrollados por Apple, compatibles con dispositivos basados en sistemas operativos Mac OS X y Windows.



3.1 Las Apps

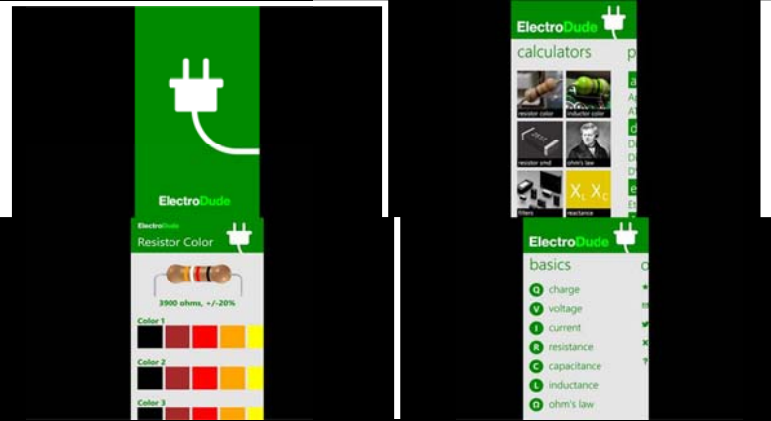
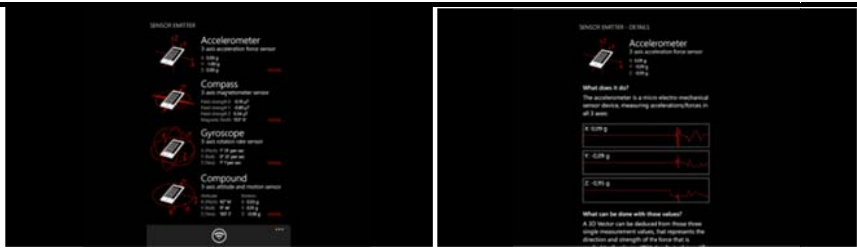
De la búsqueda descrita antes, se hallaron aplicaciones para la enseñanza de la física para los sistemas operativos seleccionados. En la Tabla 3 se presentan algunas de las aplicaciones relevadas que podrían ser empleadas para la enseñanza de la física en carreras de Ingeniería.

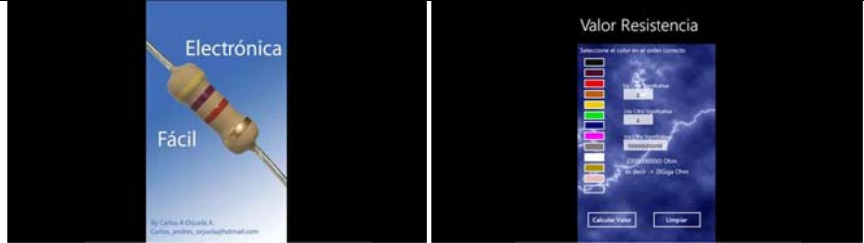
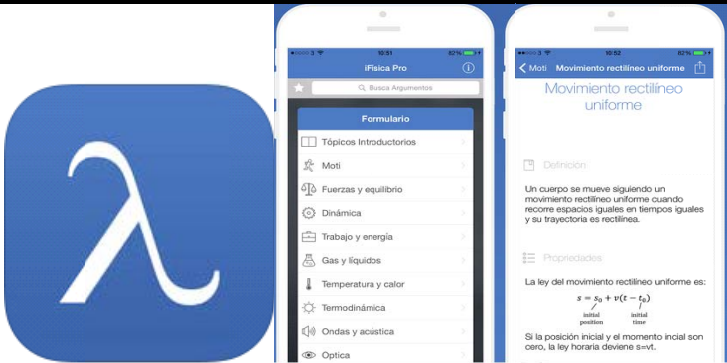
Tabla 3. Aplicaciones (App) para la enseñanza de temas de física


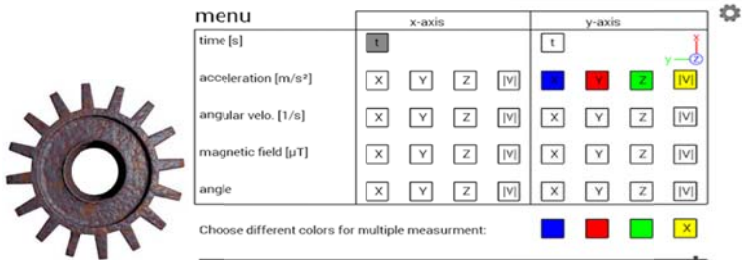
Nombre de la App	<i>Sistemas Ópticos</i>
Editor	Paul Cortalea (contact@iphonedevro.com)
Sitio de descarga	Play Store
Tamaño Aproximado	26 MB
Sistema Operativo	Android
Valoraciones	4/4.846
Descripción breve	<p>Con esta aplicación se pueden determinar las características de un sistema óptico equivalente formado por dos lentes. La aplicación solicita los datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distancia focal de la primera lente - Distancia focal de la segunda lente - Distancia entre lentes <p>La información proporcionada por la aplicación es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición del plano principal objeto - Posición del plano principal imagen - Focal del sistema equivalente
Imágenes de pantallas	
Costo	Gratuita
Nombre de la App	<i>Aprender Física</i>
Editor	Paul Cortalea (luismunozmato@gmail.com)
Sitio de descarga	Play Store
Tamaño Aproximado	14 MB
Sistema Operativo	Android
Valoraciones	5/1
Descripción	<p>Aprender Física es una aplicación que ayuda a entender la física fácil y rápida con tutoriales, conceptos centrales, calculadora, fórmulas y encuestas. La aplicación cuenta con una lista completa de las fórmulas de los temas de física que figuran abajo, cada una con una calculadora de fórmula que permite resolver la ecuación.</p>

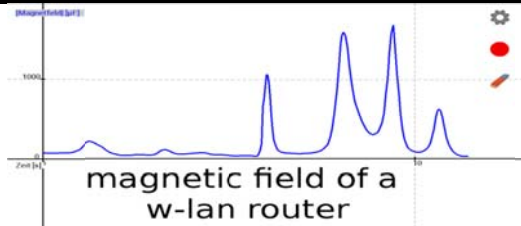

Imágenes de pantallas	
Valor	Gratuita
Nombre de la App	<i>Física Fácil</i>
Editor	Toyo Studio (toyo.pmc@gmail.com)
Sitio de descarga	Play Store
Tamaño Aproximado	4,2 MB
Sistema Operativo	Android (2.3 y versiones superiores)
Valoraciones	4,5/41
Descripción	Física Fácil es una aplicación para facilitar el estudio de la física, de manera que los usuarios pueden interactuar directamente con la aplicación. Además de la simulación, esta aplicación también proporciona el material en forma de definición de cada capítulo y subcapítulo.
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratis
Nombre de la App	<i>Problemas Física Mecánica</i>
Editor	Amayuki (amaia.croft@gmail.com)
Sitio de descarga	Play Store
Tamaño Aproximado	4,2 MB
Sistema Operativo	Android (3.0 y versiones superiores)
Valoraciones	4,2/10
Descripción	Con esta aplicación se puede comprobar de manera rápida el resultado final de problemas de física mecánica. Introduciendo los datos, se proporciona la solución.

<p>Imágenes de pantallas</p>	
<p>Valor</p>	<p>Gratuita</p>
<p>Nombre de la App</p>	<p>Física básica</p>
<p>Editor</p>	<p>Diablo Code (jjroblesg2@gmail.com)</p>
<p>Sitio de descarga</p>	<p>Play Store</p>
<p>Tamaño Aproximado</p>	<p>3,6 MB</p>
<p>Sistema Operativo</p>	<p>Android (2.3 y versiones superiores)</p>
<p>Valoraciones</p>	<p>4,1/179</p>
<p>Descripción</p>	<p>Física Básica permite realizar cálculos básicos y proporciona el alcance de los conceptos más importantes de la Física.</p>
<p>Imágenes de pantallas</p>	
<p>Valor</p>	<p>Gratuita</p>
<p>Nombre de la App</p>	<p>ElectroDude</p>
<p>Editor</p>	<p>RonakManglani</p>
<p>Sitio de descarga</p>	<p>Windows Store</p>
<p>Tamaño Aproximado</p>	<p>4,11 MB</p>
<p>Sistema Operativo</p>	<p>Windows 10 Mobile; Windows Phone 8.1; Windows Phone 8.</p>
<p>Valoraciones</p>	<p>4,2/20</p>
<p>Descripción</p>	<p>ElectroDude es una colección de herramientas electrónicas útiles para los estudiantes y profesionales. Aparte de los temas importantes de teoría y 16 diagramas de conexiones, ElectroDude también cuenta con las siguientes calculadoras: valor de la resistencia de código de color, valor inductor de código de color, valor de la resistencia de código de SMD, Ley de Ohm, circuitos RC, RL y LC, cálculo de reactancia, capacidad y resistencia</p>

	(serie – paralelo), cálculo de la vida de la batería.
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratuita
Nombre de la App	<i>Sensor Emitter</i>
Editor	Philip Daubmeier
Sitio de descarga	Windows Store
Tamaño Aproximado	634 KB
Sistema Operativo	Windows 10 Mobile; Windows Phone 8.1; Windows Phone 8.
Valoraciones	4,2/5
Descripción	<p>La App permite obtener información acerca de sensores móviles, ver mediciones en vivo, leer cómo trabajan y se conectan con la PC. Cada teléfono de Windows tiene una gran cantidad de sensores incorporados. Los valores que se ofrecen se pueden utilizar de muchas maneras y en muy diferentes contextos. Incluso hay un montón de maneras de combinarlos juntos para abrir nuevas posibilidades. Todo esto comienza con saber cómo funcionan : probar todos los sensores del teléfono, aprender sobre su estructura técnica y funcionamiento, conectar a una PC y tener datos de los sensores en vivo para utilizar allí o fusionarse con otros sensores.</p>
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratuita
Nombre de la App	<i>Electrónica fácil</i>
Editor	Carlos Orjuela
Sitio de descarga	Windows Store
Tamaño Aproximado	136 KB
Sistema Operativo	Windows 10 Mobile; Windows Phone 8.1; Windows Phone 8.
Valoraciones	1/1

Descripción	Electrónica fácil es una aplicación para saber de una manera rápida y didáctica los valores de las resistencias según los colores de la misma.
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratuita
Nombre de la App	iFísica
Editor	Mobixee Ltd (support@mobixee.com)
Sitio de descarga	Play Store, iTunes y Windows Store
Tamaño Aproximado	9,8 MB en Windows; 9,2 MB en Android; 24,5 MB en iOS
Sistema Operativo	Windows 10 Mobile; Windows Phone 8.1; Windows Phone 8; Android (2.2 y versionessuperiores); iOS 7.0 o posterior
Valoraciones	No posee (Windows); 3,6/365 (Android); 5/1 (iOS)
Descripción	<p>iFísica proporciona explicaciones de más de 70 temas, síntesis de ecuaciones, teoremas, definiciones y propiedades, un algoritmo de búsqueda avanzada, y posibilidad de agregado de notas personales.</p> <p>Con la versión PRO, se amplía a más de 120 temas, incluidos los temas que se incorporen en el futuro, cálculos interactivos con opciones múltiples para practicar y ejemplos resueltos.</p>
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratis - PRO \$21 (windows); Gratis – PRO US\$2,40 (Android); Gratis – PRO \$49 (iOS)
Nombre de la App	CircuitsCal
Editor	Enrique Alexandre
Sitio de descarga	iTunes
Tamaño Aproximado	0,5 MB
Sistema Operativo	iOS
Valoraciones	5/7
Descripción	CircuitsCal es una colección de las fórmulas más comunes en teoría de circuitos.

	<p>Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conversor Voltios/dBu/dBV - Conversor Vatios/dBm/dBW - Calculador de código de colores de resistencias - Calculador de etiquetado de condensadores - Calculadora para divisores de tensión y corriente - Calculadora para circuitos RLC serie y paralelo - Calculadora para resistencias en paralelo - Calculadora de resonadores LC
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratis
Nombre de la App	PhisApp
Editor	Krieger (herr.c.krieger@googlemail.com)
Sitio de descarga	Play Store; Página web
Tamaño Aproximado	949 KB
Sistema Operativo	Android
Valoraciones	5/1
Descripción	<p>Con PhysApp se obtiene una herramienta que utiliza los sensores del teléfono inteligente. Pararealizar la serie personalizada de mediciones. PhysApp lee los sensores de aceleración, giro, inclinación y de campo magnético. Puede grabar hasta cuatro mediciones secuenciales o simultáneas y analizarlas en un gráfico con la función de zoom. Se puede analizar por ejemplo, la caída libre, la aceleración centrípeta o el campo magnético de una bobina.</p> <p>PhysApp es un proyecto de un profesor de física y ha sido desarrollado específicamente para el salón de clases, por lo que se mantiene libre de publicidad.</p>
Imágenes de pantallas	

	
Valor	Gratuita
Nombre de la App	Fórmulas físicas free
Editor	NSC Co. (nscou@yahoo.com)
Sitio de descarga	Play Store; iTunes
Tamaño Aproximado	10 MB
Sistema Operativo	Android; iOS
Valoraciones	4,5 (Android); 5/6
Descripción	<p>Esta aplicación muestra las ecuaciones básicas y avanzadas en siete categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mecánica - Electricidad - Física Térmica - Movimientos Periódico - Óptica - Física Atómica - Constantes <p>Esta aplicación cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herramientas: los usuarios pueden introducir datos y La aplicación calcula algunos problemas tipo de física. - Soporte de múltiples idiomas: Inglés, español y otros idiomas. - Carpeta favorita: guarda fórmulas utilizadas con frecuencia en una Carpeta Favoritos para acceder rápidamente a ellas. - Compartir: toca y comparte una fórmula con amigos a través de mensajes, correo electrónico o Facebook. - Búsqueda: los usuarios pueden escribir las palabras clave en la parte superior de la pantalla para encontrar rápidamente una fórmula.
Imágenes de pantallas	
Valor	Gratuita

Fuente: elaboración propia

3.2 Algunas cuestiones didácticas

Como ocurre en otros recursos para la enseñanza de la física, tales como las simulaciones o los laboratorios remotos, la mayor oferta en las apps está en temas de dispositivos y circuitos eléctricos y electrónicos (*Electro Dude*, *Sensor Emitter* y *Electrónica Fácil*), siendo los docentes de esos temas los principales desarrolladores.

Las apps presentadas constituyen una pequeña muestra de recursos que han sido propuestos por sus editores, para asistir al estudiante (y en algunos casos al profesional) en el aprendizaje de algunos temas y/o en la resolución de problemas de física en el nivel medio o superior. Consideramos que son adecuadas para un estudiante de ingeniería.

No obstante, no todas estas aplicaciones poseen un soporte didáctico adecuado, y podrían conducir al estudiante a percepciones o aprendizajes erróneos. Por ejemplo, *iFísica* es un desarrollo comercial que se promociona mencionando que con la app, el estudiante puede, entre otras acciones: “*Repetir fácilmente fórmulas, teoremas, definiciones y propiedades gracias a efectivas síntesis*”, desvirtuando los procesos de construcción de conocimiento que implica el aprendizaje de esta ciencia experimental. La idea de que aprender física es equivalente a conocer o recordar “fórmulas” también está presente en otras aplicaciones: *Fórmulas físicas free* y *Circuits Cal*.

En acuerdo con esto, y dado que el uso de apps en la enseñanza de la física es reciente, se requiere avanzar tanto en la evaluación de las apps como en la evaluación de los aprendizajes que promueven estos recursos y para ello, es necesario llevar a cabo más investigaciones.

Se prevé continuar con este estudio exploratorio, realizando el análisis de los aspectos de las apps relevadas que las hacen potencialmente apropiadas para la enseñanza de temas de física. Se prevé utilizar los criterios de Godino y otros (2005) [13], tendientes a responder preguntas relativas al recurso, adaptadas de Farina [14]:

¿Cuáles son las situaciones-problema que permite tratar el recurso? ¿En qué tipo de situaciones previas se apoya o debería apoyarse? ¿Posibilitan las situaciones la presentación de los enunciados y procedimientos fundamentales del tema según el significado de referencia? ¿Permiten la contextualización y revisión de los conocimientos que se pretende construir? ¿Posibilitan o promueven su aplicación a situaciones relacionadas? ¿Se proponen situaciones donde los estudiantes tengan la oportunidad de plantear problemas, reformularlos y/o de problematizarse (en el sentido de asumir los problemas como propios)? ¿Qué variables de tarea permite operativizar la app? ¿Qué actividades/acciones/técnicas, propone el recurso para realizar, organizar, operativizar las situaciones problema planteadas en la actividad? ¿Es el lenguaje utilizado apropiado para describir el fenómeno y/o proceso puesto en juego y la actividad propuesta? ¿Qué conceptos, propiedades, nociones teóricas se consideran previos y cuáles se espera que emergerán de la utilización de la app? ¿Tienen los alumnos los conocimientos previos necesarios para abordar la actividad? ¿Los significados pretendidos tienen una complejidad abordable, o una dificultad manejable? ¿Están las definiciones, procedimientos, proposiciones o explicaciones, clara y correctamente enunciados y adaptados al nivel educativo al que se dirigen? ¿En qué argumentación (justificación), se basa la app?

3.3 Condiciones de aplicación

Es importante que el docente que sugiere o propone a sus estudiantes el uso de alguna app, conozca la misma, la haya utilizado y considere que el recurso es potencialmente apropiado para promover aprendizajes, evitando el empleo de recursos que refuerzan concepciones erróneas o ideas tergiversadas de lo que es el conocimiento disciplinar. Es necesario conocer todas las características del recurso que podrían promover o inhibir aprendizajes.

Para la implementación en el aula de estrategias de enseñanza con integración apps, se propone llevar adelante un proceso paulatino y progresivo, de modo que el uso del celular no genere distracciones entre los estudiantes y las actividades se perciban como de aprendizaje. Esto requiere que los temas relacionados con las apps hayan sido desarrollados en clase y comprendidos por los estudiantes. En una primera instancia, los estudiantes podrían utilizar las aplicaciones realizando trabajos prácticos en aulas informáticas del establecimiento académico donde las aplicaciones hayan sido previamente instaladas, y luego descargarse esas aplicaciones o aplicaciones similares, en los teléfonos celulares. La accesibilidad requiere que las aplicaciones sean de uso libre y gratuito.

Podrán emplearse los teléfonos celulares de cada alumno o en caso de que algún estudiante no tuviese un teléfono en que se pudiera descargar la aplicación, se podría emplear otro dispositivo electrónico móvil (tablet o netbook). Dado que los teléfonos móviles pueden poseer distintos sistemas operativos, uno de los objetivos del trabajo ha sido hallar aplicaciones disponibles para descargarlos desde cualquier dominio o distintas aplicaciones que funcionen de manera similar para el aprendizaje en el aula.

4. Conclusiones y recomendaciones

El teléfono móvil es un recurso que el estudiante puede emplear para construir conocimiento, pero es el docente el responsable de diseñar estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje que promuevan esa construcción.

Las apps presentadas en este trabajo podrían ser empleadas por docentes y estudiantes, aunque esto deberá hacerse con el apoyo pedagógico adecuado que posibilite el logro de los aprendizajes propuestos.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: “Resolución de Problemas de Física vinculados a la práctica profesional de la Ingeniería” (UTN-25/M064), “Procesos educativos mediados por tecnologías en ciencias e ingeniería. Estudio de casos” UNR-1ING505 y “Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industrial” (UNR-1ING522).

6. Referencias

- [1] JOHNSON, L; ADAMS BECKER, S; CUMMINS, M; ESTRADA, V; FREEMAN, A; HALL, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. Recuperado de (consulta 05/03/16): <http://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- [2] AGUADO, J.M; MARTÍNEZ, I.J; CAÑETE-SANZ, L. (2015). Tendencias evolutivas del contenido digital en aplicaciones móviles. *El profesional de la información*, v. 24, n. 6, pp. 787-795. Recuperado de (consulta 4/05/16): http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40600484/41718-128931-1-PB.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1466632783&Signature=tiOkZO3LJXO8NFC6UswQyFjRy2M%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTendencias_evolutivas_del_contenido_digi.pdf
- [3] ANDERSON, C; WOLFF, M. (2010). The Web is dead, long life to the internet. Recuperado de (consulta 4/05/16): http://www.wired.com/2010/08/ff_webrip

- [4] ALLEN, J.P. (2003). The evolution of new mobile applications: a sociotechnical perspective. *International Journal of Electronic Commerce*, v. 8, n. 1, pp. 23-36.
- [5] JOYCE, G; LILLEY, M. (2014). Towards the development of usability heuristics for native smartphone mobile applications. In: Marcus, Aaron (ed.). Design, user experience, and usability. Theories, methods, and tools for designing the user experience. *Lecture Notes in Computer Science*, v.8517, pp. 465-474.
- [6] MARCHISIO, S; PLANO, M; RONCO, J; VON PAMEL, O. (2005). Experiencia con uso de simulaciones en la enseñanza de la física de los dispositivos electrónicos, *Cognición*, Año 1, N° 2, Enero 2005, Recuperado de (consulta 14/05/13): http://www.cognicion.net/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=2:revis
- [7] GONZÁLEZ, M. Á., GONZÁLEZ, M. Á., MARTÍN, M. E., LLAMAS, C., MARTÍNEZ, Ó., VEGAS, J., HERGUEDAS, M.;HERNÁNDEZ, C.(2015a). Teaching and Learning Physics with smartphones, *Journal of Cases in Information Technology*. 17(1) 31-50.
- [8] GONZÁLEZ, M. Á; DA SILVA, J. B; CAÑEDO, J.C; HUETE, F; MARTÍNEZ, Ó; ESTEBAN, D; MANSO, J; ROCHADEL, W; GONZÁLEZ, M.Á. (2015b). Doing physics experiments and learning with smartphones. In Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), (ACM) pp 303-310. Recuperado de (consulta 20/06/16): https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Gonzalez37/publication/282771108_Doing_Physics_Experiments_and_Learning_with_Smartphones/links/561be4dc08aea80367243264.pdf
- [9] GONZÁLEZ, M.Á., DA SILVA, J.B., MARTÍNEZ, Ó, ROCHADEL, W., GONZÁLEZ, M.Á., (2015c). Experimentando y Aprendiendo Física con Smartphones TICAÍ p. 53-58. Recuperado de (consulta 20/06/16): <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/17045>
- [10] GARTNER, Inc. (2016).Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Grew 3.9 Percent in First Quarter of 2016, Egham, UK, May 19, 2016. Recuperado de (consulta 10/06/16): <http://www.gartner.com/newsroom/id/3323017>
- [11] BELLJAN, K. (2015). Google Play now has more apps than Apple's App Store, report says. 15 de enero, 2015. Recuperado de (consulta 22/06/16): http://mashable.com/2015/01/15/google-play-more-apps-than-ios/#ZouBHGLQ_OqD
- [12] ROS, I. (2014). Ya hay 527.000 aplicaciones para Windows y Windows Phone. 15 de noviembre, 2014. Recuperado de (consulta 22/06/16): <http://www.muycomputer.com/2014/11/15/525-000-aplicaciones-windows-store>
- [13] GODINO, J; RECIO, A; ROA, R; RUIZ, F; PAREJA, J. (2005). Criterios de diseño y evaluación de situaciones didácticas basadas en el uso de medios informáticos para el estudio de las matemáticas pp. 235-242 *Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM*.
- [14] FARINA, J.A. (2015). La Segunda ley de la Termodinámica y el concepto de Entropía en estudiantes universitarios. Simulaciones como puentes cognitivos entre los modelos espontáneos y los científicos. Tesis de Maestría en Docencia Universitaria (UTN Regional Rosario).

PROBLEMAS VINCULADOS A LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Ramini Giuliana, UTN-Facultad Regional Rosario, giu_ramini@hotmail.com

Pérez Sottile Ricardo, UTN-Facultad Regional Rosario, perezsottile@hotmail.com

Concari Sonia Beatriz, UTN-Facultad Regional Rosario, sconcari@gmail.com

Resumen— Siendo el ciclo básico común a todas las ingenierías, la pertinencia específica de los contenidos con relación a cada una de las orientaciones, queda diluida en un currículo indiferenciado, en el que los contenidos se plantean en general de manera fragmentada en cátedras, sin una integración relevante que ponga en evidencia para los estudiantes, que los contenidos están contribuyendo a su formación integral.

En este contexto, planteamos que la enunciación de problemas de Física que expliciten situaciones que remiten a la práctica profesional de ingeniería, insertos en estrategias didácticas que integran nuevos recursos tecnológicos, puede favorecer la motivación, promover en los estudiantes el desarrollo de competencias necesarias para su futuro accionar profesional y promover la construcción de conocimientos disciplinares relevantes, a través de un aprendizaje significativo.

La integración curricular consiste en organizar temas que se desprenden de experiencias, de intereses personales y globales y de la vida cotidiana y/o profesional. Desde esta perspectiva, y de la concepción de problema como una situación de transferencia de conocimientos que plantea dificultades para las que no se poseen soluciones conocidas, se presentan en este trabajo, problemas vinculados a la práctica profesional de la ingeniería, propuestos para ser incorporados como estrategia de enseñanza y actividad de aprendizaje en cursos de física de carreras de ingeniería.

Palabras clave— *Resolución de problemas, ingeniería, física.*

1. Introducción

En el área de la enseñanza de la ingeniería hay un acuerdo generalizado sobre la resolución de problemas (RP) como una actividad valiosa para producir aprendizajes significativos y promover el desarrollo de distintas capacidades. La RP ocupa, junto con el modelado y la experimentación, un lugar relevante en la formación en ingeniería, como estrategia de enseñanza, actividad de aprendizaje, e instrumento de evaluación [1].

Un problema es entendido como una situación de transferencia de conocimientos que plantea dificultades para las que no se poseen soluciones conocidas. Los procesos involucrados en la RP son disgregados en: la discusión del interés de la situación, el estudio cualitativo, la emisión de hipótesis, la elaboración y explicitación de las estrategias a la luz de las hipótesis, la resolución verbalizada, el análisis de los resultados a la luz de las hipótesis, y la formulación de nuevas perspectivas [2].

Por su parte, desde la perspectiva de los estudiantes de Ingeniería se percibe como una de las problemáticas para la enseñanza de la Física, la escasa motivación para aprender contenidos de la asignatura. Los estudiantes no alcanzan a valorar las herramientas que se les brinda para su desempeño como futuro profesional, tanto por una enseñanza que no lo hace explícito, como por tener apenas una idea vaga del tipo de trabajo que realizarán como Ingenieros. Siendo el ciclo básico común a todas las ingenierías, la pertinencia específica de los contenidos con relación a cada una de las orientaciones, queda diluida en un currículo indiferenciado.

La enseñanza superior fragmentada en disciplinas enmarcadas en cátedras está siendo criticada, aduciendo que ésta pretende el dominio de contenidos de diversas disciplinas y no el uso de los conocimientos en relación con temas de la vida real, ni la integración de conocimientos que es necesaria para situaciones prácticas profesionales. La tendencia es hacia un currículo integrado, existiendo algunas experiencias exitosas en Argentina y en otros países, muestra de lo cual es la incorporación en la organización curricular de la UTN, de la disciplina integradora.

La integración curricular consiste en organizar temas que se desprenden de experiencias, de intereses personales y globales y de la vida cotidiana y/o profesional. Ferreira Lorenzo [3] reflexiona sobre la integración curricular en la educación superior, proponiendo como principios la atención a los perfiles profesionales previsibles requeridos, basado en la determinación de las competencias propias de la profesión y la determinación de los perfiles profesionales afines. A su vez, Beane [4] identifica como primordiales para la integración del currículum: la integración de contenidos disciplinares (evitando la fragmentación), la integración de las experiencias (para que los conocimientos construidos por los estudiantes cobren más significado y puedan transferirlos a nuevas situaciones), la integración social (donde se integra la institución educativa con la comunidad), y la integración como diseño curricular, entendida por Beane como la participación activa de los estudiantes en la organización del currículum junto con los docentes, formulando los temas que sean de su interés junto con las experiencias que consideren válidas para ayudarles a aprender.

Desde esta perspectiva, entre las experiencias de integración exitosas, pueden mencionarse dos experiencias en carreras de Ingeniería Civil, con la resolución de problemas integradores de Física en la UTN [5], y la propuesta de Herrera et al. [6], de talleres de integración en la Universidad Católica de Temuco. En Ingeniería Química, el equipo de Giorgi y colaboradores [7] de la Universidad Nacional del Litoral desarrolló un curso de mecánica, sobre una propuesta didáctica integradora basada en un modelo unificador de la ingeniería de procesos. Las experiencias mencionadas tienen como aspecto común, la RP y la experimentación vinculados a temas de interés profesional.

Aun cuando en el currículo común del ciclo básico de todas las ingenierías, los contenidos conceptuales son los mismos, planteamos que la enunciación de problemas de Física que expliciten situaciones que remiten a la práctica profesional de ingeniería, insertos en estrategias didácticas que integran nuevos recursos tecnológicos, puede favorecer la motivación, promover en los estudiantes el desarrollo de competencias necesarias para su futuro accionar profesional y promover la construcción de conocimientos disciplinares relevantes, a través de un aprendizaje significativo.

2. Materiales y Métodos

Se ha adoptado un abordaje sistémico, porque además del sistema de enseñanza de la física en su conjunto, y de los propios sistemas conceptuales, hay que considerar los sistemas

didácticos materializados en una clase, cuyos componentes principales son: el profesor, los alumnos y el saber enseñado. Además, el sistema didáctico está inmerso en un entorno social, cultural, tecnológico y científico que influye y condiciona su funcionamiento. El estudio constituye un estudio de casos (grupo clase de Física I y grupo clase de Física II de la FRRo). El enfoque metodológico adoptado es mixto, combinando estudios cualitativos y cuantitativos.

Elaborar problemas cuyos enunciados remitan a la práctica profesional de ingeniería requiere relevar problemas de las diversas orientaciones, recortar los mismos, y formular situaciones problemas vinculadas a contenidos disciplinares de la física. En ese proceso, se contemplaron los cuatro aspectos que Beane [4] identifica como primordiales para la integración del currículum.

En esta ponencia se presentan resultados de la exploración y desarrollo de problemas para la enseñanza de la física que remiten a tareas o actividades propias de la práctica profesional de la Ingeniería Química e Ingeniería Civil, describiendo los aspectos referidos al diseño y la formulación de las situaciones problemas.

3. Resultados y Discusión

Los resultados que se presentan aquí complementan otras situaciones problemas relativos a las carreras de Ingeniería en Sistema, Civil y Química, presentadas antes [8]. A continuación de enuncian y describen nuevas situaciones problemas.

Situación problema I

En una planta de tratamiento de efluentes se desea transportar un líquido con características reológicas similares a las del agua, desde un tanque a otro mediante el uso de una bomba de engranaje. Se dispone de un catálogo suministrado por el fabricante de una bomba posible de ser empleada para el proceso (ver Figura 1), en el cual detalla que la misma trabaja a un caudal máximo de 810 l/min y a razón de 1500 rpm. Se requiere bombear a razón de 45 m³/h impulsando el líquido a través de una tubería de 55cm de diámetro.

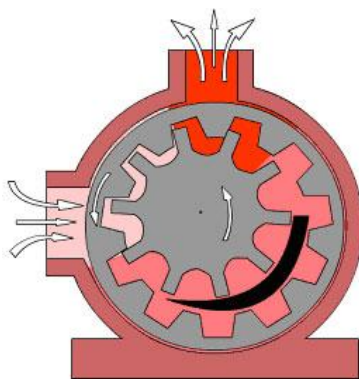


Figura 1. Bomba de engranaje

- *Determine si la bomba del catálogo podría cumplir con este requerimiento.*
- *Si es así, calcule la velocidad a la cual ingresaría el líquido a la bomba.*
- *Calcule cual sería la velocidad máxima del líquido.*

Ahora analizaremos el engranaje en rotación -el cual es accionado por un motor hidráulico-

- *A partir de la velocidad angular proporcionada por el catálogo, calcule la velocidad tangencial de un punto que se encuentra a 0.30 m del centro del engranaje.*
- *Calcule la aceleración centrípeta de ese punto.*

Las características de la integración en la Situación problema I pueden ser resumidas como sigue:

Integración de contenidos disciplinares: se trabajan relaciones entre los conceptos de caudal, presión, potencia de bombeo y altura de elevación de fluido. Se requiere realizar actividades de conversión de unidades y de cálculo.

Integración de las experiencias: se vincula a situación en la que el estudiante de Ingeniería Química puede pensarse como futuro profesional.

Integración social: se trata de una situación de educación formal en la universidad que se ha identificado y seleccionado del medio social de la comunidad, con referencia a la especialidad de Ingeniería Química.

Integración como diseño curricular: el tema de la situación planteada remite a preguntas de los estudiantes de asignaturas del ciclo de la especialidad, que contribuyen a la organización del currículo junto con los docentes. Los contenidos de la situación problemática están vinculados a temas que se desarrollarán posteriormente en las asignaturas Fenómenos de Transporte y Operaciones Unitarias I, de 3er y 4to año de la carrera de Ingeniería Química.

Situación problema II

Desde un tanque a presión atmosférica, cuyo nivel se mantiene constante a la altura del eje de la bomba, se necesita enviar un líquido a otro tanque, el cual está a 8 metros por encima de la bomba y se encuentra a una presión de 2,5 atm, descargando a razón de 36 m³/h. Se dispone de dos tuberías: La tubería 1 tiene un diámetro de 8 cm. La tubería 2 tiene un diámetro de 18 cm. ¿Cuál será la tubería más conveniente para el menor consumo de potencia? Desprecie las pérdidas por fricción.

Las características de la integración en la Situación problema II pueden ser resumidas como sigue:

Integración de contenidos disciplinares: se trabajan relaciones entre los conceptos de caudal, presión, potencia de bombeo y altura de elevación de fluido. Se requiere realizar actividades de conversión de unidades y de cálculo.

Integración de las experiencias: se vincula a situaciones en la que el estudiante de Ingeniería Civil o Ingeniería Química puede pensarse como futuro profesional.

Integración social: se trata de una situación de educación formal en la universidad que se ha identificado y seleccionado del medio social de la comunidad, con referencia a la especialidad de Ingeniería Civil o Química.

Integración como diseño curricular: el tema de la situación planteada remite a preguntas de los estudiantes de asignaturas del ciclo de la especialidad, que contribuyen a la organización del currículo junto con los docentes. Este problema formulado para ser resuelto por los estudiantes, como actividad de aprendizaje en la asignatura Física, de 1er año, está vinculado a contenidos de otras asignaturas del ciclo profesional: Hidráulica General y Aplicada y Fenómenos de Transporte, de 3er año de la carrera de Ingeniería Civil y de la carrera de Ingeniería Química, respectivamente.

Situación problema III

Se desea instalar un sistema de bombeo en un edificio de 10 pisos ubicado en la ciudad de Rosario. En cada uno de los pisos hay dos departamentos de un dormitorio y un departamento de dos. Observando la tabla adjunta, sobre la capacidad de los tanques de reserva comerciales, calcule:

- La capacidad del tanque que debe tener el edificio instalando un bombeo simple
- La capacidad instalando un bombeo doble.
- El tiempo de llenado del tanque se realiza entre 1 y 4 horas. Tomando 2 horas, calcule el caudal en m^3/h , para las dos opciones.
- La velocidad de impulsión de la bomba recomendada es entre 0,9 a 1,3 m/s. Calcule el diámetro de la tubería. Seleccione el diámetro comercial adecuado si se tiene una disponibilidad de 13, 19, 25, 32, 33 y 38 cm.
- Con el nuevo diámetro adoptado, calcule el nuevo tiempo de llenado.
- ¿Qué potencia debe tener la bomba?

Capacidad de los tanques Capacidad mínima de tanques de reserva en viviendas.

Volumen por unidad locativa, en litros

Tipo de edificio	1 dormitorio		2 dormitorios	
	Alimentación por bombeo		Alimentación por bombeo	
	Equipo de bombeo o elevación		Equipo de bombeo o elevación	
	Simple	Doble	Simple	Doble
Viviendas colectivas	550	350	600	400

Las características de la integración en la Situación problema III pueden ser resumidas como sigue:

Integración de contenidos disciplinares: se trabajan relaciones entre los conceptos de caudal, presión, potencia de bombeo y altura de elevación de fluido. Se requiere realizar actividades de conversión de unidades y de cálculo.

Integración de las experiencias: se vincula a situaciones sobre las que eventualmente los estudiantes de Ingeniería Civil han tenido algún contacto en su vivienda, o le resulta conocida.

Integración social: se trata de una situación de educación formal en la universidad que se ha identificado y seleccionado del medio social de la comunidad, con referencia a la especialidad de Ingeniería Civil,

Integración como diseño curricular: el tema de la situación planteada remite a preguntas de los estudiantes de asignaturas del ciclo de la especialidad, que contribuyen a la organización del currículo junto con los docentes. En esta situación problemática planteamos la enunciación de un problema a ser resuelto como actividad de aprendizaje en la asignatura Física, relacionado con contenidos de asignaturas de 3er y 4to año de la carrera de Ingeniería Civil: Hidráulica General y Aplicada e Instalaciones Sanitarias y de Gas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las situaciones de RP desarrolladas en el esquema de un problema que remite a una situación potencial de la práctica profesional, atienden a los requisitos establecidos en relación a la motivación de los estudiantes de Ingeniería Civil e Ingeniería Química a la integración de contenidos, y a los procesos de RP que promuevan aprendizajes.

La resolución de los problemas está siendo empleada como actividad de aprendizaje en cursos anuales de Física I. Aun no se dispone de resultados que permitan evaluar el aprendizaje de los estudiantes, aunque puede comentarse que los mismos han abordado tareas similares con otros problemas con un buen nivel de aceptación.

Se encuentran en preparación, problemas de situaciones físicas que remiten a prácticas profesionales de la Ingeniería Mecánica.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: “Resolución de Problemas de Física vinculados a la práctica profesional de la Ingeniería” (UTN-25/M064).

6. Referencias

[1] CONCARI, S. (2001). El modelado y la resolución de problemas: ejes para la enseñanza de la física para ingenieros. *Revista Contextos de Educación*. Año IV Nro. 5 323-335

[2] GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO. (1997). La resolución de problemas de física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol 10 N° 2 octubre de 1997.

[3] FERREIRA LORENZO, G. (2004). Hacia la integración curricular en la educación superior: reflexiones, necesidades y propuesta para la disciplina integradora. *Revista Iberoamericana de Educación*. Número 34/2, 10 - 11 - 04
<http://www.rieoei.org/deloslectores/789Ferreira.PDF>

[4] BEANE, J. A. (2005). La integración del currículum. (R. Filella, Trad.). España. Ministerio de Educación y Ciencia / Ediciones Morata.

[5] ECHAZARRETA, D. R. y HAUDEMANT, R. E. (2009). Resolución de Problemas Integradores en la Enseñanza de la Física para Estudiantes de Ingeniería Civil. *Formación Universitaria*. Vol. 2(6), 31-38

[6] HERRERA, O., LEVANO, M., ALDUNATE, R. (2011). Integración vertical de competencias para la carrera de Ingeniería Civil Informática de la Universidad Católica de Temuco. *Proceeding XIII Congreso Chileno de Educación Superior en Computación*, Talca, Chile, Noviembre 2011.

[7] GIORGI, S., CONCARI, S., POZZO, R., GRABOIS, M. y ENRIQUE, C. (2005). Una propuesta experimental integradora basada en un modelo unificador para el estudio de los procesos físicos de distinta naturaleza en el ciclo básico de las carreras de ingeniería de procesos. En: *Engineering and Technology Education Trends (Brasil)*. 1834-1838

[8] RAMINI, G.; BRESSAN NARVAEZ, N.; PEREZ SOTTILE, R.; CONCARI, S.B. (2015). Problemas de física vinculados a la práctica profesional de la ingeniería en sistemas, civil y química. *CLICAP 2015 IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias*

Aplicadas y III Encuentro AUSAL, San Rafael (Mza.), 15 al 17 de abril de 2015. ISBN: 978-987-575-119-4



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

UTILIZACIÓN DE TIC PARA LOGRAR APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS EN MATEMÁTICA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

Galoppo, José Luis, Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, jgaloppo@hotmail.com

Vignoli, Adolfo Leonardo, Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, adovig15hotmail.com

Sandín, Daniel Lucio, Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, dls3816@outlook.com

Díaz, Laura Cecilia, Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, lcd@yahoo.com.ar

Resumen—El presente trabajo tiene por objetivo presentar una experiencia que se viene realizando en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, tendiente a lograr en los alumnos de 1er. año de las carreras de Ingeniería, aprendizajes significativos en matemática, de acuerdo con el sentido que otorga David Ausubel a esta expresión. La experiencia señalada consiste en el desarrollo de materiales de estudio y de actividades interactivas, como complemento de la enseñanza presencial, en aulas virtuales sobre plataforma Moodle del Laboratorio de Enseñanza Virtual de la facultad. Los materiales de estudio abarcan temas teóricos, guías de estudio, problemas propuestos con su resolución y una guía de problemas de aplicación. Por su parte, las actividades consisten en ejercicios y cuestionarios de autoevaluación. Todas estas prácticas están acompañadas por evaluaciones periódicas de carácter formativo, que les suministran a docentes y a alumnos información para realizar ajustes en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la medida que sean necesarios. Esta acción se articula con otras tareas que se vienen desarrollando en la Facultad desde el Curso de Nivelación (CINEU), mediante las cuales se les ofrece a los estudiantes ingresantes una serie de materiales de estudio y actividades adaptados al aprendizaje de la Matemática en modalidad semi presencial.

Palabras clave— *Educación Matemática, TIC, Aprendizajes significativos, aulas virtuales.*

Introducción

Durante el año 2012 las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEfyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) pusieron en marcha un plan de mejora de la calidad educativa en las materias del primer año de las carreras de Ingeniería. Se plantearon acciones tendientes a detectar problemas y/o deficiencias en el aprendizaje en las asignaturas de los Departamentos de Matemática y Física, y a proponer líneas de acción en consecuencia, para tratar de solucionarlos. Durante este período se realizaron talleres de docentes de Introducción a la Matemática, Análisis Matemático 1 y Álgebra Lineal, coordinados por profesionales en Ciencias de la Educación, integrantes del Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología de la facultad, en los que participaron los autores del presente trabajo en su carácter de docentes de dichas asignaturas.

En estas reuniones se explicitaron algunos de los inconvenientes que los docentes ya percibían en el trabajo diario con los alumnos:

- Falta de precisión en el uso del lenguaje matemático para definir conceptos, tanto oral como escrito. Por ejemplo se escucha decir: “Un vector es una fuerza”, “Una función es una fórmula”, etc.
- Dificultad para comprender conceptos, definiciones, demostraciones, etc.
- Falta de hábito de lectura de textos de matemáticas.
- Falta de desarrollo de capacidad para un aprendizaje autónomo.
- Insuficientes conocimientos previos, que debieran haberse adquirido en la enseñanza secundaria.
- Confusión entre el concepto matemático y la aplicación a otras disciplinas (Ej. “Vector – Fuerza”)
- Escasa transferencia de los conceptos teóricos a la resolución de situaciones problemáticas (ejercicios, problemas de aplicación, etc.)
- Insuficiencia en la interpretación de consignas.
- Desconocimiento y/o falta de destreza en el uso de herramientas informáticas para escribir fórmulas y presentar resultados matemáticos.

Al término de las deliberaciones surgió la propuesta de confeccionar materiales de estudio y actividades tendientes a incrementar los aprendizajes significativos en matemática. Algunas de esas propuestas fueron implementadas en los horarios de clase y otras se plantearon como actividades extra áulicas debido al escaso tiempo con el que se cuenta durante el dictado de las materias.

Para ello, nuestro grupo de investigación propuso la construcción y administración de aulas virtuales en el campus que posee la facultad sobre la plataforma Moodle: <http://lev2.efn.uncor.edu/>.

Este trabajo presenta las estrategias que se adoptaron y el desarrollo de las actividades llevadas a cabo, a lo largo de tres años de trabajo (2013, 2014 y 2015) en aulas virtuales, correspondientes a grupos de alumnos de la cátedra de Introducción a la Matemática, en las cuales desarrollamos nuestra actividad los integrantes de este equipo de investigación. Así mismo, y a modo de evaluación cuantitativa, se incluyen las estadísticas recogidas y los logros alcanzados durante el año 2015.

1. Justificación del Problema

En el año 2009 el CONFEDI emitió un documento sobre “**Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios**” [1], que orienta a la educación de nivel medio respecto de las competencias que deberían desarrollar en sus alumnos, previendo su continuidad en los estudios en el ámbito universitario. Estos son los niveles mínimos de competencias de ingreso esperables en alumnos ingresantes al primer año.

Lamentablemente, el nivel alcanzado por algunos estudiantes, en estas competencias, es insuficiente, como lo muestran Ceratto y Gallino en su trabajo: “**Competencias genéricas en carreras de ingeniería**” [2].

El escaso nivel de logro de dichas competencias, dificulta la comprensión y el aprendizaje de nuevos temas que son presentados a los alumnos en las asignaturas de su carrera universitaria.

Esto se debe, en parte, a que no tienen los conocimientos básicos donde “anclar” nuevos aprendizajes para los que no encuentran “significación” en su estructura de conocimientos previos. Los aprendizajes se deben ir enlazando con los anteriores en una secuencia lógica que permita construir el conocimiento de una manera significativa, según lo expuesto por Ausubel en su teoría del aprendizaje significativo [3].

En consonancia con Díaz Barriga y Hernández Rojas en su libro: **“Estrategias docentes para un aprendizaje significativo”** [4], podemos decir que el aprendizaje de conceptos nuevos para lograr la construcción del conocimiento, es en realidad un proceso de elaboración, en el sentido de que el alumno selecciona, organiza y transforma la información que recibe de muy diversas fuentes, estableciendo relaciones entre dicha información y sus ideas o conocimientos previos. Por lo tanto la tarea del docente, es ayudar en este proceso de interrelación entre los conocimientos que ya posee el alumno y los nuevos contenidos presentados. Finalmente, el aprendizaje será significativo, si logra aplicarlo a la resolución de situaciones problemáticas, situaciones a las que se tendrá que enfrentar en su trabajo como profesional de la Ingeniería. Con estas ideas, podemos elaborar un cuadro que resuma las diferencias entre los aprendizajes:

Tabla 1. Comparación de los aprendizajes.

Aprendizaje significativo	Aprendizaje memorístico
Incorporación sustantiva, no arbitraria y no verbalista de nuevos conocimientos a la estructura cognitiva.	Incorporación arbitraria y verbalista de nuevos conocimientos en la estructura cognitiva.
Esfuerzo deliberado por relacionar los nuevos conocimientos con conceptos de nivel superior, más inclusivos, ya existentes en la estructura cognitiva.	Ningún esfuerzo por integrar los nuevos conocimientos con conceptos ya existentes en la estructura cognitiva.
Aprendizaje relacionado con experiencias, hechos u objetos.	Aprendizaje no relacionado con experiencias, hechos u objetos.
Aplicación de conceptos a la resolución de problemas de ingeniería e interpretación correcta de resultados.	Repetición de frases, resolución algorítmica de ejercicios e imposibilidad de resolución de problemas ante situaciones cambiantes.
Implicación afectiva para relacionar los nuevos conocimientos con aprendizajes anteriores.	Ninguna implicación afectiva para relacionar los nuevos conocimientos con aprendizajes anteriores.

Fuente: Elaboración propia

2. Materiales y Métodos

La materia de primer año sobre la que se realizaron las acciones que se analizarán en este trabajo, fue Introducción a la Matemática, la cual es común a todas las carreras de Ingeniería que se dictan en la facultad. Esta es la primera asignatura de Matemática que encuentran los alumnos en su carrera universitaria, por lo que, es en la que se ponen de manifiesto las carencias mencionadas anteriormente en la Introducción del presente trabajo.

Las clases y evaluaciones son presenciales por exigencia de la normativa para la acreditación. Nuestro grupo de investigación, en conjunto con algunos otros docentes de las cátedras, trabaja en la elaboración de material de estudio adaptado al trabajo en entornos de aulas virtuales como

complemento a dichas clases presenciales. A través de estos materiales, que incluyen actividades de ejercitación y de autoevaluación, se busca que los alumnos que traen aprendizajes escasamente logrados desde la escuela secundaria, puedan completarlos y mejorarlos, lo que les posibilitaría la construcción significativa del conocimiento, para así progresar en el aprendizaje de nuevos temas que les son presentados en asignaturas propias de las carreras de Ingeniería de nuestra facultad. Las consignas para el trabajo con estos materiales son explicadas por los docentes en clase:

- Leer atentamente las preguntas, ejercicios y enunciados de problemas.
- Identificar el, o los, conceptos que involucra dicha pregunta, ejercicio o problema.
- Intentar responder y resolver con los conocimientos de que disponen.
- Si los conocimientos no alcanzan para dar una respuesta, se sugiere recurrir a la bibliografía disponible en la biblioteca de la Facultad, a las notas de clases, etc.
- Si aún no se pueden responder, se invita al alumno a consultar al docente de su curso utilizando para ello las herramientas de comunicación que ofrece el aula virtual (mensajes de correo, preguntas en foros o chats, etc.).
- Finalmente, se pide al alumno redactar las respuestas en un archivo de texto y presentarlo a través del aula virtual para que el docente las controle y devuelva con la realimentación respectiva.

Además, las actividades propuestas hacen referencia a conocimientos previos y procuran establecer relaciones con los demás temas de Introducción a la Matemática y otras que se cursan simultáneamente, como también con experiencias de la vida cotidiana.

Por último, se sugieren lecturas complementarias y se traen a colación datos históricos para motivar el aprendizaje.

2.1. Materiales de estudio

Se elaboraron materiales de estudio para fortalecer el logro de las competencias específicas de ingreso (establecidas por CONFEDI) que los alumnos deberían haber logrado durante su etapa de escuela secundaria, pero que, como explicamos anteriormente en la justificación del problema, en muchos casos no han desarrollado completamente. Estas competencias están enunciadas en la siguiente tabla, donde además se establece la expectativa de logro:

Tabla 2. Competencias establecidas por CONFEDI [1]

Competencias	Indicadores de Logro
<i>Analizar una función o un fenómeno físico y/o químico sencillo a partir de su representación gráfica y/o a partir de sus ecuaciones matemáticas.</i>	a. Reconoce distintos tipos de funciones –lineales, cuadráticas, trigonométricas (seno, coseno y tangente), exponenciales y logarítmicas– a partir de la gráfica y/o por sus ecuaciones matemáticas. b. Interpreta representaciones gráficas.
<i>Resolver problemas sencillos en Matemática, Física o Química aplicando modelos matemáticos.</i>	a. Representa gráficamente a través de esquemas, tablas, diagramas, etc. b. Utiliza escalas adecuadas. c. Indica las magnitudes y unidades correspondientes. d. Identifica datos e incógnitas. e. Completa la información necesaria recurriendo a otras fuentes: observación, experimentación, textos, internet y otras. f. Plantea y usa ecuaciones adecuadas. g. Usa la notación adecuada.

	h. Opera con números reales en forma correcta. i. Respeta el principio de homogeneidad dimensional. j. Usa y realiza las conversiones de unidades necesarias. k. Analiza las soluciones aritméticas halladas, vinculándolas con el problema planteado y/o con la realidad. l. Comunica el/ los resultado/s en forma adecuada.
--	---

Fuente: Documento de CONFEDI [1]

A continuación se describe el material elaborado:

2.1.1 Guías de estudio: se elaboraron guías de estudio con preguntas simples cuya respuesta implique el conocimiento de conceptos matemático, ya sea una definición formal, una propiedad de una operación, un enunciado de un teorema, etc.; de tal forma que los alumnos puedan responder recurriendo a los conocimientos aprendidos en la escuela secundaria, o simplemente revisando la bibliografía con la que estudiaron (libros, carpetas con notas tomadas en clase, etc.) o con la bibliografía sugerida en el aula virtual (ver apartado siguiente). Complementan el desarrollo de temas teóricos que se trata en el apartado que sigue a continuación.

2.1.2 Temas teóricos: tienen como finalidad poner énfasis en aquellos temas en los que se advierten dificultades, tratando de acercar la disciplina al estudiante partiendo de un lenguaje familiar para luego desembocar gradualmente en expresiones rigurosas. En ellos se hace particular énfasis en las definiciones formales (como las de producto cartesiano, funciones reales de variable real, funciones inyectivas, suryectivas, etc.) y la nomenclatura simbólica (utilizando conectores lógicos, representación de conjuntos, etc.), todo esto acompañado de una interpretación gráfica de los conceptos enunciados (sobre ejes cartesianos). Así se confeccionaron guías sobre temas de álgebra elemental, vectores y funciones trigonométricas, exponenciales, logarítmicas, etc.

2.1.3 Ejemplos resueltos: se les brinda a los alumnos ejemplos de aplicación de los conceptos sobre los cuales se los interroga en las guías de estudio y de los desarrollados en el material teórico. Estos ejemplos están resueltos paso a paso y acompañados de una interpretación gráfica y de una referencia bibliográfica que les sea familiar (libros que están como referencia en los programas de las asignaturas de nivel secundario). Se desarrollaron problemas de paralelismo e intersección de rectas, de gráficos de funciones trigonométricas y de su aplicación a la resolución de problemas de distancias, puntos de corte, etc.

2.1.4 Problemas de aplicación: se presentan ejemplos de aplicación de fórmulas y conceptos matemáticos en la resolución de problemas de física, de electricidad, de economía, ciencias naturales, etc. como motivación para el uso de la matemática en los estudiantes que serán futuros ingenieros. Estos problemas son tomados de asignaturas de años posteriores y son presentados como ejemplos de aplicación de las matemáticas a la Ingeniería. Es a través de estos problemas de aplicación mediante los cuales los conocimientos matemáticos cobran significado para los alumnos. Así, aparecen las nociones matemáticas como herramientas para resolver problemas.

2.2 Actividades de proceso

Además de estos materiales de estudio, se les propone a los alumnos distintas actividades de proceso que ayudarán a lograr aprendizajes significativos.

2.2.1 Ejercicios prácticos: se proponen ejercicios de complejidad creciente a través de comunicaciones por el correo electrónico del aula virtual. Se les sugiere resolverlos y entregarlos para su corrección y devolución. Con esto se pretende que el estudiante vaya construyendo su conocimiento de manera significativa, gradualmente, y descubriendo operaciones, propiedades y/o relaciones matemáticas que desconocía, o que simplemente no tenía incorporado a su estructura de conocimientos.

2.2.2 Problemas de aplicación propuestos: complementan los problemas de aplicación que ya se les presentaron en los materiales de estudio. Constituyen una invitación a los alumnos a realizar una búsqueda bibliográfica para conocer nuevas aplicaciones a distintas disciplinas científicas, de fórmulas y modelos matemáticos explicados anteriormente.

2.2.3 Competencia de resolución de problemas: a los fines de fomentar la capacidad emprendedora en los estudiantes de ingeniería, se los motiva a organizarse en grupos de alumnos para participar en competencias de resolución de problemas, donde se pone en juego la capacidad organizativa y de búsqueda de soluciones creativas a situaciones problemáticas planteadas por el docente.

Cabe destacar que durante el año 2012 integrantes de nuestro equipo de investigación, participaron de la competencia organizada por el Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería (PRECITYE), una iniciativa de los Consejos de Facultades de Ingenierías de Argentina, Brasil y Chile (CONFEDI, ABENGE y CONDEFI respectivamente) y de las Facultades de Uruguay nucleadas a través de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII). En dicho concurso se presentaron en la categoría: “Concurso e intervenciones pedagógicas” donde obtuvieron el 2do Puesto en la categoría “Tira de ejercicios unitarios” con la propuesta de ejercicios de resolución de problemas de maximización de áreas y volúmenes.

2.2.4 Vínculos web a páginas de Internet: se les suministran vínculos web a páginas de divulgación de la ciencia y la tecnología, como:

- Canal Encuentro (Programa Alterados por Pi):
http://www.encuentro.gov.ar/sitios/encuentro/programas/ver?rec_id=50653
- Centro Virtual de Divulgación de las Matemáticas de la Real Sociedad Matemática Española:
<http://www.divulgamat.net/>
- Pro secretaría de Comunicación y Divulgación Científica de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FAMAF) de la UNC.
<http://www.famaf.unc.edu.ar/vinculacion-2/divulgacion/>

2.3 Autoevaluaciones

Todo este proceso es monitoreado a través de cuestionarios de autoevaluación que les permite, tanto a los alumnos como a los docentes, reflexionar sobre los procesos de aprendizaje para tomar acciones en el sentido de orientar el aprendizaje. Estas autoevaluaciones son de carácter formativo (GALOPPO, et al: **Utilización del aula virtual para favorecer aprendizajes significativos en Matemática en alumnos de 1er Año de las carreras de Ingeniería de la FCEF y N de la UNC [5]**).

2.3.1 Cuestionarios de autoevaluación: se realizan con la herramienta que posee Moodle para la confección de listas de preguntas, las cuales ofrecen la posibilidad de categorizarlas por temas y por complejidad, para luego armar distintos cuestionarios que evalúan un tema específico. Para ello se configuran preguntas con respuestas del tipo de opciones múltiples, verdadero o falso, cálculos, llenado de campos, etc. Al realizarlas, el sistema ofrece respuestas y califica instantáneamente; de esta manera el alumno se autoevalúa y puede recurrir a la realimentación

que le ofrece cada pregunta para aclarar o completar los conceptos que aún no posee. Por otra parte, el docente tiene la posibilidad de obtener estadísticas sobre los conceptos que más dificultad presentan para los alumnos, lo que permite preparar material complementario de estudio, específicamente adaptado para estudiar dichos conceptos. Los cuestionarios de complejidad creciente permiten como expresa DOMINGUEZ [6], un aprendizaje gradual, siempre a partir de conocimientos previos, lo que evita situaciones donde el alumno no está en condiciones de asimilar nuevos saberes, obligándolo a memorizar datos sin anclaje en su estructura cognitiva.

2.3.2 Subida avanzada de archivos: se le permite al alumno subir un archivo con sus dudas para que el profesor se las responda. Éstas pueden referirse a alguna definición en particular, a la resolución de ejercicios que presentan alguna dificultad, etc.

2.3.3 Foros de preguntas y respuestas: si el docente, a través de los cuestionarios o de las consultas más frecuentes de los alumnos, detecta que algún tema merece especial atención en la mayoría de los estudiantes, puede crear foros específicos, a los cuales se subirán las preguntas o comentarios relativos a dichos temas. En estos foros pueden participar tanto los docentes como los mismos estudiantes respondiendo las consultas bajo la supervisión y mediación del docente.

3. Resultados y Discusión

Durante el año 2015 se trabajó en tres cursos de la asignatura Introducción a la Matemática sobre el tema: “funciones”. Se implementaron cuestionarios de autoevaluación en las aulas virtuales creadas en el campus de la Facultad sobre la plataforma Moodle (<http://lev2.efn.uncor.edu>). Cada pregunta fue asignada a uno de los ocho temas elegidos. Este cuestionario de autoevaluación formativa fue habilitado para que los alumnos lo hagan una sola vez; de esa manera se obtuvieron los resultados que se presentan en el siguiente apartado.

En base a las respuestas incorrectas de los alumnos a las preguntas de los cuestionarios se detectaron deficiencias en los aprendizajes de algunos temas, los que se ven reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 3: Porcentaje de respuestas incorrectas detectadas en la autoevaluación formativa

TEMA	% de respuestas incorrectas
Funciones trigonométricas	60%
Funciones exponenciales	45%
Funciones logarítmicas	52%
Definición de función	47%
Dominio de una función	35%
Simplificación de expresiones polinómicas	27%
Raíces de una ecuación	25%
Imagen de funciones	23%

Fuente: elaboración propia

De la interpretación de los resultados de esta tabla surgió la necesidad de proporcionarles a los alumnos, material de estudio sobre funciones trigonométricas (seno, coseno y tangente) ya que algunos de ellos no habían visto o no recordaban dichos temas; otros simplemente habían aplicado los conocimientos de las relaciones trigonométricas a la resolución de triángulos, pero

no habían definido las funciones trigonométricas, ni estudiado su dominio ni imagen. Así se confeccionaron guías de estudio y ejercicios de interpretación de gráficos de funciones.

Además de estos materiales, se los motivó a que realizaran actividades en el aula virtual (se les volvió a habilitar el cuestionario anterior y se diseñaron nuevos cuestionarios con preguntas de complejidad creciente y la posibilidad de subida de archivos) y participaran de los foros de preguntas y respuestas moderados por los docentes.

Finalmente en la evaluación parcial de acreditación, donde se incluían preguntas de esos temas, el resultado fue satisfactorio (68% de aprobados) comparándolo con igual período y temas del tomado en el año 2014 (45%).

Encuestas: al finalizar el dictado de la materia se les realizó una encuesta sobre la utilidad de los materiales de estudio y de las actividades implementadas en el aula virtual, a la que los alumnos contestaron valorando positivamente todos los elementos adicionales que se les había brindado para lograr desarrollar los aprendizajes escasos con lo que llegaban a la etapa universitaria. Del procesamiento de estas encuestas surgen algunas consideraciones (cuantitativas y cualitativas) a tener en cuenta en la elaboración de los materiales para el año que viene:

- a) El 90 % de los alumnos cuenta con terminales informáticos (PC, notebook, Smartphone, etc) para acceder al material contenido en el aula virtual y participar de las actividades propuestas en ella.
- b) Al 89% de los alumnos les pareció útil el material de estudio y las actividades propuestas para repasar los temas que se dan por aprendidos del secundario y/o del ciclo de Introducción que se dicta en la Facultad (CINEU).
- c) Al 78 % de los alumnos le pareció apropiado el material elaborado para el estudio propuesto en el aula virtual y considera positiva su utilización.
- d) El 86% de los alumnos utilizó los materiales o las herramientas de comunicación ofrecidas por el aula virtual para aclarar alguna duda en horario fuera de las clases.
- e) El 69% de los alumnos utilizó el aula virtual para recuperar los temas dados en alguna clase a la cual no pudieron asistir.
- f) La mayoría de los alumnos solicitaron que se incluyeran los resultados de los ejercicios propuestos como una forma de controlar si al desarrollarlos, habían comprendido bien los conceptos y aplicado bien el procedimiento de resolución.
- g) Algunos alumnos sugirieron la realización de videos que contengan la explicación del profesor sobre los temas que, para ellos, son más difíciles de entender.
- h) Los alumnos valoraron positivamente la realimentación incluida en la respuesta de las preguntas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Del trabajo realizado con los alumnos durante estos años y de encuestas que se realizaron al finalizar el cursado de la materia, se advierte que en general, los estudiantes no conservan o, en muchos casos, nunca tuvieron durante su ciclo secundario, material de estudio sistemático de Matemática. Algunos de ellos tomaron notas de las clases de sus profesores; esas notas, muchas veces no están completas (por haber faltado el alumno a clase o por no copiar toda la información que le brindaba su profesor). Otros, estudiaban de guías elaboradas por sus docentes y otros de fotocopias de capítulos de libros que le facilitaban los mismos docentes.

Esta falta de una bibliografía organizada y completa, sumado a la forma en que fueron evaluados los conceptos matemáticos en donde no se tuvo en cuenta su relación con temas anteriores o su aplicación a situaciones problemáticas, hizo que la mayoría de las veces, su

aprendizaje fuera memorístico, no significativo. Esto le impide (en esta etapa de sus estudios universitarios) avanzar en la construcción del conocimiento matemático ya que, este es netamente lógico e incremental y basado en saberes previos.

Este razonamiento está basado, como dijimos anteriormente, en la teoría de los principios del aprendizaje significativo de Ausubel, que establece que un aprendizaje tiene significatividad, si permite relacionar el nuevo conocimiento con el conocimiento que ya se posee. Como señala Ausubel, estas relaciones deben ser “sustantivas y no arbitrarias”. Así que quien aprende debe darle significado a aquello que quiere aprender y esto solo es posible a partir de lo ya se conoce (así sea pobre, poco y difuso) y mediante la modificación de esquemas y estructuras pertinentes con la situación de aprendizaje (GARCIA [7]).

Nuestro trabajo está encaminado a que los estudiantes alcancen el conocimiento aplicable (aprendizaje significativo) que necesitan para seguir construyendo nuevos conocimientos en esta etapa de educación universitaria, donde deberán aplicar lo aprendido en Matemática en materias específicas de la rama de Ingeniería que hayan elegido.

Durante el año 2016 se está trabajando para extender este trabajo de significación de conocimientos en cuestionarios de autoevaluación formativa para ayudar a superar falencias en el logro de otras competencias específicas, como operaciones con fracciones, simplificación de expresiones algebraicas, raíces de ecuaciones de 2do grado, etc., que han sido detectadas por los docentes de Álgebra Lineal y de Análisis Matemático 1.

Estas tareas se desarrollan en el marco del proyecto: “**Hacia una metodología que incorpora TIC para facilitar el aprendizaje significativo de Matemática en Ingeniería**”, presentado ante la SECyT de la UNC (y que ha sido aprobado para ser desarrollado en el bienio 2016-2017) del que formamos parte los redactores de este trabajo. Es por ello que durante este año realizaremos talleres con docentes de la asignatura Introducción a la Matemática para ayudarles en la construcción de aulas virtuales para poner a su disposición estos materiales y para que ellos puedan interactuar con los alumnos de sus respectivas comisiones.

5. Referencias

- [1] Documento de CONFEDI (2014). *Competencias en Ingeniería: Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina* 1ra Edición. Universidad FASTA, Mar del Plata ebook: ISBN 978-987-1312-62-7 pdf.
- [2] CERATO, A.I.; GALLINO, M. (2013). Competencias genéricas en carreras de ingeniería. *Ciencia y Tecnología, Número 13*, pp. 83 - 94 ISSN 1850-0870.
- [3] AUSUBEL, David: “Teoría del Aprendizaje Significativo”. Consultado en: http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38902537/Aprendizaje_significativo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1466797908&Signature=9ZzcQxAsMTtFIdKck5T0X9YLe5U%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTEORIA_DEL_APRENDIZJE_SIGNIFICATIVO_TEOR.pdf
- [4] DIAZ BARRIGA, F.; HERNÁNDEZ ROJAS, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. McGraw-Hill. Interamericana de España S.L. 420 páginas. ISBN: 6071502934.
- [5] GALOPPO, J.L.; SANDIN, D.; DIAZ, L.C.: Utilización del aula virtual para favorecer aprendizajes significativos en Matemática en alumnos de 1er Año de las carreras de Ingeniería de la FCEF y N de la UNC. *II Jornadas Nacionales IV Jornadas de la UNC*

Experiencias e Investigación en Educación a Distancia y Tecnología Educativa. Córdoba, 18,19 y 20 de noviembre de 2015.

- [6] DOMINGUEZ, J.; ISALGUE, A.: Autoevaluación y autoaprendizaje mediante cuestionarios Moodle. *Acta del congreso: "Jornada Dia d'Atenea"*. 2009. Editor: Universitat Politècnica de Catalunya. Institut de Ciències de l'Educació. Consultado el 20/05/2016, en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/8692>
- [7] GARCIA, C. A.: “El Aprendizaje Significativo. Importancia de los conocimientos previos de los estudiantes”.
<https://maestrociro.wordpress.com/2010/08/22/el-aprendizaje-significativo-importancia-de-los-conocimientos-previos-de-los-estudiantes/>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE INGENIERÍA CIVIL. ESPACIO DIDÁCTICO DE ANTICIPACIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL DESDE UN ENFOQUE INNOVADOR

Alejandro R. Ruberto, Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste
(Argentina), aleruberto44@yahoo.com.ar

Marcelo J. M. Gómez, Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste
(Argentina), mgichaco@yahoo.com.ar

Claudia A. Pilar, Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste (Argentina),
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional del Nordeste (Argentina),
capilar@yahoo.com

Resumen

Se aborda al Trabajo Final de Ingeniería Civil con ópticas de dictado e integración de contenidos, metodología de enseñanza – aprendizaje, rol del docente tutor y asesor y de los alumnos.

Se basa en el Trabajo Final de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, donde se aspira “introducir al futuro profesional a condiciones en que desarrollará su actividad, estudiando un problema, poniendo de manifiesto creatividad con conocimientos y técnicas adquiridas durante la carrera, guiado por los docentes de la cátedra. Responderá a requisitos de práctica profesional e incluirá ética, economía, ambiente, seguridad e impacto social.”

Desarrolla integral e integradamente metodologías y técnicas de competencias adquiridas; contiene una secuencia novedosa de dictado de clases taller con contenidos mínimos donde se ven alcances de proyectos, características del proyectista, planificación, modelación y optimización; etapas del proyecto, condiciones del entorno.

Se enseña y elabora el Plan de trabajos del tema libremente seleccionado por los alumnos, promoviendo el trabajo en equipo.

El docente tutor está siempre presente y asesores opcionales acorde a la necesidad específica del proyecto.

Los docentes guían y controlan a cada grupo en: aspectos principales del proyecto, revisión bibliográfica, estudios de base, metodología, representaciones gráficas, necesarios para clarificar el proyecto.

Se imparten clases de exposiciones orales donde cada grupo simula con un jurado de sus propios compañeros y moderación de la cátedra, previo a la defensa final, donde cada alumno da examen oral ante un tribunal de profesores calificados en el tema en cuestión.

Palabras clave: Trabajo Final - integración de competencias - proyecto integrador.

1. Introducción

El Trabajo Final (TF) de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), se presenta como una de las tres últimas asignaturas a cursar y examinar antes de la graduación.

En esa etapa el alumno que cursa el TF tiene la primer oportunidad de hacer un trabajo de carácter integral e integrado de muchos de los contenidos dictados a lo largo de la carrera, el cual demanda un largo y distinto proceso (respecto de los demás espacios curriculares) de aprendizaje, teórico - práctico y con características intrínsecas, porque se formula de manera tal que la concatenación de los conocimientos para su desarrollo debe estar amalgamada (Corral [1]).

Los TF de Ingeniería Civil deben estar o ser intermedios entre monografía y tesis, y nunca tendrá el alcance de una tesis dado que para ésta se necesita de la resolución y conclusiones de una proposición que deberá demostrarse a través del razonamiento.

No necesariamente debe plantear una hipótesis pero sí debe quedar claro que la existencia de un problema a resolver, pudiendo prescindir de la exigencia de originalidad, aunque todo el trabajo debe estar gobernado por razonamientos lógicos que den coherencia interna al trabajo. Sólo posee similitud con una tesis en cuanto a que debe sistematizar y procesar datos y extraer conclusiones que deriven de la información.

Entonces el TF debe plantear un problema y solucionarlo, de forma de sintetizar y articular los conocimientos y conceptos adquiridos a lo largo de la carrera.

La diferencia con una tesis es conceptual puesto que esta última debe ser original, de mayor envergadura y diferente metodología que aquella. No obstante no se descarta, y se pretende, originalidad en el trabajo final, con el fin de lograr avance del conocimiento.

Por ello, para Ingenierías y ciencias tecnológicas se propone el desarrollo “del estudio de un problema en el que el alumno pondrá de manifiesto su esfuerzo personal y creatividad, aplicando conocimientos y técnicas adquiridas durante la carrera y otras que demande el tema en cuestión”.

Así el alumno deberá resolver tres planteos básicos como: a) *identificar* un problema ingenieril o de investigación (generalmente aplicada) que valga la pena abordarlo o una pregunta que aún no respondida; b) que *sea resuelto* de forma efectiva y eficaz y c) que el proceso (formulación, planteo, resolución, finalización, resultados, conclusiones) sea comunicado de forma escrita y oral.

Ello resulta adecuado, de importancia y necesario puesto que sin alguno de estos pasos el proceso sería incompleto.

Para la elección del *tema* de TF se pretende que “pertenezca a una o más áreas de la Ingeniería Civil. Puede ser un cierto nivel de estudios en un proyecto, o un trabajo de investigación básica o aplicada (o parte del mismo)” (Reglamento del TF [3]).

En este estudio se presenta el análisis de 166 casos de alumnos correspondientes a un período de 13 años (2002-2015), donde se han seguido el período de meses de duración del TF (desde el inicio hasta la defensa oral).

1.1 Alcances del Trabajo Final

La Resolución 1232/2001 [4] del Ministerio de Educación de la República Argentina, apartado II.9, anexo IV, establece los estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería, entre ella la Civil e indica que el plan de estudios debe incluir “actividades de proyecto y diseño de ingeniería, contemplando una experiencia significativa en esos campos que requiera la aplicación integrada de conceptos fundamentales de ciencias básicas, tecnologías básicas y aplicadas, economía y gerenciamiento, conocimientos relativos al impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, de síntesis y el

espíritu crítico del estudiante, despierten su vocación creativa y entrenen para el trabajo en equipo y la valoración de alternativas.”

Entonces TF se instala como práctica innovadora a partir de 2002 (no existía) y presenta contenidos diferentes de otros espacios curriculares, por lo que deben considerarse variados y diferentes aspectos en su desarrollo.

Tiene por finalidad articular los conocimientos abordados a lo largo de la carrera, mediatizado a partir de un **anteproyecto** real o simulado, de pertinencia al contexto regional y tendiente a su desarrollo sustentable desde lo técnico, económico, ambiental y social.

La metodología de trabajo se propone y realiza en equipos, dado que uno de los objetivos es promover el trabajo **grupal**, favoreciendo la capacidad de consensuar distintas miradas y concepciones y servir como práctica profesional anticipatoria (la realidad nos muestra que el trabajo del ingeniero en la actualidad se realiza fundamentalmente en equipos de trabajo).

La **autogestión** significa para el alumno identificar un problema real, definir un tema de investigación–desarrollo tendiente a la resolución del mismo, definir un plan de trabajo, búsqueda de información, sean aportes teóricos o datos empíricos, elaboración de metodología propia adecuada para el caso específico, definición de pautas y criterios, elaboración del trabajo en sí, requiere la puesta en acción de numerosas competencias directamente relacionadas con el hacer.

Resulta un cambio fundamental en la **actitud** del alumno enfrentarse a su propio proceso de formación, pasando de una actitud pasiva, que es la que tuvo en parte del trayecto de la carrera, a otra activa y proactiva en la cual debe definir intereses, modos de abordaje, orientaciones, apoyo de docentes específicos, plazos y otros.

Otro de los aspectos es que en todo momento se intentan favorecer procesos **metacognitivos**, siendo los que permiten al alumno comprender como aprende, autoregular y autoevaluar su desempeño en la asignatura en cuestión (TF) pero con una mirada retrospectiva a todo su proceso de formación.

La asignatura se centra en el abordaje de “**el proyecto**” como eje articulador y dispositivo didáctico, permite evocar los conocimientos adquiridos por los alumnos e impulsa a buscar aquellos que carece, dado que se encuentra en una “situación de carencia” y se ve rebasado por la complejidad del tema. De esta manera se propicia el conocimiento significativo (Ausubel [5]), la autoformación (Ferry [6]) y el “practicum reflexivo” (Schon [7]).

Esta metodología pone en juego las competencias para la cual fue pensada la carrera y en concomitancia con el TF que persigue la “articulación eficaz de un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI [8]).

2. Materiales y métodos

Se ponen en juego las competencias académicas del alumno, donde se persigue el desempeño adecuado en ese ámbito y “la posibilidad de realizar correctamente las tareas o actividades de aprendizajes que le sean propuestas”, integrando los “conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, requeridos para un correcto desempeño en el rol del alumno” (Mastache [9]).

Está basada en el **método del proyecto**, que promueve mayor responsabilidad del alumno sobre su propio aprendizaje, propiciando que sea el propio grupo de alumnos quien defina “el tema” en función de sus intereses y motivaciones, sean de carácter intelectual, pragmática, laboral, teniendo especial énfasis en las posibilidades de mejora del medio social y económico.

Se utilizan en el trabajo propuesto la comprensión lectora, producción de textos escritos, aplicado a la resolución del problema elegido; se potencian las competencias transversales como: adquirir autonomía en el aprendizaje, desarrollar relaciones lógicas e hilvanar conceptos adquiridos en la carrera y así lograr concatenar competencias específicas de materias básicas como físicas y químicas, tecnológicas básicas y complementarias.

Se ponen en juego habilidades en la utilización y aplicación de herramientas específicas de aplicación en ingeniería como planillas electrónicas de cálculo, diseño asistido, modelos.

Específicamente se persigue la aplicación o transferencia del conocimiento a la situación problema planteada.

Las clases taller propuestas se presentan en forma y asistencia semanal, donde los alumnos deberán demostrar consultas y avances quincenales, durante todo el año.

La redacción del TF adquiere importancia preponderante, puesto que sólo cuando un alumno se pone en situación de producir un texto de ciencias tecnológicas, es el momento de situarse en planificar el mismo, tener noción de espacio, que de un TF es esperable de 80 a 150 páginas aproximadas de producción (como orden de magnitud), poner en práctica la revisión: metodológica, de conceptos, de estructuración, de ortografía, de gramática.

Según Carlino [10]... “la educación superior necesita que los docentes también funcionemos como lectores de sus textos, lectores con quienes poner a prueba sus escritos”, por tanto será necesario en este espacio curricular re-enseñar a leer y escribir.

En la escritura propuesta, los alumnos deben decidir qué es lo más importante del proyecto y el docente explicitar alcances y qué se espera de un grupo que está aprendiendo; será necesario orientarlos y aquí el profesor de TF y el tutor deben intervenir señalando, discutiendo, reformulando lo escrito.

Esta etapa de la escritura es considerada una de las más preponderantes puesto que habrá que hilvanar conceptos adquiridos a lo largo de toda la carrera o conseguir una progresión temática de forma que “el texto vaya articulando una idea a continuación de la otra, es decir, el modo que una información nueva se relaciona con otra... (...)...cómo progresa el desarrollo del tema tratado... (...)... el encadenamiento de los conceptos que se van presentando a lo largo del texto” ([10]).

La estrategia utilizada consiste en breves clases de lectura de un texto de interés común, motivador o disparador de ideas, luego se propone la interpretación del texto leído con aplicación a TF, otras de redacción de tema libre. En éste último el docente puede tener una buena idea de cómo redactan los alumnos, capacidad de estructurar conceptos e ideas aplicadas al tema de TF.

En la próxima etapa el/los alumnos deben romper el miedo a la “hoja en blanco” que limita el comienzo a la escritura y se presenta como característico en este tipo de trabajos. Luego, y en todo el trabajo, el grupo docente seguirá monitoreando la escritura, previa lectura del docente tutor, aunque siempre bajo la mirada integradora de los docentes de la cátedra.

Para la representación de la parte gráfica de los trabajos se irán realizando croquis, planos, esquemas, a medida que surja necesidad en cada capítulo, con un ordenamiento lógico de avance, acorde a las progresiones del proyecto. Se integrará toda la parte gráfica, ordenándola en un índice que refleje una visión diríamos “semi-integral” del proyecto, puesto que el nivel de alcance del mismo (Anteproyecto) puede tener faltantes de detalle.

Luego de un cuatrimestre se integra e imprime el trabajo y se realiza una última revisión y relectura para diagnosticar algún inconveniente en el escrito con el fin de una mejora integral.

Seguidamente es necesario exponer oralmente el TF ante un tribunal examinador; para ello se dicta una clase de pequeñas “grageas” a tener en cuenta para exposiciones “tipo” de ingeniería civil; los alumnos la preparan y se acuerda en clase un simulacro de exposición ante sus propios compañeros, coordinados y moderados por los profesores. Éste recurso ha dado buenos resultados acorde a los cambios observados entre esa presentación (a modo “borrador”) y la final donde han sido incluidas muchas de las sugerencias tratadas en el aula. Algunas citables como: mejora en la dicción, dirigirse mirando al jurado, claridad en el contraste de las diapositivas, claridad en los gráficos que se presentan, minimización de tablas que resultan tediosas en su lectura, ajuste en el tiempo disponible (de 40 a 45 minutos) y otras.

1.2 Docencia y/o docentes (recursos humanos)

La estructura docente se conforma de un profesor a cargo y uno auxiliar que ofician de dictantes de contenidos mínimos, guías de desarrollos parciales, controlando los avances con periodicidad quincenal e integrando la totalidad de aplicaciones de conocimientos realizadas al proyecto.

Los docentes tutores ofician de guía, orientando la focalización del “objeto de estudio”, la problemática a abordar, hipótesis y supuestos anticipatorios, metodología y las técnicas. Su función resulta fundamental dado que debe colaborar con el abordaje de un tema desconocido por los alumnos, en una metodología que también le es ajena, favoreciendo aspectos tan diversos como la coherencia en el abordaje, creatividad, responsabilidad, entre otros tantos desafíos implícitos del TF. Debe poseer conocimientos sobre la temática a la vez que capacidad de favorecer esquemas lógicos de abordaje, capacidad de promover visiones inter y transdisciplinarias sobre los temas en desarrollo, favorecer la formación del futuro ingeniero que deberá trabajar de forma armónica con otros perfiles profesionales, aportando su visión y conocimiento, comprendiendo la multidimensionalidad de cualquier segmento de la realidad. Por lo antes dicho, el docente tutor resulta de importancia colaborativa a la cátedra puesto que su concepción se la pretende simil a un tutor de un árbol, donde el mismo es colocado al principio como guía y luego, a medida que se producen avances consistentes, es quitado para que pueda crecer solo. En nuestro caso los alumnos del grupo desarrollar solos el proyecto.

También aparece la figura de los asesores, convocados eventualmente, para aportar conocimientos específicos y también datos, teorías, bibliografía y otros que resultan necesarios para resolver la problemática en cuestión, donde el profesional es especialista en el tema.

1.3 Clases taller

El taller aparece como el dispositivo didáctico por excelencia para favorecer la articulación teoría – práctica. Como afirma Follari y Soms [11] “... con la metodología del taller se adquiere (...) la capacidad de aplicar lo aprendido, analizar situaciones alternativas donde se cumplen o no los principios conocidos, sintetizar lo que tienen en común situaciones analizadas y especialmente evaluar los resultados e incluso de autoevaluarse en función de la tarea cumplida. El estudiante, a través del trabajo de taller, debe llegar a conocer la terminología propia de su área y comprender (interpretar) lo aprendido para poder abordar otros problemas. Esta capacidad deductiva, que permite incursionar en situaciones que no han sido previamente explicadas es lo que comúnmente se llama inferencia, elemento imprescindible para lograr aprendizajes significativos”.

En definitiva la clase Taller favorece la “formación de alternancia” (Ferry [6]), que es aquella que le permite al alumno ver y enfrentarse con la realidad del medio profesional donde él mismo representa y se representa el rol y las circunstancias que va a tener en la profesión, y luego se vuelve a la actividad académica.

En la clase el conocimiento es propio del alumno y el rol que desempeña el docente es de coordinar y observar (Bongarrá [12]), donde “el educador es un líder que vivencia una situación de aprendizaje y junto con el alumno ambos están abiertos a escuchar, a recibir, a incorporar”.

El trabajo en el aula taller es posible dividirlo en etapas: 1) una primera donde el/los alumnos seleccionan el tema y formulan el plan de trabajo, en este describe la concepción del proyecto con su propuesta de acciones y la formulación por escrito de lo planificado, dimensionándolo en contenidos y tiempo; 2) una segunda instancia donde se realiza la búsqueda de datos, antecedentes, información y revisión bibliográfica concerniente al tema en cuestión; 3) seguidamente comienza la resolución del trabajo en cuanto al planteo de la solución óptima, diseño, cálculo de las estructuras propuestas, dimensionado; 4) integración de la totalidad del trabajo en forma escrita y gráfica y 5) preparación y exposición oral en clase a modo de ensayo.

En este tipo de clases, el trabajo individual y grupal se complementan, se cometen errores, se generan dudas y trabajando en grupos es posible el intercambio de palabras, opiniones y conocimiento entre pares de alumnos, docente-alumno y entre tutores y asesores.

En este espacio se expone los distintos aspectos a considerar y tener en cuenta en la formulación y resolución del trabajo elegido como TF.

1.4 Elección del tema y elaboración del Plan de Trabajos

Para la elección del tema a abordar siempre se sugiere libre elección por parte del grupo de alumnos, puesto que un trabajo escogido por ellos mismos conlleva la motivación adicional de afrontar un desafío autopropuesto, a lo que los docentes de TF deben estimular y alentar.

No obstante la cátedra posee un listado de temas generales con alcances de las incumbencias del título de ingeniero civil a proponer o sugerir, de ser necesario.

Con el tema elegido, dictada la clase de cómo elaborar un plan de trabajos, los alumnos se enfrentan a su primer desafío escrito cual es elaborar el mismo; allí deberán plasmar el tema en un título representativo, corto y conciso. Ver antecedentes para introducirse al tema, plantear los objetivos perseguidos con claridad en el alcance final del trabajo a fin de que no quepan dudas, escudriñar en metodologías posibles de aplicar a ese proyecto, plantear resultados esperables (en ciencias tecnológicas en general dimensionamiento de estructuras y demás) y confeccionar un cronograma de tareas versus tiempo estimado.

Todo esto último con el fin de obtener una primera idea y aclarar alcances y su distribución temporal.

1.5 Alcances y contenidos mínimos del Trabajo Final

Para el TF de ingeniería civil de la Universidad Nacional del Nordeste se han destinado 300 horas totales en un cuatrimestre de 15 semanas. No obstante y como TF se presenta como una asignatura totalmente diferente de cualquier otra de la misma carrera, las consultas de avances y correcciones se realizan durante todo el año calendario con docentes de dedicación exclusiva.

De esas 300 horas, entre 30 y 45 son destinadas a breves clases de teoría, donde se dictan contenidos como alcances de un estudio de prefactibilidad técnico-económica, factibilidad, anteproyecto, proyecto y proyecto ejecutivo, entre otros.

También breves sugerencias de redacción, abreviaturas, de cómo exponer un TF, del alcance y diferencias del TF respecto de una monografía y de una tesis.

Respecto a los contenidos mínimos del mismo se pretende que el TF posea un nivel de Anteproyecto, esto es claridad en el alcance y definiciones concretas, aunque existan indefiniciones de detalle atribuibles a un proyecto completo.

También que posea planos y representaciones gráficas que den una idea acabada e integrada del anteproyecto en estudio, sin mayores detalles, son propios de un proyecto o proyecto ejecutivo.

1.6 Instancias de evaluación (parciales y final)

Durante el cursado se realizan evaluaciones parciales de tipo diagnóstica, formativa y sumativa.

La evaluación diagnóstica se lleva a cabo en las primeras clases en la que se presenta la propuesta curricular y se establece el **contrato didáctico** entre alumnos y el cuerpo docente en cuanto a las modalidades establecidas para llevar adelante el desafío propuesto por la asignatura. En esta fase se realiza una evaluación que si bien aborda contenidos conceptuales se centra principalmente en los **metodológicos** y **actitudinales** que el alumno ha desarrollado durante todo el cursado de la carrera. Esta evaluación se trata tanto de los alumnos en forma individual (avizorando perfiles de desempeño y áreas a fortalecer de cada alumno) y grupalmente, lo que permite establecer una agenda de temas comunes a desarrollar.

La evaluación **formativa** se desarrolla de forma permanente con correcciones sucesivas del TF en sus distintas instancias (plan, primera entrega, segunda, simulación de exposición pública). Aquí se puede evaluar la capacidad de análisis y diagnóstico, habilidad para manejar volúmenes de información y poder articularla en un corpus que le permita el abordaje del caso de estudio, así como la originalidad de enfoque propuesto sobre el tema.

La evaluación **sumativa** se concreta con la instancia de presentación del TF en formato impreso y su defensa oral. En esta instancia se evalúa la capacidad de síntesis y las posibilidades de comunicación del alumno que se encuentra realmente próximo a ser un graduado.

3. Resultados y discusión

Se realizó un estudio sobre datos referentes a alumnos que han iniciado y completado el TF en la carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, analizando un registro con una extensión de trece años: de agosto de 2002 a agosto de 2015, de los cuales fue posible extraer datos de 166 alumnos, universo con el cual se trabajó.

Los resultados fueron desagregados en dos grupos: el primero que abarca el período 2002-2010 y el segundo el 2011-2015 en el cual se aplicó la metodología descrita.

En el correspondiente a 2002-2010 se analizaron 65 alumnos que iniciaron el TF y lo concretaron, siendo que el plazo promedio que les demandó la actividad fue de 9,6 meses.

Para el grupo que comprende el período 2011-2015, etapa donde se implementaron las clases taller y toda la modalidad propuesta, se analizaron 101 alumnos que iniciaron el TF y también lo concretaron, el plazo promedio que les demandó fue de 6,7 meses.

4. Conclusiones y recomendaciones

Antes de finalizar el artículo, se indicarán, de ser posible las conclusiones del mismo y, eventualmente, las recomendaciones que los autores pudieran hacer como orientación de futuros trabajos sobre la temática desarrollada.

Como valor agregado, la concreción del TF evidencia otros resultados de aprendizaje, como autonomía del alumno, desarrollo de su creatividad y capacidad de análisis, perfeccionando sus habilidades comunicativas, de expresión oral y escrita, entre otras que permiten presentar y exponer su tema con claridad y entendimiento en los receptores.

Muestra de forma integral e integrada los contenidos recibidos en su formación como ingeniero y el dominio de las incumbencias profesionales que otorga el título de Ingeniero Civil.

La experiencia de TF ayuda al alumno a valorarse por sí mismo, reconoce y comprende la importancia de realizarlo, a la vez permite ampliar muchos conceptos anteriormente estudiados.

Al tener alcance de Anteproyecto resulta interesante el trabajo concluido puesto que el mismo (que podría tener alguna etapa inconclusa o poco desarrollada) permitirá abrir nuevos espacios de resolución a próximos alumnos que pretendan seguir ampliando ese trabajo o aplicarlo a otros.

Las clases taller fundamentan las ventajas que aportan en la formación del conocimiento del futuro graduado, altamente calificado y responsable que requiere el país, particularmente potencia la formación de trabajo en grupo, necesaria y exigible en la profesión.

La formación y práctica oral en TF colabora para que el futuro graduando practique y mejore su vocabulario y dicción.

La importancia de TF en la formación del ingeniero resulta una práctica profesional anticipatoria. Puede ser considerado un espacio de alternancia en donde se realizan actividades análogas con la realidad, ayudados por la contención y guía que brinda el espacio académico y con la posibilidad de ensayar distintas estrategias, en un medio de práctica, sin consecuencias inmediatas.

Muchos de los trabajos se encuentran preparados para competir en concursos de proyectos innovadores, con aplicación social y ambiental, estímulo dado año a año en la asignatura.

Como algunos temas pueden ser o fueron relativos al inicio a la investigación, la concreción del TF ha servido de “provocación” a la continuidad de estudio de posgrado, situación la cual se promueve en aula.

Propicia la reflexión, la discusión, argumentación y visión holística del estudiante que aplica los conocimientos adquiridos en todo su trayecto de formación en un trabajo grupal, que además favorece la interacción entre distintas posturas y perspectivas.

Considerando su vinculación con los problemas reales de la región, significa un aporte de posibles soluciones, sea de forma directa o a través de la formación de un profesional comprometido con la modificación del medio en el que se inserta.

Es posible observar que el promedio de elaborar el TF ha disminuido de 9,6 a 6,7 meses: casi 3 meses menos y bastante más acorde a lo formulado en el Plan de Estudios de Ingeniería Civil de la UNNE, previsto realizarlo en un cuatrimestre.

Como afirma Paulo Freire, “la educación no cambia el mundo, cambia las personas que van a cambiar el mundo”. Desde esta postura el profesional de la ingeniería tiene mucho por aportar y el TF intenta ser un espacio que fomente un espíritu crítico, con la mayor rigurosidad técnica posible, pero intentando abordar a la realidad como multirreferenciada y condicionada por la dimensión política, económica, cultural, ambiental, productiva y social.

5. Referencias

- [1] Corral, N; Benítez, A. (2012). *“Curso-taller de tutorías, dirección y evaluación de trabajos finales de grado”*. Programa de Formación Docente Continua, Secretaría General Académica, Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco.
- [2] RAE. (2012). Diccionario de la Real Academia Española. www.rae.es.
- [3] Reglamento de Trabajo Final de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Nordeste. (2001). Resolución n° 116/01 del Consejo Directivo – FI-UNNE.

- [4] Resolución del Ministerio de Educación n° 1.232. (2001). <http://infoleg.gov.ar/infoleginternet/anexos/85000-89999/88162/norma.htm>.
- [5] Ausubel, (2). *“Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva”*. Ed. Paidós Ibérica. Barcelona, España. 325 pág.
- [6] Ferry, G. (1997). *“Pedagogía de la Formación”*. Colección Formación de Formadores. Serie Los Documentos, Vol. 6. Facultad de Filosofía y Letras y Ediciones Novedades Educativas. Buenos Aires.
- [7] Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Paidós. Barcelona – Buenos Aires - México.
- [8] CONFEDI. (2007). *“Taller sobre competencias en Ingeniería”*. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- [9] Mastache, A. (2007). *“Formar personas competentes. Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales”*. Ed. Novoeduc. Buenos Aires.
- [10] Carlino, P. (2012). *“Escribir, leer y aprender en la Universidad: una introducción a la alfabetización académica”*. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires.
- [11] Follari, R. y Soms, E. (1994). *La práctica y la formación profesional*. Bs. As. Humanitas.
- [12] Bongarrá, C. (2010). *El aula-taller como estrategia de enseñanza. Jornadas de Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*. Año XI Vol. 14 ISSN 1668-1673. Universidad de Palermo. – Buenos Aires - Argentina.



ESTILOS DE aprendizaje en alumnos de INGENIERÍA EN AGRIMENSURA DEL PRIMER AÑO DE LA UNCa.

Patricia del Carmen Alzabé, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCa.,
patricia.alzabe@hotmail.com

María Cristina Díaz, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas- UNCa.,
mcd.ing.agr@gmail.com

Fernando José Coronel, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCa.,
ingfernandocoronel@gmail.com

Federico Ramayo, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas- UNCa.,
flaco-fede@hotmail.com

Resumen— Este trabajo está inserto en el proyecto de investigación 2014-2017, “Estudio del rendimiento académico en alumnos de primer año de las ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Análisis de factores asociados”. Constituye una investigación cuantitativa que indaga los estilos de aprendizaje de los alumnos ingresantes al primer año, Cohortes 2015 y 2016, de la carrera de Ingeniería en Agrimensura de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCA. Este indicador denota cómo el alumno percibe, interacciona y responde en el aprendizaje. Se aplicó el Cuestionario de Honey – Alonso: C.H.A.E.A.; se ingresaron en planillas de cálculo excel para generar bases de datos, procesar y obtener resultados grupales que permitan la comparación entre cohortes. Del análisis de las tendencias generales en cada grupo surge que, existen similitudes entre ellos, no obstante ello se diferencian en los grados de preferencia. El conocimiento de los estilos de aprendizaje predominantes permite a los docentes de primer año, recrear los procesos de enseñanza aprendizaje, promoviendo la retención de alumnos y la evolución en los niveles de calidad educativa. Los resultados individuales, en conocimiento de los alumnos a través del aula virtual contribuyen a su autoconocimiento y a promover sus potencialidades.

Palabras clave - estilos de aprendizaje, encuesta CHAEA, ingresantes a ingeniería, enseñanza.

1. Introducción

El presente trabajo surge del proyecto de investigación 2014-2017, “Estudio del rendimiento académico en alumnos de primer año de las ingenierías de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Análisis de factores asociados”. Desde los primeros resultados en este proyecto, se observa el bajo rendimiento académico en los estudiantes de las ingenierías de la UNCA que genera repetición y el abandono de la carrera en el primer año.

Según Ahumada et al. [1] conforme al Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016, en nuestra Facultad se pretende alcanzar “la mejora de indicadores académicos, teniendo entre sus metas incrementar el número de graduados en un 50% en 2016 y en un 100% hacia el año 2021”; en virtud de observarse índices de desgranamiento en las cohortes

2005-2012, que se consideran alarmantes: “el 40% de los ingresantes no se reinscriben al año siguiente para continuar sus estudios” .

La problemática del abandono, la repetición y el bajo rendimiento en ingresantes en universidades, del viejo y del nuevo mundo, ha sido objeto de diversos estudios que la atribuyen a diversas causas, abriéndose así un amplio campo de investigación.

El marco general del proyecto se basa en lineamientos planteados en el año 2008 por Martha Artunduaga Murillo [2], para quien existen dos grandes grupos de factores que influyen en el rendimiento académico: los contextuales y los personales. Los factores contextuales incluyen variables tales como: socio-culturales, institucionales y pedagógicas; los factores personales contienen las variables cognoscitivas, actitudinales y socio-demográficas, como puede observarse en laFig.1.

Entre las variables cognoscitivas propone analizar las aptitudes intelectuales, el rendimiento académico previo, las capacidades y habilidades básicas, la motivación y los estilos cognitivos.

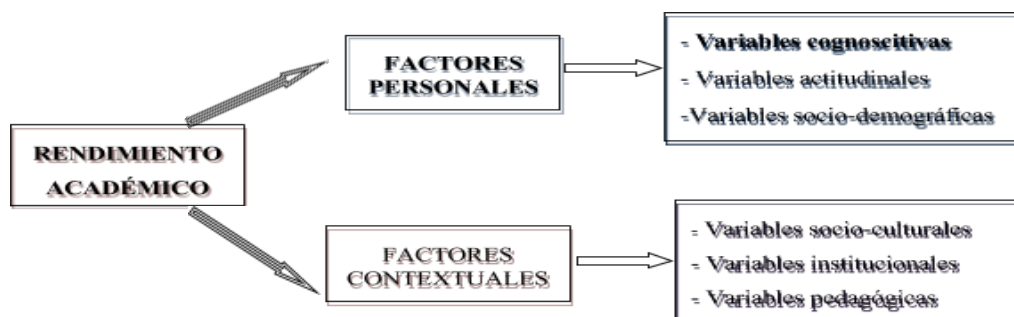


Figura 1. Factores asociados al Rendimiento Académico

Fuente: Martha Artunduaga Murillo (2008)

Lozano (2000) [3], establece que los estilos cognitivos se refieren a patrones inconscientes y automáticos a través de los cuales las personas adquieren el conocimiento, la tendencia natural para realizar una acción de una manera y no de otra, no reflejando su variación niveles de inteligencia, sino simplemente inclinaciones en las actividades de aprendizaje. El alumno por lo tanto manifiesta tendencias que el docente debiera descubrir a efectos de atender las diferencias.

José Sánchez [4] señala que los estilos cognitivos se refieren a la forma en que se percibe, recuerda y piensa, o se descubre, almacena, transforma y utiliza la información; reflejando patrones en el procesamiento de la misma que son componentes de la personalidad. Son conjuntos de rasgos estables intelectuales, afectivos y emocionales mediante los que una persona interactúa en un ambiente de aprendizaje, integrados por habilidades cognitivas y metacognitivas.

Esto nos demuestra que las personas somos diferentes, encaramos las situaciones de maneras diferentes y por ende las formas de aprender también lo son. Por ello ha sido necesario analizar las disparidades, definir las similitudes y realizar un agrupamiento según las características, lo que ha llevado a lograr definir los estilos de aprendizaje.

En este trabajo, dentro de las variables cognoscitivas, se estudian los estilos de aprendizaje. Keefe ya en el año 1988 definía: “Los estilos de aprendizaje son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores, relativamente estables, de cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje” [5]. Esto nos

indica que debe realizarse una observación no dirigida al etiquetamiento, sino a servir como guía. Rodríguez Carracedo et al. [6] sostienen que esos rasgos son modificables y que diagnosticar el perfil y hacerlo consciente sería la forma científica de aportar ayuda didáctica apropiada para avanzar en la construcción del aprendizaje.

David Kolb (1984), sostiene que el aprendizaje es cíclico y se realiza en cuatro etapas: Experiencia- Reflexión- Hipótesis- Aplicación, Alonso considera que el aprendizaje no abarca tan solo un conjunto de procesos que se desarrollan en la mente humana, sino un conjunto de habilidades que pueden modificarse y mejorarse. Esto implica que hay diferentes elecciones en las formas de aprender o preferencias en los estilos de aprendizaje, que funcionan como indicadores de cómo cada persona percibe, se interrelaciona y responde a un ambiente (Alonso, Gallego y Honey). Para Honey y Mumford hay cuatro estilos de aprendizaje: activo, reflexivo, teórico y pragmático, los que fueron estudiados por Alonso, Gallego y Honey, que determinaron las características que determinan el campo de destrezas de cada estilo. [5]

Tabla 1. Características de los Estilos de Aprendizaje

ESTILO	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS				
Activo	Animador	Improvisador	Descubridor	Arriesgado	Espontáneo
Reflexivo	Ponderado	Concienzudo	Receptor	Analítico	Exhaustivo
Teórico	Metódico	Lógico	Objetivo	Crítico	Estructurado
Pragmático	Experimentador	Práctico	Directo	Eficaz	Realista

Fuente: Alonso, Gallego y Honey (2005)

Estas características son las principales de cada estilo, siendo más profunda la visión cuando se consideran otras que definen cada uno y que han sido estudiadas al definirlos. [5]

Estilo activo: creativo, novedoso, aventurero, renovador, inventor, vital, vividor de la experiencia, generador de ideas, lanzado, protagonista, innovador, conversador, líder, voluntarioso, divertido, participativo, competitivo, deseoso de aprender, solucionador de problemas y cambiante;

Estilo reflexivo: observador, recopilador, paciente, cuidadoso, detallista, elaborador de argumentos, previsor de alternativas, estudioso de comportamientos, registrador de datos, investigador, asimilador, escritor de informes y/o declaraciones, lento, distante, prudente, inquisidor y sondeador,

Estilo Teórico: disciplinado, planificado, sistemático, ordenado, sintético, razonador, pensador, relacionador, perfeccionista, generalizador, buscador de hipótesis, de teorías, de modelos, de preguntas, de supuestos subyacentes, de conceptos de finalidad clara, de racionalidad, de “por qué”, de sistemas de valores, de criterios, inventor de procedimientos para y explorador y en el

Estilo Pragmático: técnico, útil, rápido, decidido, planificador, positivo, concreto, objetivo, claro, seguro de sí, organizador, actual, solucionador de problemas, aplicador de lo aprendido y planificador de acciones.

El aprendizaje es un ciclo que se inicia con la búsqueda y recolección de datos, para lo cual se necesita contar con las características del estilo activo; luego se deben analizar utilizando el estilo reflexivo; se llega a la construcción de conceptos, con el estilo teórico y finalmente con estilo pragmático se logrará aplicar lo antes obtenido en la solución de problemas.

“La hipótesis de Kolb indica que mientras más estilos de aprendizaje conoce y domina el alumno mayor es también el aprendizaje retenido. En concreto señala que si el alumno solamente maneja un estilo de aprendizaje, el aprendizaje retenido se sitúa en torno al 20%, mientras que si se dominan los cuatro estilos ese porcentaje se eleva hasta el 90% (Contreras y Lozano, 2012). Así, lo ideal sería que todo el mundo sea capaz de experimentar, reflexionar, elaborar hipótesis y aplicarlas, es decir, que todos los estilos del ciclo de aprendizaje estuvieran repartidos de forma equilibrada y con cierta intensidad (Honey y Munford, 1986). Sin embargo, los individuos mostramos capacidades desiguales ante el proceso de aprendizaje y, por ende, tenemos más desarrollados unos estilos que otros. Por ello los estudiantes aprenden mejor cuando se les proporciona situaciones de aprendizaje conforme a su estilo de aprendizaje preferente o cuando se combinan varios estilos de manera complementaria”. [5]

Honey y Munford desarrollaron un cuestionario para el ámbito empresarial: LSQ (Learning Styles Questionnaire) dirigido a averiguar por qué en una situación en que dos personas comparten texto y contexto, una aprende y otra no. Catalina Alonso en el año 1992 lo adaptó al ámbito académico y al habla hispana, realizando su validación con la aplicación sobre una muestra de estudiantes de diversas facultades. Surge así el Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje- CHAEA, que se considera apropiado para aplicar en una investigación por su sustento conceptual, su grado de prueba generada por su aplicación en variadas investigaciones en países de habla española y su libre acceso a través de internet, como así también las permanentes revisiones por parte de la autora.(Alonso y Gallego). [5]

La encuesta consta de 80 ítems, balanceados de tal forma que a cada estilo le corresponden 20 y es de carácter dicotómico (“estoy de acuerdo (+)”; “no estoy de acuerdo (-)”). A través de la aplicación del Baremo General Abreviado propuesto por C. Alonso, se caracteriza cada estilo por preferencias, y se interpreta el significado de las puntuaciones. Al analizar grupos, la baremación de los resultados adquiere un carácter relativo, ya que el resultado de cada sujeto se plantea en función del resto.

Tabla 2.Baremo General Abreviado de Preferencias

Estilo	PREFERENCIA				
	Muy Baja 10%	Baja 20%	Moderada 40%	Alta 20%	Muy Alta 10%
Activo	0 - 6	7 - 8	9 - 12	13 - 14	15 - 20
Reflexivo	0 - 10	11 - 13	14 - 17	18 - 19	20
Teórico	0 - 6	7 - 9	10 - 13	14 - 15	16 - 20
Pragmático	0 - 8	9 - 10	11 - 13	14 - 15	16 - 20

Fuente: Alonso, Gallego y Honey (2005)

Para lograr el conocimiento de los estilos de aprendizaje, como indicadores personales y de tendencias grupales se aplicó la Encuesta CHAEA a las cohortes 2015 y 2016 de alumnos de primer año de las Ingenierías de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, presentando aquí los resultados de carácter grupal y los respectivos análisis en ingesantes a Ingeniería de Agrimensura.

Plantear esta encuesta al inicio de los ciclos educativos permite un aprovechamiento de resultados en beneficio de alumnos y profesores. Al hacer una devolución de puntuaciones obtenidas a los alumnos con la interpretación en términos de tendencias y de estilos que

III Congreso Argentino de Ingeniería– IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

necesita desarrollar, se está contribuyendo al autoconocimiento y se procura generar que asuma mejoras en forma particular, para encaminar a un mejor rendimiento académico.

Por otra parte, al poner estos resultados en manos del docente, se le permite contar con información con la que puede realizar diversos análisis estadísticos para observar mejor las características del grupo en general, visualizar las capacidades de los alumnos y conocer cuáles son los estilos que presentan más y menos desarrollados.

Alonso, Gallego y Honey [5] ya sostenían que la igualdad de oportunidades educativas para los alumnos no pasa por tener el mismo libro, el mismo horario, desarrollar idénticas actividades y exámenes. Debe pensarse que el estilo de enseñar preferido por el profesor puede significar un favoritismo inconsciente para los alumnos con el mismo estilo de aprendizaje, el mismo sistema de pensamiento y cualidades mentales. Por ello investigar más sobre los estilos de aprendizaje es importante tanto para el estudiante como para el que ha asumido la tarea de enseñar, ya que ambos se encuentran conectados a tal punto que quien enseña no deja de ser aprendiz y ningún aprendiz deja de ser un enseñante en potencia.

El estudio de los estilos de aprendizaje permite que el docente pueda reexaminar las estrategias didácticas y pedagógicas para cada grupo de alumnos, definir qué hacer para enriquecer su enseñanza, seleccionar nuevas propuestas que van desde la presentación de material, motivación y análisis, hasta la construcción de conceptos y conclusiones, potenciando así los diversos estilos de aprendizaje.

Gallego et al. (2007) [7] sostienen que sería importante que la intervención didáctica se realizara en función del estilo personal de aprendizaje, debiendo en la medida de lo posible adaptarse las estrategias didácticas a cada situación, persona y equipos de trabajo colaborativo en el aula; por ende el profesor deberá reflexionar sobre su práctica profesional, probables estereotipos y formas únicas de presentar las propuestas de aprendizaje, reconocer particularidades y potencialidades individuales y grupales para poder reformular la tarea aprovechando lo mejor de cada uno y de su combinación para el intercambio activo donde todos aprendan de todos y participando con el otro.

En [www.slideboom.com/.../estilos de aprendizaje-CHAEA](http://www.slideboom.com/.../estilos_de_aprendizaje-CHAEA) y como se observa en la Figura 2, se señala la relación más favorable entre estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje, clasificando los estilos de enseñanza en visuales, auditivos, lectores y kinestésicos, mostrando que es necesario utilizar diferentes recursos según las características de los estilos de aprendizaje.

El profesor necesita ajustar la ayuda a suministrar, seleccionando estrategias de enseñanza que conecten, movilicen y activen los estilos de aprendizaje previos, ayudando a su reestructuración, debiendo la intensidad ser tal que no paralice por temor o por falta de significados que no permitan realizar asociaciones y que a la vez, provoque desafíos y cuestione los saberes adquiridos; o sea, tender a un esfuerzo de comprensión y actuación, lo que constituye la facilitación pedagógica: un ajuste a través de retos abordables, donde se combinan las habilidades y los apoyos, que genera autonomía, siendo el soporte algo que debe desaparecer progresivamente, al modificarse los esquemas de conocimiento de manera profunda y permanente. Esto generará una retroalimentación en el soporte intelectual y emocional en el estudiante que permitirá optimizar su estilo de aprendizaje preferido y enriquecerlo con la incorporación de acciones y comportamientos característicos de los otros estilos combinados.

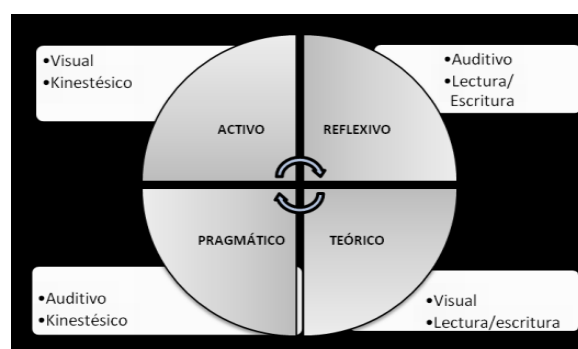


Figura 2. Relación estilos de aprendizaje y estilos de enseñanza

Fuente: Elaboración propia en base a presentación de Delgadillo Castillo R et al en [www.slideboom.com/.../ estilos de aprendizaje-CHAEA](http://www.slideboom.com/.../estilos-de-aprendizaje-CHAEA)

Tomando en consideración estas premisas el docente puede utilizar los recursos que les sean más sencillos de interpretar, promoviendo aquellos en los cuales presentan dificultades o es necesario elevar su adaptación; efectuar la adaptación de estos estilos de enseñanza en clases teóricas a los de aprendizaje predominantes en el grupo y proponer prácticas más personalizadas que propendan a un mejor aprovechamiento del potencial de cada alumno.

Tabla 3. Estilos de Enseñanza y recursos a utilizar

Estilo de Enseñanza	Recursos utilizados en explicaciones
VISUAL	Ilustraciones, diagramas, cuadros sinópticos, flechas, mapas conceptuales y caricaturas.
AUDITIVOS	Usan la voz Promueven la discusión en la clase
LECTORES ESCRITORES	Uso de textos escritos
KINESTÉSICO	Ejemplos de la vida real. Promueven juegos

Fuente: Elaboración propia en base a presentación de Delgadillo Castillo R et al en [www.slideboom.com/.../ estilos de aprendizaje-CHAEA](http://www.slideboom.com/.../estilos-de-aprendizaje-CHAEA)

2. Materiales y Métodos:

Diseño: La investigación se enmarca dentro de un modelo cuantitativo, con un diseño de tipo descriptivo, comparativo, no experimental.

Población: La población estudiada está compuesta por dos grupos de primer año de ingeniería en agrimensura de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA). El primero grupo, compuesto por el 40% de los alumnos ingresantes de la cohorte 2015 y el segundo grupo, compuesto por el 60% de los ingresantes en 2016.

Instrumentos: El instrumento de recopilación de datos es el Cuestionario Honey-Alonso sobre Estilos de Aprendizaje (CHAEA), diseñado para determinar los estilos de aprendizaje. El cuestionario CHAEA contiene 80 ítems, 20 por cada uno de los cuatro estilos identificados

(activo, reflexivo, pragmático y teórico). La aplicación del cuestionario nos proporciona la puntuación del alumno en cada uno de los estilos en el rango 0-20.

Procedimiento: En primer lugar se aplicó el cuestionario CHAEA que se distribuyó en formulario transcrito en papel, en horas de clase en el primer cuatrimestre de cada año. Los cuestionarios se completaron de manera voluntaria, con identificación de apellido, nombre, género y matrícula universitaria a fin de poder efectuar una devolución de resultados a los alumnos y conformar, además, una base de datos con la que se podrá luego complementar otras etapas del proyecto en el que está inserto este trabajo. Cabe destacar que los datos fueron tratados de acuerdo a principios éticos que impone el trabajo científico. Luego se obtuvieron las puntuaciones de cada alumno a través de la aplicación que recoge la web ww2.educarchile.cl/.../P0001%5CFile%5CCuestionario%20CHAEA1.pdf

Análisis de datos: Para realizar el análisis y tratamiento de los datos recopilados, se ingresaron estos en planillas de Excel 2010, donde se indicaron los puntajes de cada alumno proveniente de los cuestionarios. Se confeccionaron tablas donde se indicaron los alumnos que se califican en cada preferencia según Baremo, que se derivaron en tablas porcentuales. Para el desarrollo del estudio nos detenemos inicialmente en la estadística descriptiva (media y desviación típica) de las variables analizadas. Con ese punto de partida analizamos si la puntuación obtenida en los diferentes estilos de aprendizaje resulta diferente por cohorte y por género.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos, plasmados en tablas y gráficos, permiten analizar las preferencias en cada estilo de aprendizaje para las cohortes 2015 y 2016 de los alumnos ingresantes a la carrera Ingeniería en Agrimensura.

La estadística descriptiva de los estilos de aprendizaje se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4. Valores medios y desviación estándar de puntajes en cada estilo de aprendizaje

		Estilos de Aprendizaje			
		Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
Cohorte	2015 Media	12,14	15,64	13,71	13,21
	Desvio	3,30	2,56	2,76	2,08
	2016 Media	11,00	15,14	13,34	13,14
	Desvio	2,82	2,43	2,54	2,42

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CHAEA 2015-2016

Los datos de la Tabla 4, del conjunto de los alumnos de ambas cohortes, muestran que el valor medio de todos los estilos supera los 10 puntos lo que significa que tienen un buen desarrollo en los distintos estilos de aprendizaje, con predominio del estilo reflexivo y con menor valor en el estilo activo, en ambas cohortes. Deducimos entonces que los alumnos manifiestan un desarrollo adecuado del proceso de aprendizaje en su conjunto

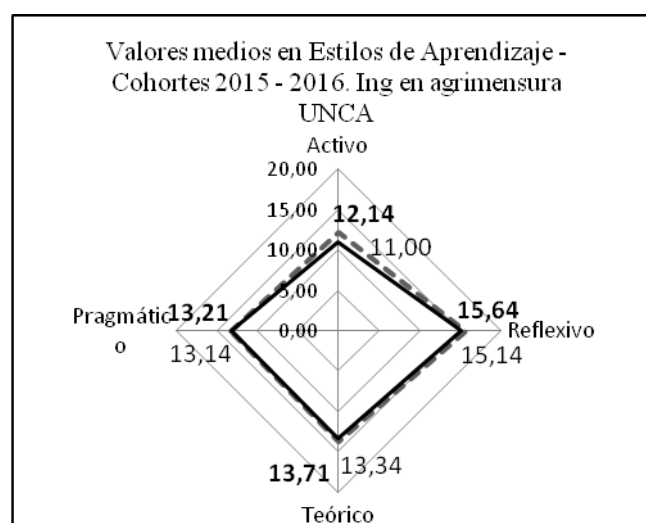


Figura 3. Valores medios de Estilos de Aprendizaje. 2015-2016
Fuente: elaboración propia, en base a Tabla 4

En la Fig.3 se visualiza cuan similares son los perfiles de ambas cohortes en cuanto a los estilos de aprendizaje, pudiendo solo destacarse el estilo activo de 2015, levemente superior al de 2016.

Tabla 5. Estilos de Aprendizaje según porcentajes de preferencia. Cohorte 2015

Ing. Agrimensura 2015 ESTILO de APRENDIZAJE	PREFERENCIA (%)				
	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Activo	0,00	0,07	0,50	0,14	0,29
Reflexivo	0,07	0,07	0,71	0,14	0,00
Teórico	0,00	0,00	0,50	0,21	0,29
Pragmático	0,00	0,07	0,36	0,50	0,07

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CHAEA 2015-2016

La Tabla 5, compara los grados de preferencia de los cuatro estilos en la cohorte 2015, y nos muestra que existe una concentración del 50% o más en la preferencia moderada en los estilos reflexivo, activo, y teórico, mientras el estilo pragmático sobresale con una alta preferencia (50%). Se comprende también, que los alumnos presentan mayor similitud en el desarrollo de los estilos activo y teórico siendo más teóricos (no cuenta con preferencias bajas ni muy bajas) que activos (con 7% en preferencia baja) ya que, además es mayor la suma de altas y muy altas; mientras el estilo reflexivo, con un 71% moderado, requerirá mayor trabajo.

Realizando idéntico análisis en la cohorte 2016, puede observarse que también existe una concentración en el grado moderado en todos los estilos, siendo más marcado en los estilos reflexivo y pragmático pues superan el 50%. También puede verse que los estilos pragmático y teórico muestran mayor desarrollo, pues se destaca la concentración del 90% o mas entre moderada, alta y muy alta; el estilo activo es el siguiente en el nivel de desarrollo y el reflexivo el que requiere más trabajo para su promoción.

Estas apreciaciones continúan mostrando la existencia de similitudes en las cohortes analizadas, pero ya demuestran diferencias.

Ing. Agrimensura 2016 ESTILO de APRENDIZAJE	PREFERENCIA (%)				
	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Activo	0,10	0,07	0,41	0,34	0,07
Reflexivo	0,00	0,24	0,59	0,17	0,00
Teórico	0,00	0,07	0,48	0,28	0,17
Pragmático	0,07	0,03	0,55	0,14	0,21

Tabla 6. Estilos de Aprendizaje según porcentajes de preferencia. Cohorte 2016

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta CHAEA 2015-2016

Se consideró importante analizar también las diferencias que presentan ambas cohortes en cada uno de los estilos.

De la Figura 4 se deduce que en ambas cohortes el mayor porcentaje está en la preferencia moderada, en 2015 mas concentrada que en 2016 (50% vs 41%). En la preferencia muy alta es mayor en 2015, mientras en la alta el 2016 duplica al año anterior. En el otro extremo existe una tendencia hacia baja y muy baja en 2016 mientras 2015 no contiene preferencias muy baja

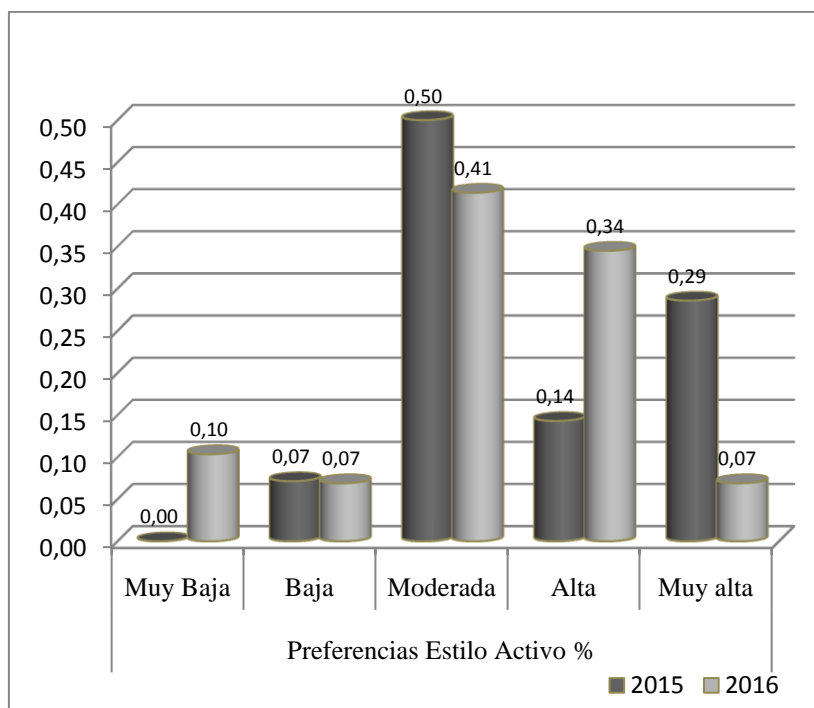


Figura 4. Preferencias en el estilo activo en alumnos de 1° año. Cohorte 2015-2016

Fuente: elaboración propia, en base a Tabla 5 y 6

En cuanto la comparación en el estilo reflexivo, Fig 5, la cohorte 2015 tiene una mayor preferencia moderada que la 2016 (71% vs 59%); ninguna de las dos cuenta con preferencias muy alta; se observa que la suma de moderada y alta (85%) en 2015 es mayor que en el otro grupo que es de 76%. No obstante lo apuntado, la cohorte 2015 presenta preferencia muy bajas (7%) lo que no ocurre en 2016, siendo la baja de 2016 mayor del triple que la del 2015. Se puede realizar varias interpretaciones por las dispersiones y diferencias, presentando la

cohorte 2016 una concentración en la zona central del 100%, no obstante 2015 se destaca en la concentración en moderada y alta.

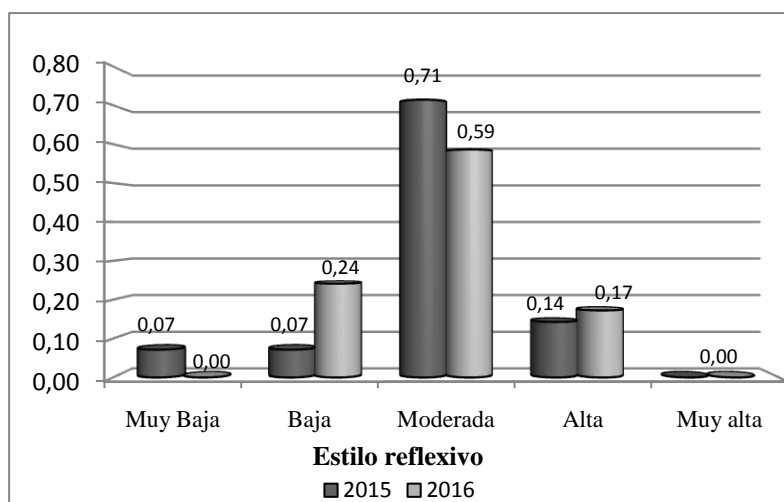


Figura 5. Preferencias en el estilo reflexivo en alumnos de 1º año. Cohorte 2015-2016

Fuente: elaboración propia, en base a Tabla 5 y 6

El análisis de preferencias en el estilo teórico, Figura 6, nos permite ver que ambos cohortes concentran su mayor porcentaje en la preferencia moderada, (levemente mayor la de 2016); ninguna de las dos contiene preferencias muy bajas; 2015 no presenta tampoco preferencias bajas; Aun cuando el gráfico muestra cierta similitud se deduce que la cohorte 2015 es más teórica que la 2016, pues entre moderada, alta y muy alta concentra el 100%

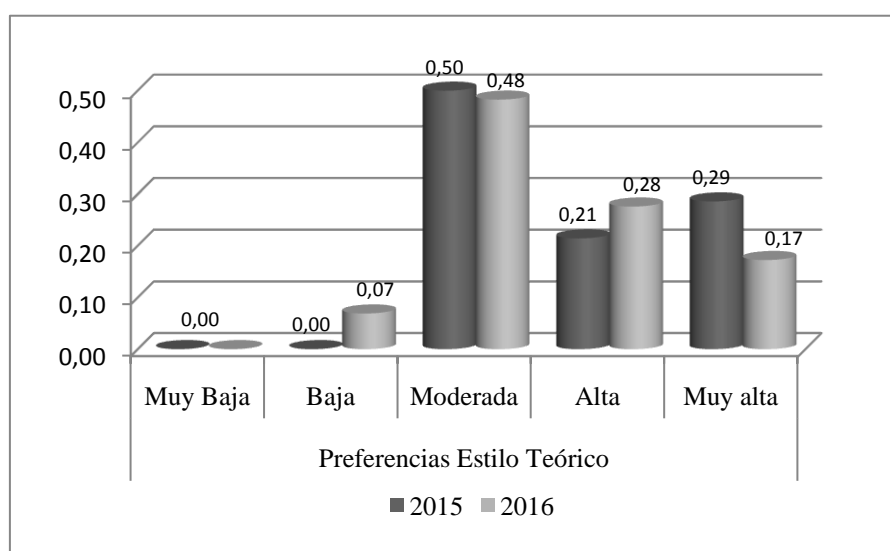


Figura 6. Preferencias en el estilo teórico en alumnos de 1º año. Cohorte 2015-2016

Fuente: elaboración propia, en base a Tabla 5 y 6

La figura 7 muestra la comparación del estilo pragmático para las cohortes en estudio. A diferencia de los otros estilos hasta aquí analizados, se visualiza que 2016 tiene mayor preferencia moderada (55% vs 36%), pero 2015 concentra 50% en la preferencia alta y 7%

muy alta (totalizando 93%) y no cuenta con preferencia muy baja, 2016 también concentra un 90% en esta zona, con mucho mayor en moderada, pero también en muy alta. Esto nos hace contar con un grupo de alumnos muy pragmáticos en 2015, pero al extendernos puede observarse que este estilo presenta una buena presentación en ambas cohortes.

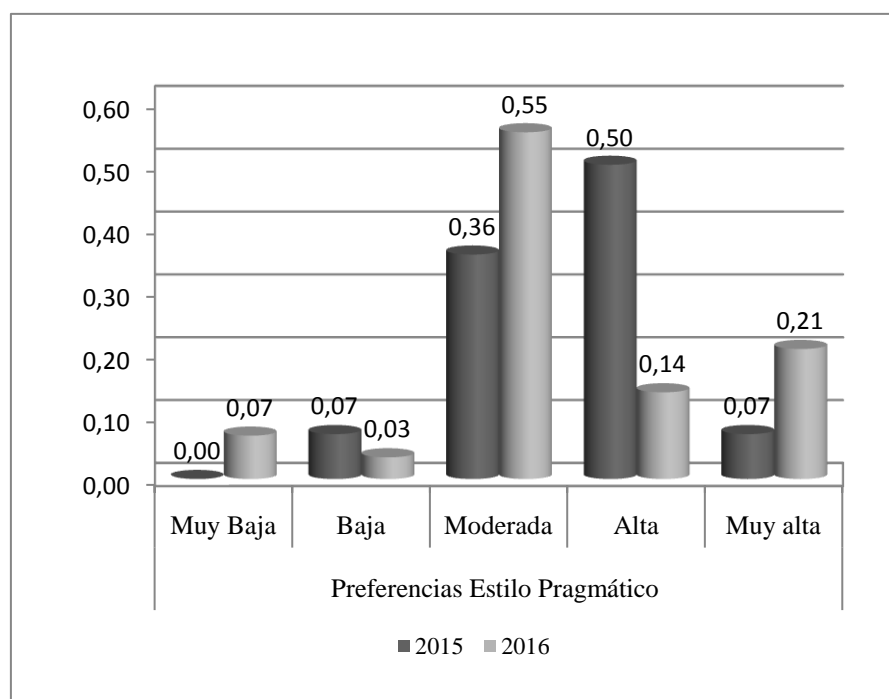


Figura 7. Preferencias en el estilo pragmático en alumnos de 1º año. Cohorte 2015-2016

Fuente: elaboración propia, en base a Tablas 5 y 6

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados del año 2015, que mostraron un perfil de alumnos en los cuales predominaba el estilo pragmático, permitieron realizar modificaciones en la elección de los estilos de enseñanza, basados en la facilidad que presentaban los alumnos en la comunicación y en los trabajos grupales de discusión para inducirlos al análisis de textos, con la formación de cuadros conceptuales, diagramas, construcción de ilustraciones en forma grupal.

En el año 2016, los alumnos presentan un perfil donde priman los estilos pragmáticos y teóricos, por lo que el estilo de enseñanza que se aplica a partir de estos resultados es la clase teórica altamente comunicativa, con idénticas propuestas al año anterior y esperando lograr una mejor respuesta.

Estos resultados ameritan análisis más exhaustivos ya que, estas son propuestas realizadas sobre los grupos de alumnos que contestaron las encuestas, y teniendo en cuenta, además, que la distribución es dispar, según se trate de teóricos, (donde comparte con el resto de ingenierías) o de clases prácticas (específicas para ingeniería en agrimensura); en las que también comparte con alumnos recursantes.

Este análisis de los resultados obtenidos en los alumnos debe complementarse con un auto análisis que los profesores deben realizar respecto al impacto que tuvieron los cambios

propuestos para la cátedra, así como también con un auto examen personal del docente respecto a las facilidades y dificultades para ajustar su propio estilo de enseñanza y reestructurar los estilos de aprendizaje encontrados.

5. Referencias

- [1] AHUMADA, H; LEGUIZAMÓN ALMENDRA, J.; DIP, H.; HERRERA, C. (2014). Variación Anual del Desgranamiento en Carreras de Ingeniería. Producciones Científicas de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas V. Catamarca, p.231.
- [2] ARTUNDUAGA MURILLO, M.(2008) Variables que influyen en el rendimiento académico en la Universidad. Madrid. p.2-9.
<http://www.ori.soa.efn.uncor.edu/?publicaciones=variables-que-influyen-en-el-rendimiento-academico>.
- [3] http://www.cca.org.mx/profesores/cursos/cep21/modulo_2/estilos_cognitivos
- [4] <http://josemsanchez.es/index.php/estilos.cognitivos>
- [5] ALONSO, C.; GALLEG0, D., HONEY, P. (2005) Los estilos de aprendizaje. In: Ediciones Mensajero (7º Edición) Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Bilbao, Cap. 2, p. 43 - 71.
- [6] RODRIGUEZ CARRACEDO, M; VAZQUEZ CARRO, E. (2013) Fortalecer estilos de aprendizaje para aprender a aprender. Revista Estilos de Aprendizaje. v.11, n11, p. 21.
- [7] http://www.academia.edu/3013617/ESTILOS_COGNITIVOS_Y_DE_APRENDIZAJE

REFLEXIONES ACERCA DEL PLAGIO ACADÉMICO

María Cristina Díaz, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCa.,

mcd.ing.agr@gmail.com

Patricia del Carmen Alzabé, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCa.,

patricia.alzabe@hotmail.com

Mirtha Inés Rodríguez, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCa.,

mirtazar@tecno.unca.edu.ar

Resumen— Es preocupación del mundo académico mundial la práctica del plagio en ámbitos de grado, posgrado y de investigación. Aunque es un fenómeno detectado hace siglos, con la irrupción de nuevas tecnologías de información y comunicación aparecen más oportunidad de generarse, y también de controlarse. En la última década, se han conocido severas sanciones como el retiro de títulos a doctores graduados y cargos obtenidos luego de esas graduaciones. Numerosos autores lo señalan como práctica usual entre los estudiantes, sin que existan trabajos exhaustivos al respecto. Esta reflexión, surge a partir de la elaboración del estado del arte en una cátedra de 5° año de la carrera de Ingeniería en Agrimensura de la UNCA, como parte de una investigación que se proyecta efectuar entre estudiantes de esta carrera, ya que se percibe que no se toma el plagio como un no valor. Se pretende caracterizar la producción de plagios entre los alumnos en sus trabajos académicos, analizar sus formas más usuales, sus causas; plantear metodologías de prevención y proponer formatos de sanción. La temática cobra relevancia toda vez que, como docentes somos responsables de que, el alumno no solo debe formarse en competencias y habilidades, sino también en valores que modelen su conducta social que hará al desarrollo de su vida profesional como ingeniero, con actitudes críticas, reflexivas y éticas.

Palabras clave — plagio académico, deshonestidad académica, ética

1. Introducción

Aunque la acción de plagiar sea tan antigua como la escritura misma, hoy, el fácil acceso a los medios de comunicación social nos ponen permanentemente en conocimiento de prácticas de plagio en distintos ámbitos: literario, musical, y en la ciencia, entre otros. Aunque los ejemplos de estas malas prácticas abundan es interesante mostrar algunos casos publicados en la web y que cobraron notoriedad por el alto impacto social.

Argentina: Plagio literario. El 25 de junio de 2015 en La Nación, en la nota de Maximiliano Tomás titulado El insólito caso literario que se dirime en tribunales, encontramos: “en marzo de 2009 el escritor y docente universitario Pablo Katchadjian (Buenos Aires, 1977) imprimió, en edición de autor, pagando todos los costos, doscientos ejemplares de un libro de cincuenta páginas titulado El Aleph engordado... Katchadjian tomó el cuento de Borges El Aleph y lo intervino; Kodama, la viuda y heredera de los derechos de la obra del genial escritor, lo demandó por plagio. [1]

Alemania: El 26 de septiembre de 2015 el diario digital español El País [2] divulga la acusación de plagio de la tesis doctoral de la ministra de Defensa Ursula Von der Leyen, quien en 1992 obtuvo su doctorado en la Universidad de Hannover con el trabajo de investigación sobre los efectos de la proteína C en el diagnóstico de un “síndrome de infección amniótica, con ruptura prematura y la relajación terapéutica del parto”. “Según VroniPlag, que revisó 62 páginas del trabajo de doctorado de la ministra, la aspirante al título de doctora en Medicina plagió 23 observaciones en su trabajo sin citar las fuentes, lo que se califica de antecedente muy peligroso en las ciencias médicas. Debemos recordar que una situación similar ocurrió cuando en 2011 la plataforma VroniPlag descubrió que el barón Karl-Theodor von Guttenberg había plagiado su tesis doctoral en 2006, incluyendo textos sin mencionar las fuentes, y a raíz de cuyo episodio renunció a su título académico y a su cargo de ministro “

Estados Unidos: El 27 de junio de 2016 en El País , [3] puede leerse la noticia sobre el dictamen de un jurado californiano que establece que “Stairway to heaven, la canción más legendaria (y rentable) de Led Zeppelin, no es un plagio de Taurus sobre el famoso” y en otro párrafo agrega: En la música popular, el plagio tiene una larga tradición e, incluso, está aceptado como método creativo si se camufla como “homenaje” o “continuación de la tradición”; no es la mancha deshonrosa e imborrable que acompaña al plagio literario. Sin embargo, produce serias consecuencias económicas: si hablamos de un éxito, los derechos de autor resultan cuantificables y apetitosos.

El diario Digital El Confidencial [4] **del 2 de mayo de 2016** sintetiza casos famosos de plagio en la ciencia: Investigador en el campo de la obesidad y el envejecimiento, el estadounidense [Eric Poehlman](#) fue el primer académico de ese país encarcelado por falsificar datos al solicitar una subvención. **En Japón:** la investigadora [Haruko Obokata](#) publicó en 2011 un artículo en el que aseguraba haber descubierto una forma totalmente nueva y asombrosamente sencilla de obtener células madre, estas investigaciones están teñidas de sospechas éticas por imposible o improbable de repetir estos experimentos y de autoplagio de su tesis doctoral. **En Inglaterra,** el ex cirujano e investigador Andrew Wakefield, tiene el dudoso honor de haber iniciado una de las creencias pseudocientíficas más dañinas de los últimos tiempos: la que relaciona la vacuna de la triple vírica con la aparición del autismo o enfermedades intestinales. En 2010, un tribunal del Consejo Médico General de Reino Unido consideró demostradas 32 acusaciones contra el investigador, cuatro de ellas de fraude. Wakefield sigue defendiendo su investigación y niega que cometiese ningún fraude ni que hubiese ánimo de lucro por su parte. **En Israel:** [Alexander Spivak](#) matemático e investigador del Holon Institute of Technology (HIT) tuvo que retirar en octubre de 2014 dos 'papers' publicados en 2008 porque se descubrió que había plagiado a uno de sus supervisores y a otros dos investigadores de la Universidad de Tel Aviv. Concretamente, dos capítulos de sus investigaciones se habían copiado y pegado para publicarlos como dos artículos independientes en la 'International Journal of Pure and Applied Mathematics' siete años después. **Perú:** En enero de 2016, durante la campaña electoral en Perú, salió a la luz que, el candidato presidencial César Acuña, dueño de un consorcio de universidades y titulado en la Complutense en 2009, copió páginas enteras sin citar a la fuente. [5]

Tal como podemos apreciar, el plagio constituye un flagelo que preocupa a nivel mundial que ha cobrado auge en todos los medios de comunicación social, se divulgan los hechos sino también las sanciones aplicadas a sus autores, impactando fuertemente en los ámbitos de ocurrencia por lo éticamente rechazable, digno de análisis para procurar por sobre todo, su prevención.

1.1 Definición de Plagio

En cuanto a las definiciones de plagio, que corresponde analizar debemos indicar que estas son numerosas. La Real Academia Española dice: Plagiar es “Copiar en lo sustancial obras ajenas, dándolas como propias”. Un concepto jurídico doctrinal, nos lo da Gaffoglio, Gisela L. en su trabajo publicado en La Ley , donde expresa que, el sistema legal en nuestro país, denomina plagio a la apropiación ilegítima de la paternidad de la obra de otro” ; y menciona en notas al final: la “definición que nos ha proporcionado la sala VI de la Cámara del Crimen: "El delito de plagio reside en la acción dolosa del plagiarlo decidido a vestir con nuevos ropajes lo ya existente, para hacer creer que lo revestido es de cosecha propia . CNCrim. y Corr., sala VI, 21/10/79, ED, 88-493.” [6]

En cuanto a la definición de plagio o deshonestidad académica numerosos autores coinciden en que es el acto de usar trabajos, ideas o palabras de otra persona como si fueran propias y que se aplica en trabajos de clases, investigaciones, gráficos, examen, software, fotografías, etc. [7]

1.2 Formas de efectuar plagio

Por su parte Soto Rodriguez A (2012) [8] establece que el plagio puede efectuarse intencionalmente o por desconocimiento apropiado del concepto y ofrece una lista de definiciones y situaciones comunes en las cuales se comete este delito:

- El plagio ocurre cuando se toman ideas o palabras escritas por otros sin reconocer de forma directa el haberlo hecho. (Girón, 2008, p. 6) [8]
- Se produce también al presentar como propio un trabajo de forma parcial o total sin ser el autor o autora de dicho trabajo. (Girón, 2008, p. 6) [8]
- Al actuar de mala fe deliberadamente al copiar la propiedad intelectual de otros para producir un daño a los autores originales. (Girón, 2008, p. 6) [8]
- Al imitar un modelo y reproducirlo de forma idéntica de nuevo se incurre en este delito. (Girón, 2008, p. 7) [8]

Este mismo autor cita otras formas de realizar plagio:

Robo de material: la más severa forma de plagio y se da al copiar sin autorización material perteneciente a otra persona. (Imran, 2010, p. 29)

Falsa autoría: “cuando se incluye el nombre de una persona como el autor de un artículo sin que esta persona haya hecho contribución alguna en la realización del mismo, incluyendo aquí el pagar o contratar a alguien para que escriba un artículo y luego incluya su nombre como el autor de éste. (Imran, 2010, p. 29), poner el nombre de amigos como co-autores sin que estos hayan participado en la realización del artículo, o igualmente incluir el nombre del supervisor o profesor del cual están a cargo como co-autor pensando que al hacer esto le están mostrando respeto u honor a esta persona. (Imran, 2010, p. 29)

Copias sin autorización de código fuente: esto ocurre en informática, donde el código fuente es a partir del cual se generan los programas ejecutables que se comercializan posteriormente. Usar fragmentos de código fuente de otra persona sin citarla adecuadamente es también una forma de plagio. Además si el(los) autores no permiten el uso de este código para un uso específico, se necesita un permiso previo para poder utilizarlo aparte de hacer referencia a la fuente original. (Imran, 2010, p. 29)

Autoplagio: “El auto-plagio se da cuando un autor copia nuevamente un trabajo que ya había realizado anteriormente o usa las mismas ideas expuestas en ese trabajo pero con distintas palabras para hacerlo parecer diferente. (Imran, 2010, p. 29)”.

El plagio, en el ámbito universitario, es considerado como una deshonestidad académica, y puede llevarse a cabo, (por docentes, alumnos o investigadores) también con otras formas tales como:

Copiar y pegar: acción muy frecuente, que se pone en evidencia cuando falta coherencia y cohesión en el texto.

Parafraseo inapropiado: “Ocurre cuando simplemente se intercambian palabras de una oración o un párrafo, o cuando se sigue el mismo estilo dado en la fuente original. (Imran, 2010, p. 30) “[8]

Referencias falsas: “En el ámbito académico algunos estudiantes a veces ponen muchas referencias sólo para tratar de llenar el artículo, sin asegurarse de que las referencias estén incluidas en su apropiado contexto. (Imran, 2010, p. 30)” [8]

Manipulación y falsificación de datos en una investigación: “Este ocurre cuando se manipulan los datos de una investigación para tratar de ocultar el plagio. La manipulación y falsificación de los resultados de una investigación refleja una falta muy seria de ética por parte del investigador involucrado en dicho acto. (Imran, 2010, p. 31)” [8]

2. Materiales y Métodos

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación bibliográfica, para la cual se ha recurrido a la búsqueda de trabajos realizados respecto al tema y a notas periodísticas publicadas en internet.

3. Resultados y Discusión

3.1 Deshonestidad académica, una práctica extendida

El plagio como acción académica deshonestas, la realizan: investigadores (de los cuales, a modo de ejemplo, señalamos lo que divulga la prensa); profesionales de la música, la literatura y profesiones varias y, también a nivel del estudiantado.

Y aunque en nuestro país no se han encontrado publicitadas demasiadas investigaciones que describan cuáles son las prácticas más usuales entre los alumnos y cómo las justifican, si entienden el concepto de plagio, sus alcances, y si conocen normas de escritura para evitar el plagio. Es importante destacar que investigaciones, como las de la **Universidad de Islas Baleares sobre el plagio** en la secundaria, [9] aseguran que el plagio está presente en todos los niveles y ha ido en aumento conforme han ido apareciendo las nuevas tecnologías de la información y la comunicación “ya que es más cómodo copiar, el Internet provee grandes cantidades de texto de mejor calidad, y la diversidad de fuentes disponibles dificulta su detección” En la publicación de esta investigación nos dice:

En enero arXiv, el archivo importante de publicaciones científicas digitales perteneciente a la Universidad de Cornell, presentó un informe mundial sobre el plagio en la ciencia, en el que cotejó más de 757.000 publicaciones.

Descubrió que la práctica está más extendida en países emergentes como China, Irán, India o Egipto, mientras que en los países más desarrollados los porcentajes de plagio son menores. Además, indica que 1 de cada 16 autores cae en el autoplagio,

copiando frases literales de artículos anteriores. Asimismo, reconoce la llamada “superposición de texto”, donde no sólo los propios autores plagian sus propios artículos sino que además se utilizan artículos de terceros sin citar.” [9]

El plagio, como no valor, y prácticas de deshonestidad académica, como falsificación de datos tienen impacto sobre los autores plagiados y se encuentran reñidos con la ética, pudiendo tener además de un impacto social negativo una influencia económica.

“La ética en una profesión es la obligación de una conducta correcta. Las múltiples situaciones a las que hay que dar respuesta desde cada profesión, muestran que la ética profesional es una parte de cada acto profesional individual que incluye un conflicto entre el efecto intencionado y el efecto conseguido. Así pues, desde el punto de vista de la investigación, un acto ético es el que se ejerce responsablemente, evitando el perjuicio a personas, que a veces se realiza inconscientemente, por estar vinculado el daño a los métodos que el investigador utiliza para la consecución de sus fines”

Buendía Eisman L. y Berrocal de Luna E. [10]

Vale por tanto promover una reflexión sobre nuestra responsabilidad como docentes, encargados de que, el alumno no solo se forme en competencias y habilidades, sino también en valores que modelen su conducta social que harán al desarrollo de su vida profesional como ingeniero, con actitudes críticas, reflexivas y éticas.

Cerezo Huerta, H. [11] mencionando a Edward White dice que “El plagio, crimen capital de la comunidad académica, mina el desarrollo y la transmisión del conocimiento, que es la razón de ser de la Academia.” y en virtud de su conceptualización del plagio como engaño, autoengaño y como un comportamiento deshonesto que erosiona desde la base el propósito educativo insiste que para eliminar o disminuir la deshonestidad académica, más que actitud de “maestro moralista” es necesario “compromiso y congruencia profesionales” y la creación de “una atmósfera intelectual así como pedagógica de alto nivel”

Autores como Soto Rodríguez [8] consideran que “El plagio trae consigo varias consecuencias tanto a nivel académico como profesional, que van desde pagar grandes sumas de dinero por conceptos de derechos de autor o inclusive ir a la cárcel, así como ser expulsados de la universidad en la que se encuentre estudiando o que a la persona que cometió el plagio le sea retirado un título otorgado anteriormente”, razón suficiente para reflexionar sobre la necesidad de sensibilizar y concientizar sobre la importancia de practicar en el ámbito académico, sea como docentes o como alumno, acciones transparentes y honestas.

4. Conclusiones y recomendaciones

En un todo de acuerdo con Cerezo Huerta, diremos que el problema del plagio académico es la inhabilidad en el manejo ético de la información, y desde nuestra responsabilidad docente debemos asumir una actitud educadora orientada a buscar e incentivar las buenas prácticas académicas para el desarrollo de trabajos escritos.

La simple observación de lo que ocurre en nuestras facultades no alcanza, por ello nos parece propicio realizar las siguientes recomendaciones:

- Realizar una investigación que nos permita conocer cómo nuestros alumnos entienden el plagio y la deshonestidad académica, cuáles son sus prácticas más recurrentes, bajo qué condiciones las realizan y cómo las justifican.

- Dar a conocer cuáles son las buenas prácticas para el desarrollo de actividades escritas, a fin de evitar confusiones respecto a las situaciones que constituyen plagio, inculcando principios de rigor científico.
- Sensibilizar a docentes y alumnos sobre la problemática del plagio y la deshonestidad académica, enfatizando las consecuencias en su futura vida profesional, como las consecuencias económicas y sociales, que conllevan este tipo de acciones fraudulentas.
- Suministrar al alumno recursos informáticos, bibliográficos y metodológicos, necesarios para facilitar el manejo ético de la información.
- Suministrar a los docentes las herramientas tecnológicas y metodológicas, necesarias para detectar y prevenir el plagio.

Con todo lo anteriormente señalado, propiciar el diálogo docente-alumno tendiente a inculcar el respeto de las buenas prácticas al realizar trabajos escritos, induciendo a la concientización sobre la importancia del desempeño académico siguiendo valores éticos.

5. Referencias

[1] TOMAS, M. (2015) El insólito caso literario que dirime en tribunales. Consultado en junio de 2016.

<http://www.lanacion.com.ar/1804691-el-insolito-caso-literario-que-se-dirime-en-tribunales>

[2] MÜLLER, E. (2015). Acusada de plagiar su tesis la ministra de Defensa alemana. Consultada en junio 2016

http://internacional.elpais.com/internacional/2015/09/26/actualidad/1443290062_527611.html

[3] MANRIQUE, D. (2016) Madrid . La mina de oro de los plagios. Consultado en junio 2016. http://cultura.elpais.com/cultura/2016/06/25/actualidad/1466871577_273490.html

[4] R. PÉREZ; (2016) Plagio, manipulación o descuido: seis casos escandalosos de fraude científico. Consultada en junio 2016

http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2016-05-02/plagio-manipulacion-o-descuido-seis-casos-de-fraude-cientifico_1192672/

[5] FOWKS, J. (2016). Elecciones en Perú. Un candidato presidencial cometió plagio en su tesis doctoral. Consultado en junio de 2016

http://internacional.elpais.com/internacional/2016/01/27/america/1453853577_345404.html?id_externo_rsoc=FB_CM.

[6] GAFFOGLIO, G. La Ley- El Justiniano, Buscador Jurídico. Consultado en junio 2016

http://www.justiniano.com/revista_doctrina/Gafoglio/el_plagio.htm

[7] SORIA MORENO, G.A.; Qué es el plagio académico? Centro para el Desarrollo e Innovación Educativa

<http://centrodeinnovacionytecnologia.blogspot.com.ar/2013/05/plagio.html>

[8] SOTO RODRIGUEZ, ARMANDO; (2012) El plagio y su impacto a nivel académico y profesional. E-Ciencias de la Información. Revista electrónica semestral, ISSN-1659-4142 Volumen 2, número 1, artículo 2 – p. 1-14

http://www.ugr.es/~plagio_hum/Documentacion/06Publicaciones/ART003.pdf

[9] UNIVERSIA. ESPAÑA. (2015), p. 1-3.

<http://noticias.universia.es/educacion/noticia/2015/03/30/1122376/comun-plagio-universidad.pdf>

[10] BUENDIA EISMAN, L; BERROCAL DE LUNA, E. La Ética de la Investigación Educativa. Universidad de Granada p 1-14

http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/6606/Etica_de_la_investigacion_educativa.pdf?sequence=2

[11] CEREZO HUERTO, H.. (2006). Revista Elementos 61, p. 31-35
www.elementos.buap.mx/num61/htm/31.htm



ESTUDIO DE LA CONDUCTA DE ROBOTS AUTÓNOMOS EN ENTORNOS DE TRABAJO ESTRUCTURADOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES

Alejandro Armando Hossian, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional del Neuquén (UTN - FRN),
alejandrohossian@yahoo.com.ar

Verónica Olivera, UTN - FRN, verolivera@gmail.com

Roberto Carabajal, UTN - FRN, rcarabaj@copelnet.com.ar

César Echeverría, UTN - FRN, checesarito@yahoo.com

Lilian Cejas, UTN-FRN, lcejas@frn.utn.edu.ar

Maximiliano Alveal, UTN - FRN, maximilianoalveal@hotmail.com

Resumen— El presente trabajo integra un proyecto de investigación con asentamiento en el departamento de Ciencias Básicas de la Facultad Regional Neuquén de la Universidad Tecnológica Nacional, el cual consiste en la implementación de las RNA y otros algoritmos para estudiar la performance de un robot móvil que navega en un entorno con obstáculos definidos. El Álgebra Matricial, el Cálculo Diferencial y la Teoría de Errores, temas propios del Ciclo Básico en las carreras de Ingeniería, se usan para implementar la arquitectura neuronal, considerando que la Inteligencia Artificial (IA) aglutina un variado espectro de tecnologías transversales a diferentes campos disciplinares. La navegación de vehículos robóticos autónomos en ambientes estructurados es el tópico que se aborda cuando deben realizar tareas de diferente complejidad.

El análisis de sus conductas de navegación “basada en comportamientos”, cuya arquitectura de control es de tipo reactiva, constituye la base conceptual de los primeros experimentos. Esta investigación se desarrolla en dos fases; en la primera se analizan resultados obtenidos utilizando el modelo Backpropagation de RNA. Para ello se diseñó un ambiente de simulación computarizado con obstáculos definidos. Si bien estas técnicas reactivas de tipo RNA poseen una gran rapidez en el procesamiento de información y mayor velocidad de reacción, son limitadas cuando aumenta la complejidad de las tareas, siendo necesaria la planificación para el logro de los objetivos. En la segunda fase, se procura mejorar el rendimiento del vehículo navegador haciendo uso de la tecnología de Algoritmos de Búsqueda del camino óptimo.

Palabras clave—*Robot Navegador, Entorno estructurado, Redes Neuronales Artificiales, Algoritmos de Búsqueda.*

1.Introducción

En un principio, las investigaciones en el campo de la robótica se realizaban en base a ambientes de desarrollo con células de trabajo fijas en sus posiciones para que el robot desarrolle sus tareas, tal es el caso del robot ensamblador o soldador en una planta de montaje.

Los avances tecnológicos fueron tan significativos en los diferentes ambientes industriales, que constituyeron una de las razones principales para dotar a los sistemas de robots de una adecuada capacidad de desplazamiento, más allá de las prestaciones que realizaban en sus células de trabajo. Es entonces cuando esta disciplina dio en llamarse “robótica móvil” y

constituye uno de los mayores desafíos que aborda la comunidad científica que trabaja dentro del rico y extenso campo de la robótica.

Es dable señalar, que las sucesivas investigaciones desarrolladas intentaron proporcionar a estos sistemas móviles de un nivel de autonomía suficiente, que le permitan navegar en su ambiente de operación y reaccionar ante situaciones que no han sido consideradas en su programa de control [1].

La navegación permite guiar el curso de un robot móvil a través de un entorno con presencia de obstáculos. Se conocen diferentes esquemas para llevar a cabo esta tarea, pero todos ellos tienen el objetivo común de dirigir el vehículo hacia su destino de la manera más segura y eficiente posible. La capacidad de reacción que pueda poseer el robot cuando se encuentra ante situaciones inesperadas, debe constituir su cualidad más distintiva para desenvolverse eficazmente en el entorno donde éste deba operar, lo cual indica el grado de autonomía que este posee.

Siguiendo esta línea, en la sección 1.1 se presentan los principios fundamentales de las RNA; como así también los experimentos realizados en el campo de la Robótica Móvil, mediante la aplicación de aprendizaje supervisado del tipo Backpropagation. En la sección 1.2 se hace referencia a las características generales de los Algoritmos de Búsqueda, en particular las correspondientes a las Técnicas no informadas o a ciegas.

1.1 Experimentos realizados con Redes Neuronales

En esta primera fase de este trabajo se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de técnicas de navegación robótica basadas en redes neuronales con aprendizaje supervisado de tipo Backpropagation, representativo de las características más potentes del paradigma reactivo concerniente a la navegación autónoma de robots [2], [3]. Este trabajo se realiza en un marco un poco más amplio considerado una evolución del paradigma reactivo, que se denomina “Aproximación Basada en Comportamientos” [4]. Esto es, los comportamientos describen la forma en que se reacciona (en este caso un sistema robótico) ante un determinado estado de sensores y donde las actuaciones se determinan de manera más elaborada que una simple consulta a una tabla de correspondencias, realizando cálculos a los efectos de decidir qué acción se debe llevar a cabo.

1.2 Algoritmos de búsqueda: sus principios y fundamentos

Los Algoritmos de Búsqueda constituyen una de las tecnologías más importantes de la IA, cuyo objetivo principal consiste en hallar una solución válida dentro del espacio de estados. Entre otras técnicas que se pueden implementar con estos algoritmos se conocen las de búsqueda no informada y búsqueda con información. La primera debe su denominación a que el problema que se pretende resolver no proporciona ninguna información adicional que sirva de soporte para encontrar una solución de forma más rápida. En tanto que la segunda técnica sí proporciona información que ayuda a guiar la búsqueda.

En el artículo que se desarrolla se utilizan técnicas de búsqueda no informada, o también llamada búsqueda a ciegas. En primer lugar se muestra un experimento relacionado con la Técnica de búsqueda en profundidad, cuyo objetivo central es encontrar una ruta entre el nodo raíz y el nodo objetivo; en segundo término se hace uso de la técnica de búsqueda en amplitud, la cual además de hallar una ruta entre el nodo raíz y el nodo objetivo, encuentra la más corta. Debe destacar a tal efecto, que tanto el entorno estructurado como el nodo raíz y

destino son los mismos a la hora de implementar ambas técnicas, a fin de poder medir la performance de cada uno de ellos.

2. El Modelo propuesto

En la sección 2.1 se menciona brevemente el abordaje de la navegación robótica con aprendizaje supervisado mediante la aplicación de RNA de tipo Backpropagation. En la sección 2.2, se desarrolla el modelo de navegación robótica con algoritmos de búsqueda, tanto en profundidad (sección 2.2.1) como en amplitud (sección 2.2.2).

2.1 Modelo de aplicación de Red de tipo Backpropagation

A fin de abordar el problema mediante la Tecnología de Redes Neuronales, la arquitectura de la red neuronal propuesta consta de una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida [5]. De esta manera, se intenta que el robot pueda realizar trayectorias de mayor complejidad que para las que fue entrenado.

En el proceso de entrenamiento, el vehículo robótico recibe información del ambiente en el cual navega; la cual es volcada en un mapa sensor – motor, que permite esquematizar tal ambiente con obstáculos definidos, y a través de un software diseñado a tal efecto, se simula su interacción luego de su entrenamiento para evaluar su performance bajo las premisas del paradigma reactivo. Este mapa sensor-motor se traduce en una matriz con la descripción sensorial en cada posición de la grilla, que representa el entorno y los posibles movimientos en respuesta a los estímulos sentidos, conforme a las políticas de proximidad y de movimiento [6].

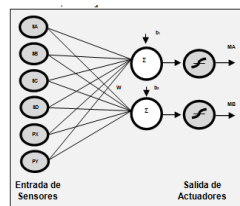


Figura 1. Arquitectura de red de tipo Backpropagation

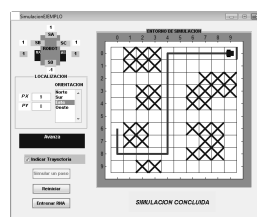


Figura 2. Trayectoria exitosa de un robot entrenado con RNA.

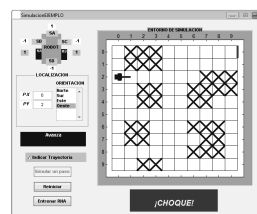


Figura 3. Trayectoria no exitosa partiendo desde un lugar distinto al aprendido.

De acuerdo al mapa sensor-motor y tras el entrenamiento del robot con la tecnología inteligente de la red neuronal escogida se evalúa el robot para diferentes ambientes de operación. La combinación de rutas definidas para distintas configuraciones del ambiente de navegación, constituyen las diversas conductas de navegación que exhibe el robot [7].

La figura 1 describe el paradigma de red utilizado, mientras que las figura 2 y 3 muestran el esquema de la organización del ambiente donde navega el robot, consistente en una grilla cuyas coordenadas (x, y) se encuadran dentro de un eje cartesiano con dos trayectorias diferentes. Este entorno visual brinda la información referida a la localización del robot (proporcionada por las coordenadas X e Y, que en este caso corresponden a 0 según X y a 6 según Y), su orientación (dada por Norte, Sur, Este y Oeste), el ambiente propiamente dicho, con la ubicación de sus obstáculos (casilleros con cruces) y las opciones para entrenar la red, reiniciar el proceso cuando sea necesario y simular los pasos de la trayectoria seguida por el robot. Asimismo, estas últimas dos figuras muestran tanto una trayectoria exitosa y una colisión para el mismo entorno partiendo desde otro origen [8].

En fase de operación, se procede a presentarle al robot otras trayectorias diferentes a las aprendidas para evaluar su performance.

2.2 Aplicación de modelos de Algoritmos de Búsqueda

En esta etapa del proyecto de investigación resultan de gran utilidad los grafos de navegación. Estos permiten trabajar con una abstracción del entorno real y son usados en la navegación robótica cuando se conocen previamente las características del ambiente.

El ambiente se expresa en una grilla donde los casilleros oscuros representan los obstáculos y los casilleros libres indican el espacio transitable, tal como se observa en la figura 4 En estos espacios libres se colocan nodos o vértices nombrados con letras mayúsculas, como se muestra en la figura 5, para luego trazar las aristas posibles que los conectan, figura 6.

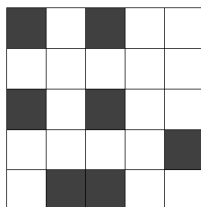


Figura 4. Entorno propuesto.

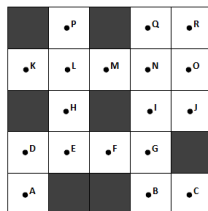


Figura 5. Distribución de los nodos.

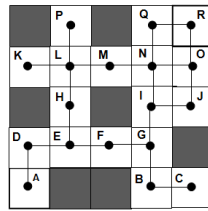


Figura 6. Diseño del grafo en el entorno.

El grafo de este caso estudio cuenta con dieciocho vértices o nodos y veinte aristas. Se conoce como grafo de navegación o navgraph y permite trabajar con una abstracción de robots cuando se conoce previamente las características del entorno [9].

A partir de la definición de estos elementos, se puede entonces comenzar con la presentación de los modelos de algoritmos propuestos.

Cabe destacar que estos algoritmos trabajan con cierta información. Es decir, el algoritmo aplicado conocerá cuál es el nodo objetivo al que se desea llegar y también puede guardar información sobre cuáles nodos y aristas se han visitado previamente.

2.2.1 Modelo de aplicación de Algoritmo de Búsqueda en profundidad

El primer algoritmo que se analiza se conoce como Depth First Search (DFS) o búsqueda en profundidad. La búsqueda que realiza este algoritmo consiste en el descenso hasta el máximo nivel de profundidad de la rama llegando hasta al nodo más profundo y luego continuar con la siguiente rama. Este algoritmo se inicia en un nodo del grafo, considerado nodo raíz. A partir de ese punto, observa cuáles son los nodos hijo y visita al primero. De este nuevo nodo, ve cuáles son los hijos y visita al primero que encuentra. El proceso sigue hasta hallar a una hoja, es decir, un nodo que no tenga hijos o a uno que esté conectado a nodos que ya se hayan visitado previamente. En ese momento, regresa al nodo padre inmediato y visita al siguiente hijo del nodo. El proceso continua hasta que se encuentra el nodo objetivo o se han visitado todos los nodos del grafo. Esto puede observarse detenidamente en el diagrama de flujo que se despliega en la figura 7.

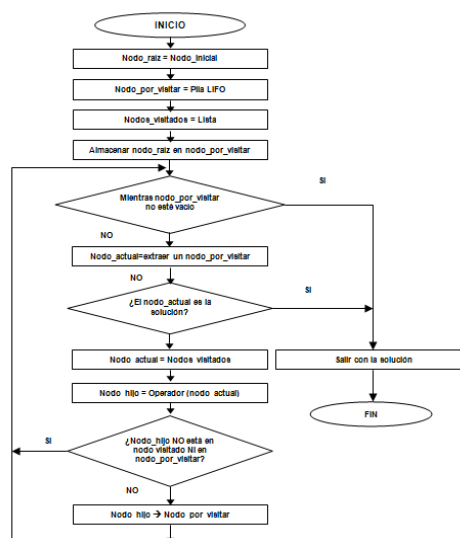


Figura 7. Diseño del grafo en el entorno.

Este algoritmo expresado en el pseudocódigo descrito a continuación garantiza encontrar una ruta entre el nodo raíz y el objetivo, siempre y cuando el nodo objetivo exista y esté conectado al grafo.

```
INICIO
Inicializar Nodo_raiz = estado_inicial
Inicializar Nodo_por_visitar = Pila LIFO
Inicializar Nodos_visitados = Lista
Almacenar nodo_raiz en nodo_por_visitar
Mientras que nodo_por_visitar no esté vacío
    Nodo_actual = extraer un nodo_por_visitar
    Si nodo_actual == solución entonces
        Salir con solución
    Terminar
Caso contrario
    Introducir el nodo_actual en nodos_visitados
    Hacer por cada operador
        Actualizar Nodo_hijo = operador(nodo_actual)
        Si el nodo_hijo no está en nodos_visitados ni nodo_por_visitar entonces
            Introducir nodo_hijo en nodo_por_visitar
        Volver a Mientras...
FIN
```

Figura 8. Pseudocódigo del Algoritmo de Búsqueda en Profundidad.

En términos de la implementación, la búsqueda en profundidad utiliza una pila LIFO (Last In First Out). Una pila LIFO tiene dos operaciones: una para introducir un dato en la pila y otra para extraer un dato de la pila. El dato que se extrae de la pila es el último que se introdujo.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas precedentemente, el ejemplo propuesto tiene como objetivo que el robot parta del nodo A y llegue al nodo R, es decir que encuentre una ruta que pueda seguir. Para ello es necesario contar con una “pila o stack” que sea capaz de guardar las aristas que faltan por visitar y además, un arreglo en el que se registren los nodos y su nodo padre. Es importante al iniciar este algoritmo, hacer una arista del nodo raíz a sí mismo para poder iniciar y colocarlo en la pila. Esto se ilustra en la figura 9:

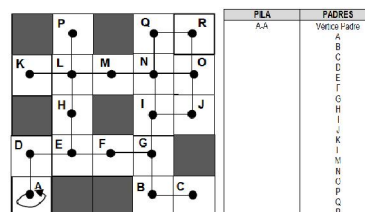


Figura 9. Grafo propuesto con un autolazo en el nodo A a fin de dar inicio al algoritmo.

Se toma la primera arista que se encuentra en pila. Este lleva al nodo con el que se trabajará. Apenas se llega a este nuevo nodo se registra quiénes son sus nodos padres, marcando el nodo actual como ya visitado.

A continuación se verifica si el nodo actual es el objetivo. Si lo es, finaliza el algoritmo, de lo contrario se continúa y se coloca en el registro de pila las aristas que se inician a partir del nodo actual. Si alguna arista ya estuviera previamente visitada, no se coloca. Esto se observa en la figura anterior y se registra nuevamente como sigue en la figura 10:

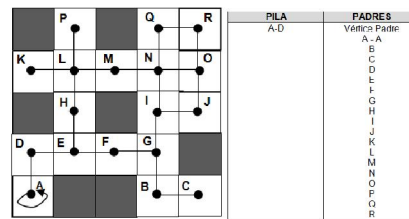


Figura 10. Grafo propuesto con el registro de las aristas adyacentes al nodo A.

Luego se toma la primera arista de la pila y de esta manera el robot se posiciona en el nodo D. Se verifica que este nodo no sea el nodo destino. Su padre es el nodo A y se continúa con los pasos del algoritmo de la manera que se ilustra en la figura 11:

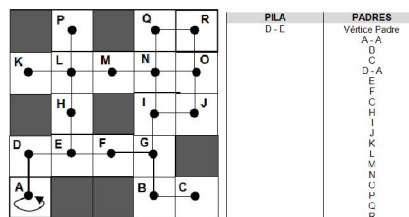


Figura 11. El robot se posiciona en el nodo D. Se registra en la tabla a su nodo padre que es A.

Entonces, se toma la primera arista de la pila y de esta manera el robot se posiciona en el nodo E. Su padre es el nodo D y se continúa con los pasos del algoritmo de la manera que se ilustra en la figura 12. Se observa que desde E se desprenden dos aristas: E-H y E-F.

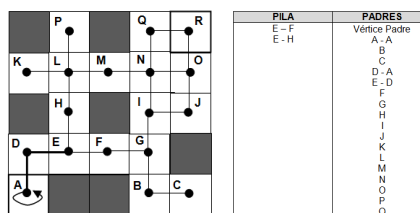


Figura 12. El robot se posiciona en el nodo E. Se registra en la tabla a su nodo padre que es D.

Se escoge recorrer la arista que se encuentra primero en la pila, es decir E-F y de esta forma el robot puede posicionarse en el nodo F. Ahora bien, el vértice E es el padre de F y la arista posible de ser recorrida es la arista F-G. Observe la figura 13.

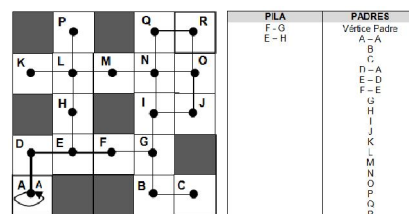


Figura 13. El robot se posiciona en el nodo F. Se registra en la tabla a su nodo padre que es E.

Siguiendo esta línea, el vehículo robótico llega al nodo G. Se actualiza nuevamente la pila y el registro de los nodos padres. Tal como se observa en la figura 14:

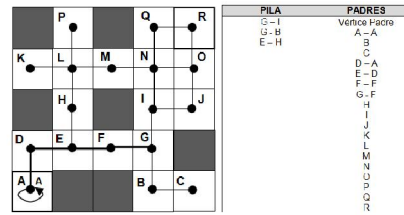


Figura 14. El robot se posiciona en el nodo G. Se registra en la tabla a su nodo padre que es F.

Se escoge la arista G-I, que es la primera en la pila y se guarda en ella las aristas que aún quedan pendientes por recorrer. Como en el paso anterior se registran los nodos padres. De esta manera el robot continúa hacia el nodo I.

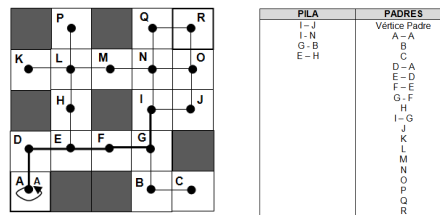


Figura 15. El robot se posiciona en el nodo I. Se registra en la tabla a su nodo padre que es G.

Desde el vértice I, y con el objeto de ilustrar esta aplicación, se recorre hasta el vértice J. Se actualizan entonces los registros tal como se observa a continuación:

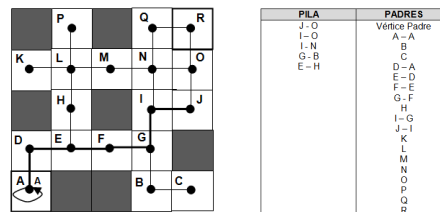


Figura 16. El robot se posiciona en el nodo J. Se registra en la tabla a su nodo padre que es I.

Conforme se ha actualizado la pila, el robot se dirige hasta el vértice O, siendo J su nodo padre. Observe la figura 17.

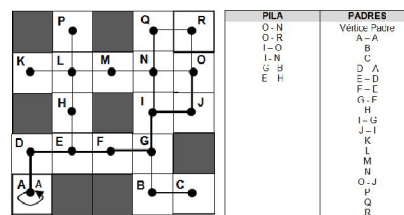


Figura 17. El robot se posiciona en el nodo O. Se registra en la tabla a su nodo padre que es J.

Se ha actualizado la pila y el robot se dirige hasta el vértice N, siendo O su nodo padre, como se ilustra en la figura 18.

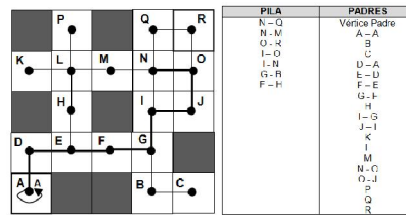


Figura 18. El robot se posiciona en el nodo N. Se registra en la tabla a su nodo padre que es O. Se ha actualiza la pila nuevamente y el robot se dirige hasta el vértice Q, siendo N su nodo padre, como se observa en la figura 19.

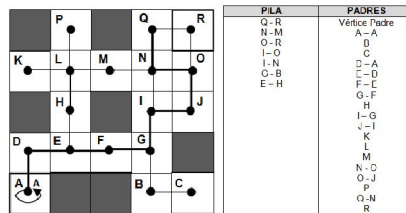


Figura 19. El robot se posiciona en el nodo Q. Se registra en la tabla a su nodo padre que es N. Conforme se ha actualizado la pila, el robot se dirige hasta el vértice R, siendo Q su nodo padre. Aquí se verifica que R es el nodo destino. En este caso concluye el algoritmo pues R es el punto hasta donde el robot debía llegar. De esta manera, se ha encontrado una ruta posible: A – D – E – F – G – I – J – O – N – Q – R, tal como se muestra en la figura 20.

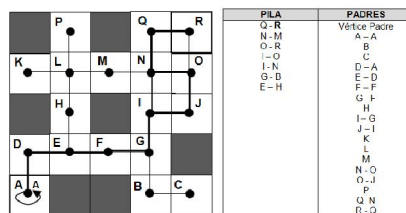


Figura 20. El robot se posiciona en el nodo destino R.

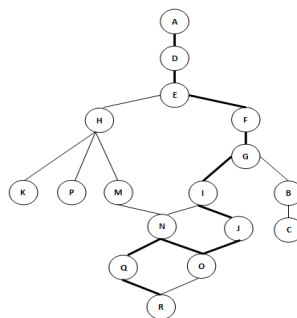


Figura 21. Diseño del grafo solución.

Este algoritmo ha permitido encontrar una ruta, que no significa que sea la más corta. Esto queda representado, además, en el grafo de la figura 21.

2.2.2 Modelo de aplicación de Algoritmo de Búsqueda en Amplitud

Uno de los objetivos fundamentales de este algoritmo de búsqueda consiste en la optimización de las vías que comunican los puntos de paso obligado que deben ser visitados por el vehículo robótico autónomo, redundando ello en un importante ahorro de recursos, tales como tiempo, combustible, desgaste de sus partes constitutivas, entre otros.

En especial, este algoritmo recorre el grafo por niveles. Es decir, primero se visita el nodo raíz. Seguidamente se visitan todos sus hijos y para cada hijo en el paso anterior se visitan todos sus hijos y así sucesivamente. Este algoritmo verifica los nodos del siguiente nivel antes de ir a él y hasta que no finaliza un nivel de profundidad no pasa la siguiente. Esto puede observarse detenidamente en el diagrama de flujo que se despliega a continuación.

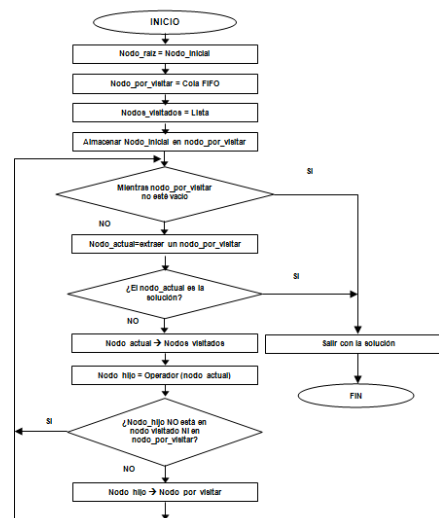


Figura 22. Diseño del grafo solución.

El pseudocódigo descrito a continuación permite encontrar la ruta más corta entre el nodo raíz y el objetivo, siempre y cuando el nodo objetivo exista y esté conectado al grafo.

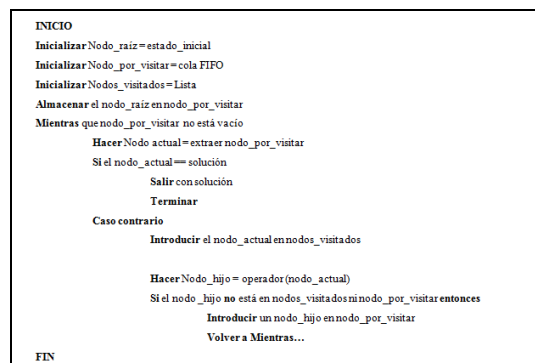


Figura 23. Pseudocódigo del Algoritmo de Búsqueda en Amplitud

Este recorrido se implementa en la práctica usando una cola FIFO (First In First Out) para la lista de nodos adyacentes. Una cola FIFO es una estructura de datos en la que podemos hacer

dos operaciones principales: almacenar un dato y sacar un dato. La particularidad de las colas FIFO es que cuando sacamos un dato, este se extrae en el mismo orden en el que se almacenó.

La aplicación de este algoritmo garantiza la existencia de una ruta óptima, es decir, la ruta más corta en términos de aristas y vértices recorridos. Si hubiera más de una ruta con la misma cantidad de nodos y aristas recorridos, la solución sería la primera de ellas que se encuentre.

Tal como se desarrolló el algoritmo de búsqueda en profundidad y considerando los elementos definidos en la sección precedentemente, se proponemos la aplicación de este algoritmo tal como se ilustra en la figura 24. Allí se muestran las condiciones de inicio. Se crea un autolazo en el nodo A para dar comienzo al algoritmo y se registra el nodo A como visitado. Se recuerda que el objetivo es llegar al nodo R transitando la ruta más corta.

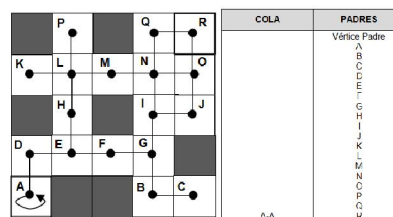


Figura 24. Condiciones iniciales. Registro de los nodos padres.

Se toma de la cola la arista, se coloca a A como padre del nodo A, se adiciona la arista que sale del nodo A y se marca el nodo que recibe a la arista como conocida. De esta manera, se verifica que el nuevo nodo no es el objetivo. Observe la figura 25.

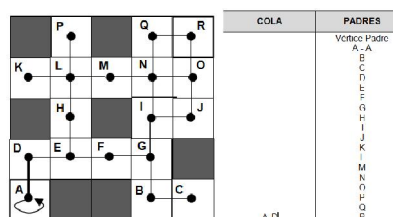


Figura 25. El robot llega al nodo D. Se registran los datos en la cola.

Se toma la siguiente arista, A-D, se coloca a A como padre de D y se registran las aristas que salen de D, como se muestra en la figura 26.

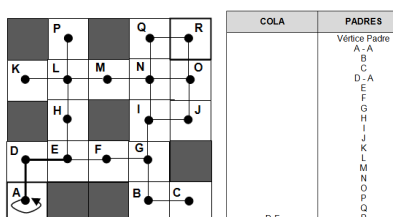


Figura 26. El robot llega al nodo E. Se registran los nodos padres.

Se toma la siguiente arista, D - E, se coloca a D como padre de E y se registran las aristas que salen de E, E - H y E - F, como se muestra en la figura 27. En este momento se marcan los nodos H y F como conocidos.

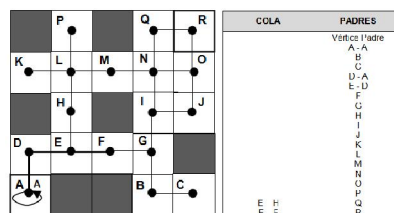


Figura 27. El robot llega al nodo F. Se registran los nodos padres.

Mientras no se encuentre el nodo objetivo se continúa con la aplicación del algoritmo tal como se demostró para el caso del algoritmo de búsqueda en profundidad. A modo de ilustración, en las figuras 28 y 29, se observa la ruta más corta encontrada tras la conclusión del algoritmo, como así también el grafo resultante. La ruta más corta para este caso está dada por el recorrido de los nodos: A-D-E-F-G-I-J-O-R.

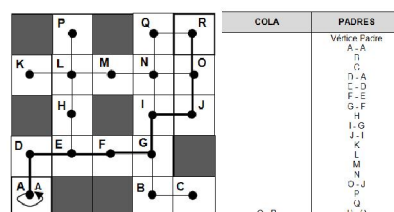


Figura 28. El robot llega al nodo destino R.

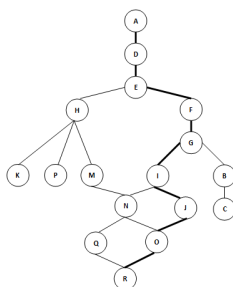


Figura 29. Diagrama del grafo resultante.

3. Los resultados obtenidos

En la sección 3.1 se presentan los resultados que oportunamente se obtuvieron mediante la aplicación del Modelo de Red de tipo Backpropagation; mientras que en la sección 3.2, los obtenidos en base a la implementación de los Algoritmos de búsqueda en profundidad y en amplitud respectivamente.

3.1 Resultados de la aplicación de la Red de tipo Backpropagation

Considerando que el paradigma es netamente reactivo, basado en la filosofía de estímulo-reacción, los resultados obtenidos por la aplicación de la tecnología de las RNA de tipo Backpropagation en función del entorno, del tipo de robot y su interacción, ha evidenciado las diferentes conductas del robot. Las observaciones realizadas para distintas orientaciones, distintos puntos de partidas, entre otras, deja en evidencia que el modelo resulta suficiente para algunos casos y limitada para otros. Asimismo, cuando el mundo adquiere mayor

complejidad, o bien, cuando se hace partir al robot desde otro origen muy diferente al punto de origen con el cual se ha entrenado, éste adquiere conductas que le permiten resolver el problema a veces acertadamente y otras terminan en una colisión o en el ingreso a un bucle del que no logra salir.

Si bien el tiempo de ejecución es más rápido, puesto que actúa en función de la información que le proveen los sensores, no siempre resulta esto eficiente, puesto que se ha observado que eventualmente no logra el objetivo aunque actúe con mayor velocidad.

3.2 Resultados de la aplicación de Algoritmos de Búsqueda

La experimentación realizada con algoritmos de búsqueda garantizan la existencia de una ruta siempre y cuando el nodo objetivo exista y esté conectado al grafo.

El algoritmo de búsqueda en profundidad ha permitido encontrar una ruta que puede o no ser la más corta mientras que el algoritmo de búsqueda en amplitud ha permitido encontrar una ruta de navegación más corta en términos de nodos visitados. La optimalidad de este algoritmo se basa en función del objetivo que se ha definido para el problema en cuestión; es decir que el robot parta de un nodo raíz y llegue a un nodo destino [10].

Desde el punto de vista computacional, el algoritmo de búsqueda en profundidad requiere mucho menos memoria pues sólo debe guardar el camino actual.

El algoritmo de búsqueda en amplitud no se “pierde” explorando caminos infructuosos que consumen mucho tiempo sin llegar a una solución o de los que no se vuelve nunca; pero computacionalmente, el requerimiento de memoria es mayor, y en consecuencia si aumentara la complejidad del entorno en términos de cantidad de nodos, la situación sería comprometida.

4.Conclusiones

4.1 Conclusiones respecto de la aplicación de la Red Backpropagation

De acuerdo a las investigaciones y experimentos realizados se puede concluir que el robot se desempeña bien dependiendo del lugar de salida e intentando siempre hallar la trayectoria de entrenamiento.

Es notable que el patrón de entrenamiento ha sido suficiente para algunas trayectorias, aunque en ciertos casos dicho patrón no resulta ser representativo del entorno en el cual opera el robot, ya que la mayoría de las salidas de la red correspondientes al movimiento de los motores del robot, es avanzar y por ese motivo es que choca partiendo desde otras posiciones. O bien, ingresa en un bucle sin poder resolver esa situación, quedando inmóvil.

A efectos de aminorar este problema, se aumenta el número de patrones de entrenamiento utilizando varias trayectorias o más largas, vigilando siempre la convergencia de la red para obtener mayor convergencia para los patrones de entrenamiento y máxima generalización, para las nuevas posibles situaciones.

Sintetizando, se asume que el uso de las RNA como técnica de navegación de características reactivas proporciona resultados satisfactorios para ciertas trayectorias en la fase de operación, tanto más en la medida que estas trayectorias presenten mayor similitud con las

que desarrolló en la fase de entrenamiento; así es que se tendrá por caso, que el robot buscará girar más para el lado que lo hace en la trayectoria de entrenamiento que para el otro. A medida que las trayectorias que se le proponen al robot son tanto más complejas que la que este entrenó, este paradigma exhibe sus limitaciones haciendo que la red no converja y se produzcan situaciones de colisión o bucles en el ambiente de navegación. En otros términos, se produce una incorrecta generalización de la red neuronal para las nuevas situaciones que debe afrontar el robot, las cuales no se encontraban presentes en las trayectorias de entrenamiento.

La idea que subyace detrás de este objetivo central, es que dichas mejoras puedan verse reflejadas en términos de evitación de obstáculos, velocidad de respuesta, optimización de las trayectorias y logro de los objetivos [4].

4.2 Conclusiones respecto de la aplicación de Algoritmo de Búsqueda

El experimento realizado con el algoritmo en profundidad encontró un camino entre el nodo A y el nodo R cumpliendo con el objetivo propuesto, no asegurando que ésta sea la ruta con el cual el robot visita menos puntos de paso. El experimento realizado con el algoritmo en amplitud encontró un camino entre el nodo A y R cumpliendo no sólo con el objetivo de llegar a destino sino que además ha visita menos nodos a su paso. Por esa razón, ambos algoritmos se consideran completos, dado que aseguran que aseguran la existencia de una ruta entre el nodo raíz y el nodo destino.

La medida de la performance de ambos algoritmos, en términos de los puntos de paso visitados por el robot en su recorrido para desarrollar su trayectoria, deja ver que la búsqueda en profundidad puede considerarse menos eficiente (subóptima) que la búsqueda en amplitud (óptima). Dado que para cubrir la misma trayectoria entre el mismo origen y el mismo destino y la misma complejidad de mundo, la búsqueda en amplitud necesitó visitar menos puntos en la trayectoria realizada.

El algoritmo de búsqueda en profundidad ha permitido recorrer todos los nodos del grafo de manera ordenada, pero no uniforme mientras que el algoritmo de búsqueda en amplitud recorre todos los nodos de un árbol de manera uniforme y expande cada uno de los nodos de un nivel antes de continuar con el siguiente por esta razón sólo asegura la existencia de una ruta.

El algoritmo de búsqueda en profundidad es muy similar al de búsqueda en amplitud, aunque poseen una diferencia fundamental en cuanto a la estructura de datos usada en cada caso para guardar el registro de las aristas.

A diferencia de las RNA, los algoritmos de búsqueda conocen cuál es el nodo objetivo al que se desea llegar y pueden guardar información sobre cuáles nodos y aristas se han visitado previamente; mientras que las RNA actúan en función de los estímulos que recibe y de los ejemplos con los cuales ha sido entrenada, es decir que si es mayor el número de ejemplos con el cual se entrena puede inferirse que aprenderá mejor. En ambos casos deben tener un conocimiento previo del entorno con el cual interactúan.

En este sentido, las redes neuronales no siempre encuentran una ruta acertada de acuerdo a los requerimientos, y los algoritmos de búsqueda, de acuerdo al tipo que se utilice, no sólo entrega una ruta sino que puede incluso entregar la ruta más corta en términos de puntos de

paso visitados, los que pueden traducirse en espacios de trabajo que el robot deba visitar previamente antes de llegar a destino.

Por otro lado, dado que la arquitectura de la red Backpropagation actúa en base a un sistema sensor-actuar de características reactivas, esto le proporciona mayor velocidad al vehículo robótico; como contrapartida, la implementación de los algoritmos de búsqueda, de carácter deliberativo y secuencial (desde el punto de vista de la programación), por lo tanto es más lento, lo cual puede traducirse, en un mundo complejo, en una desventaja en términos de tiempo, dinero, consumo energético, entre otros.

Por último, es importante destacar lo provechoso que resulta incorporar estas tecnologías desde el cursado de las asignaturas de Ciencias Básicas, toda vez que permiten dimensionar de manera concreta los conceptos que allí se aprenden, captando el interés de quienes se inician en el interesante mundo de la Ingeniería.

5. Futuras líneas de investigación

En virtud de lo desarrollado cabe considerar la consiguiente investigación sobre el objetivo de mejorar el desempeño del robot en lo que se refiere a sus conductas de navegación.

Complementando el concepto expresado en el punto anterior, considerar la aplicación de técnicas de razonamiento de alto nivel de tipo deliberativas (aprendizaje automático y planificación autónoma de tareas entre otras) como complemento de las técnicas reactivas; las cuales, si bien son de menor velocidad de reacción que estas, también le permiten al robot afrontar requerimientos de desempeño más complejos.

Conforme lo expuesto, se propone como futura línea de investigación el análisis de la performance del robot en ambientes estructurados de mayor complejidad como así también su desempeño en ambientes de operación de carácter dinámico, en los cuales los obstáculos pueden cambiar de posición mientras el robot realiza su tarea.

Por último, y dado el objetivo planteado por los autores, se considera la aplicación de algoritmos de búsqueda más eficientes como nuevas técnicas para la resolución de este caso de estudio. Esto es posible, pues el robot se desempeña en un ambiente estructurado, es decir invariante en el tiempo. Con lo cual y bajo estas circunstancias se plantean alternativas como algoritmos de búsqueda con costos, como posibles tópicos de análisis, como así también el abordaje de algoritmos de búsqueda informada, tales como el Algoritmo de Dijkstra y el Algoritmo A*.

6. Referencias

- [1] R. GARCÍA MARTÍNEZ, M. SERVENTE, D. PASQUÍN. *“Sistemas Inteligentes”*, Ed. Nueva Librería, Buenos Aires, Argentina, 2003.
- [2] J. SANTOS, R. DURO, *“Evolución Artificial y Robótica Autónoma”*, Ed. Alfaomega – Ra-Ma, México 2005.
- [3] I. HARVEY, *“Artificial Evolution and Real Robots, Proceedings of Internacional Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB)”*, Masanori Sugisaka (Ed), Beppu, Japan, pp. 138-141, 1996.

- [4] A. OLLERO BATURONE, “*Robótica Manipuladores y robots móviles*”. Ed. Alfaomega – Marcombo, Barcelona España, 2007.
- [5] J. R. HILERA, V. J. MARTÍNEZ, “*Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones*”, Ed. Alfaomega Ra-Ma. Madrid, España, 2000.
- [6] A. A. HOSSIAN, L. A. CEJAS, L. V. OLIVERA, “*Estudio del comportamiento de vehículos robóticos en ambientes computarizados. Hacia un enfoque basado en conductas del tipo estímulo-respuesta*”, IVº Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería JEIN - UTN – FRA, Buenos Aires, Argentina 2014.
- [7] A. SCILLATO, D. COLÓN, J. BALBUENA, “*Técnicas de Navegación Híbrida para Navegación de Robots Móviles*”, Ed. Rama de Estudiantes del IEEE. Tesis de grado para obtener el grado de Ingeniero Electrónico. Universidad Nacional del Comahue 2005.
- [8] A. A. HOSSIAN, R. GARCÍA MARTÍNEZ, L. V. OLIVERA, “*Robótica de Navegadores. Un enfoque desde las Tecnologías Inteligentes*”, Ed. Nueva Librería, Buenos Aires 2014.
- [9] N. ARRIOJA LANDA COSIO, “*Inteligencia Artificial*”, Gradi, Buenos Aires 2007.
- [10] A. GARCÍA SERRANO, “*Inteligencia Artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones*”, Alfaomega, México 2012.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CARACTERIZACIÓN DE ESTUDIANTES QUE ACCEDEN Y PERMANECEN EN LA CARRERA DE INGENIERÍA

Ruberto, Alejandro, Facultad de Ingeniería, UNNE, aleruberto44@yahoo.com.ar

Balbi, Milena María, Facultad de Ingeniería, UNNE, milenabalbi@gmail.com

Giraudó, Marta Beatriz, Facultad de Ingeniería, UNNE, martabvgiraudó@gmail.com

Núñez, Gloria S., Facultad de Ingeniería, UNNE, nuñez.glorian@gmail.com

Resumen

Se aborda la determinación del perfil de los ingresantes, evaluando el rendimiento académico de los alumnos durante el primer nivel de la carrera de ingeniería, poniendo a la luz algunas estrategias didácticas para mejorar la enseñanza de la Matemática, validar las nuevas propuestas, formar recursos humanos para la implementación de las mismas; los cuales constituyen desafíos para el desarrollo de nuestra sociedad.

Para dar respuestas, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste plantea la implementación de políticas educativas abordando el estudio de variables académicas y pedagógicas que impactan en el ingreso y permanencia de alumnos en las carreras, contribuyendo a definir el perfil del estudiante.

En este contexto, los objetivos de la propuesta son identificar, recopilar y sistematizar datos relevantes relacionados con factores curriculares, institucionales y sociales que inciden en el rendimiento académico de los alumnos. La misma permitirá tomar decisiones más óptimas en la mejora, en tiempo y contenidos, de la formación de grado.

El estudio se enmarca en las prioridades de políticas universitarias fijadas por la Universidad Nacional del Nordeste. Como metodología de investigación se realizaron encuestas de tipo académica, búsqueda bibliográfica, relatos de experiencias y otras propias del dictado de las asignaturas.

Palabras clave: *perfil del ingresante, rendimiento académico ingenieril.*

1. Introducción

El presente trabajo aborda, por un lado, la problemática referida al rendimiento académico, relacionado con los resultados de aprendizaje: aprobación, desaprobación de materias, regularización; calificaciones obtenidas con los procesos de enseñanza y aprendizaje y las representaciones de profesores y estudiantes sobre rendimiento académico y su relación con las prácticas pedagógicas.

El bajo rendimiento académico actual es un problema complejo, tal lo demuestran los datos de los informes institucionales, que se realizan anualmente. Inciden en dicha problemática diversos factores relacionados con la implementación del currículo universitario, el impacto de los problemas sociales en la universidad (índices de pobreza y desempleo, entre otros) la fragmentación del sistema educativo, el deterioro de la calidad de la educación pública.

Considerando la complejidad de la situación planteada se hace necesario abordar la misma desde perspectivas metodológicas que den cuenta de dicho laberinto, tales como enfoques metodológicos cualitativo y cuantitativo a fin de obtener información significativa respecto del rendimiento académico de los estudiantes del primer año de la Facultad de Ingeniería.

Los resultados de este estudio se utilizarían como insumo para la toma de decisiones relacionadas con la elaboración de estrategias que ayuden a la mejora del desempeño académico de los estudiantes.

Este trabajo se basa en las investigaciones que se vienen realizando desde el año 2000 por este mismo grupo de trabajo y que han conseguido determinar estadísticas en una serie de tiempo de 15 años en la que se nota una tendencia positiva en la evolución de los índices mencionados. Los temas de tratamiento del presente proyecto son en la actualidad motivo de estudio y trabajo en todas las universidades argentinas y tienen su origen en la necesidad de conocer, evaluar y buscar soluciones a problemas comunes de la enseñanza superior durante los primeros años de la carrera, que se acentuaron a partir del mayor ingreso de alumnos en los últimos años.

Es necesario realizar una mirada cuantitativa y otra cualitativa para comprender cabalmente y con mayor profundidad esta temática. Solamente así se podrán realizar acciones remediales futuras que mejoren la permanencia, retención y continuidad de los alumnos del primer año de la Facultad de Ingeniería.

Entendiendo que se mejoraría el rendimiento académico de los estudiantes llevando adelante acciones a la luz de la complejidad que encierra el concepto, en sentido amplio y a la vez profundo, estudiado y analizado desde las dimensiones institucionales, curriculares, sociales y profesionales que condicionan el éxito académico.

La bibliografía sobre la temática del trabajo es extensa, no obstante Tejedor Tejedor et al [1] [2] presenta las siguientes variables que son una guía de identificación de esta temática que favorece el estudio y la investigación de los factores que inciden en el rendimiento académico:

- **Variables de identificación:** género y edad
- **Variables psicológicas:** aptitudes intelectuales, personalidad, estrategias de aprendizaje, motivación.
- **Variables académicas:** estudios anteriores, rendimiento previo, cursos realizados.
- **Variables pedagógicas:** competencias básicas en ingeniería, competencias para el aprendizaje, metodología de la enseñanza, estrategias de evaluación.
- **Variables socio-familiares:** estudios de los padres, nivel de ingresos, profesión.

Además se agregan las siguientes variables:

- **Variables institucionales:** horario de desarrollo de las asignaturas, acondicionamiento e edilicio, programas para el ingresante.
- **Variables representacionales:** representaciones individuales y colectivas de los alumnos y docentes sobre el rendimiento académico.

La última variable es de mucha importancia para este proyecto, debido a los múltiples significados que le son asignados a este concepto según los actores que se ven implicados y el rol que desempeñen dentro de la relación pedagógica-didáctica-institucional establecida. Las variables representacionales referidas al rendimiento académico atraviesan a las otras variables modificándolas, si se quiere esta es la variable independiente que condiciona implícita o explícitamente a las otras [3].

Según Moscovici, S. (1979), “*la representación es un corpus organizado de conocimientos y una de las actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran en un grupo o en una relación cotidiana de intercambios, liberan los poderes de su imaginación*”, lo cual, desde un abordaje psicosocial brindaría posibilidades de descubrir tales representaciones [4].

2. Materiales y métodos

Este estudio del perfil del ingresante se realizó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

El recorte del análisis efectuado se focaliza en el rendimiento académico de los estudiantes de 1º año de cada una de las carreras citadas precedentemente, en los siguientes puntos:

A. Recolección de información: la recogida de información se realizará a través de los siguientes instrumentos:

1. Cuestionario a los estudiantes.
2. Encuestas realizadas por la institución a los alumnos.
3. Entrevistas en profundidad a:
 - Docentes del 1º año.
 - Alumnos ingresantes pertenecientes a las carreras mencionadas.
4. Lectura de documentos:
 - a) Para la indagación de los factores curriculares se trabajará sobre los planes de estudio, los sistemas de evaluación y normativas académicas de la UNNE y de la Facultad de Ingeniería.
 - b) Lectura de bibliografía específica
 - c) Los datos aportados por el SIU Guaraní entre otros.

B. Análisis de la información

B.1. Fuentes primarias

- Matrices de datos cualitativos para categorizar la información de las entrevistas en profundidad a docentes y alumnos.
- Se analizarán estadísticamente las Encuestas aplicadas a alumnos.
- Se conformarán grupos de discusión con estudiantes seleccionados a efectos de analizar con ellos los resultados parciales obtenidos. Esto servirá para validar las interpretaciones de la información obtenida a través de las entrevistas y el análisis de documentos.

B.2. Fuentes secundarias (de información cuantitativa y documental)

De los estudiantes:

- Evolución del número de ingresantes.
- Porcentaje de ingresantes sobre el total de la matrícula.
- Distribución de los estudiantes por edad y género.

De la institución

- Becas.
- Biblioteca.
- Recursos informáticos.

- Tipología de las cátedras.

De las normas universitarias:

- Condiciones para ingresar a la facultad.
- Condiciones definidas por la institución.
- Condiciones de acreditación de las asignaturas del 1º año.

Además se realizó el estudio del ambiente de trabajo en el aula en el marco de un diseño de enseñanza por competencias, en las estrategias, ventajas y desventajas que pueden presentarse, mejorando el conocimiento de las relaciones que se establecen en una clase de matemáticas, características que suelen pertenecer mayormente a la esfera de la intuición o de saberes provenientes de la práctica. Constituyó una excelente oportunidad para revisar las prácticas docentes a la luz de las nuevas condiciones pedagógicas surgidas de las transformaciones institucionales y sociales que afectaron a la Universidad en los últimos años. Un ambiente de clases basado en la enseñanza por competencias en el ingreso a la Facultad de Ingeniería favorece el aprendizaje de los alumnos cuando se tiene en cuenta:

- 1- La importancia de lo social y del reconocimiento.
- 2- Dedicación y organización del docente.
- 3- El individualismo en la clase.

Basado en el análisis del impacto de lo realizado para esta investigación se observó que la forma de trabajo implementada favoreció el fortalecimiento de las competencias:

- Comprensión lectora.
- Producción de textos.
- Resolución de problemas.
- Destrezas cognitivas generales.
- Relaciones interpersonales.
- Específicas.

Competencias que apuntan a la formación del futuro ingeniero.

Los alumnos que ingresan a esta Facultad tienen un alto grado de expectativas y entusiasmo, durante el cursado del 1º año logran realizar cambios en su accionar como estudiantes.

Lo dado en clase fue suficiente para enfrentar el 1º parcial entre un alto grado y excelente, como así también fueron entendidos los temas desarrollados.

En más del 90% el profesor relaciona los temas dados de una clase a otra entre un alto grado y excelente.

3. Resultados y discusión

Se ha generado información válida y confiable acerca de la temática investigada del rendimiento académico en los estudiantes del primer año de la Facultad de Ingeniería, considerando tres niveles de análisis: una descripción detallada de las características más relevantes, comparación e interpretación de lo recogido.

Luego de este proceso de tratamiento de los datos se establecieron relaciones que guiaron la toma de decisiones en cuanto a las estrategias institucionales para el mejoramiento del rendimiento académico de los ingresantes a la Facultad, se espera que se logre una mejora sostenida de los índices con relación al promedio de los últimos diez años.

Las variables académicas no solo abarcan estudios anteriores, rendimiento previo, cursos realizados, sino que implícitamente incluyen el desempeño del alumno en la clase, su participación y compromiso, ya que asistir asiduamente al desarrollo de las asignaturas brindó la información necesaria para indagar desde la perspectiva de los estudiantes, sobre la actuación y desempeño de los docentes en los diferentes momentos de enseñanza-

***CARACTERIZACIÓN DE ESTUDIANTES QUE
ACCEDEN Y PERMANECEN EN LA CARRERA DE INGENIERÍA***

aprendizaje propuestos, que sirvieron como insumo a la hora de realizar la autoevaluación docente.

Con los datos obtenidos en las encuestas se realizaron los siguientes gráficos:

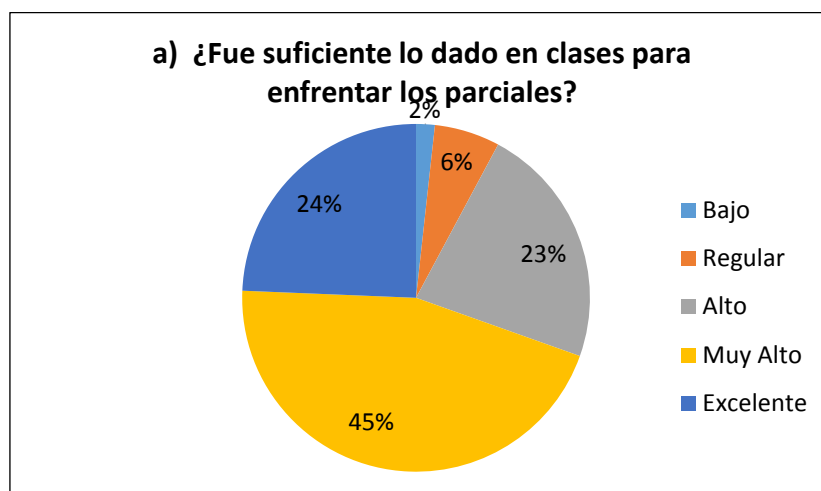


Gráfico 1: Adecuación de los temas y las evaluaciones

Los alumnos exteriorizaron que lo dado en clase fue suficiente para enfrentar las instancias de evaluación, esto quedó manifestado en el gráfico N°2 que la opinión de la gran mayoría fue de un alto a un excelente grado.

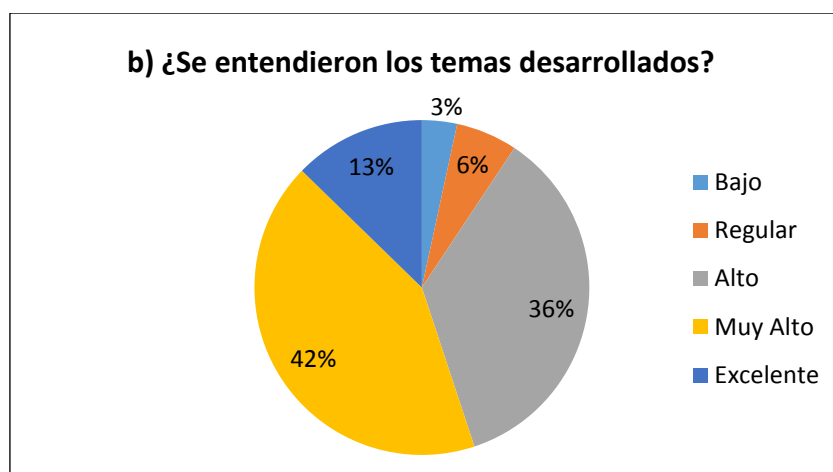


Gráfico 2: Entendimiento de temas

En esta pregunta se obtuvo la misma tendencia del punto anterior, en la que revelan que los temas desarrollados fueron entendidos por la mayoría de los estudiantes.

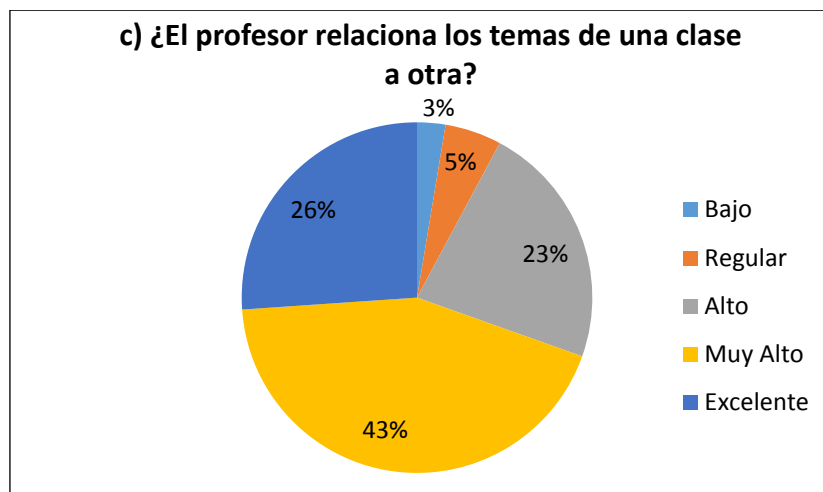


Gráfico 3: Relación de temas entre clases

En el gráfico se observa que más del 90% de los estudiantes opina que el profesor relaciona los temas dados de una clase a otra.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos sirven para:

- Conocer que los alumnos que cursan primer año de las carreras de ingeniería necesitan del cuerpo docente, no solo para el desarrollo académico en lo que respecta la explicación de los contenidos, sino también, para que los orienten en forma clara y con pautas específicas, que orienten aconsejando adecuadamente sus decisiones en momentos de incertidumbres y vacilaciones para lograr un mejor desempeño, promoviendo el protagonismo, la participación y la inserción cada vez más responsable e integradora en el ritmo de los estudios universitarios.
- Como insumo para la revisión de las prácticas de los docentes en la Universidad y para elaborar estrategias institucionales que viabilicen el ingreso y egreso del mayor número de estudiantes en los tiempos correspondientes a las carreras.
- Para reconocer y afrontar como un problema complejo el bajo rendimiento académico ya que en el inciden diferentes factores sociales, económicos y culturales, entre otros, permite elaborar estrategias de intervención desde distintos enfoques.

5. Referencias

- [1] TEJEDOR TEJEDOR, Francisco Javier y García-Valcárcel Muñoz-Repiso, Ana (2007) "Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario (en opinión de los profesores y alumnos). Propuestas de mejora en el marco de la EEES". Universidad de Salamanca. España. Revista de Educación N° 342.
- [2] TEJEDOR TEJEDOR, Francisco Javier (2003) "Poder explicativo de algunos determinantes del rendimiento en los estudios universitarios". Universidad de Salamanca. Revista española de pedagogía. Año LXI, n° 224.

*CARACTERIZACIÓN DE ESTUDIANTES QUE
ACCEDEN Y PERMANECEN EN LA CARRERA DE INGENIERÍA*

[3] RUBERTO, A; NUÑEZ, G.; BALBI, M.; GIRAUDO, M. (2015) “Avances en el estudio de variables que afectan el acceso y la permanencia en la carrera de ingeniería”. *Revista del Instituto de Matemática N°21 Año 11*. Facultad de Ingeniería. UNNE. p.68-75.

[4] MOSCOVICI, S. (1979) “El Psicoanálisis, su imagen y su público”. En LARES GUTIERREZ, M. E. En : *El modelo de las representaciones sociales de Serge Moscovici*. www.geocities.com/París/Rue/8759/mosco2.html

INTEGRANDO LA REALIDAD AL APRENDIZAJE DESDE PRIMER AÑO

Ignacio Cassol, Facultad de Ingeniería - Universidad Austral, icassol@austral.edu.ar

María Angélica Moya, Facultad de Ingeniería - Universidad Austral, mmoya@austral.edu.ar

Roberto Mattio, Facultad de Ingeniería - Universidad Austral, rmattio@austral.edu.ar

Resumen— Nuevos paradigmas como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes y la actual economía conforman un escenario complejo que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación. La formación del ingeniero no sólo consiste en la adquisición de conocimientos sino también saber integrarlos, desarrollar habilidades y valores necesarios para su actividad profesional en el mundo de hoy, complejo y con acelerados cambios.

A través de un Trabajo Práctico Integrador en la asignatura “*Introducción a la Ingeniería*” de primer año, se procura el desarrollo de competencias genéricas de egreso en ingeniería en alumnos de Ingeniería Industrial e Informática.

La realización en equipo del trabajo implica la definición de un problema/oportunidad de mejora en un contexto dado por la cátedra, aplicando métodos de ingeniería. Se debe identificar el alcance, las restricciones, consultar a un experto, proponer y discutir alternativas de solución y elegir la más adecuada contemplando en su justificación elementos del desarrollo sostenible. Así se coloca al estudiante ante diversas situaciones reales, similares a las que encontrará en su profesión.

La valoración de los alumnos ha sido positiva y se destaca especialmente la experiencia de trabajo en equipo y de aprendizaje activo. Para la cátedra, este trabajo práctico ha permitido la integración entre teoría y realidad y ha servido como hilo conductor del programa.

Palabras clave— *integración, aprendizaje activo, competencias.*

1. Introducción

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar una experiencia de enseñanza-aprendizaje orientada al desarrollo de competencias genéricas de egreso en ingeniería en alumnos de primer año de las carreras Ingeniería Industrial e Informática, a través de la realización de un Trabajo Práctico Integrador desarrollado durante el cuatrimestre de cursada de la materia “*Introducción a la Ingeniería*”.

1.2 Marco teórico

Nuevos paradigmas como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes y la actual economía conforman un escenario particular que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad actual exige más a la Universidad [1]. Esta realidad hace necesario “que las personas desarrollen capacidades amplias, que les permitan aprender, y desaprender, a lo largo de toda su vida para adecuarse a situaciones cambiantes. Es posible que no ocupemos el mismo puesto de trabajo toda la vida... Necesitamos conocimientos, habilidades y actitudes que nos faciliten esa flexibilidad que se hará imprescindible” [2].

En este sentido es aplicable la recomendación de la UNESCO: “La universidad debe no sólo enseñar sino fundamentalmente educar, dando importancia al concepto de educación integral. La formación no debe orientarse a la mera acumulación de conocimientos, sino a la adquisición de competencias y habilidades que contribuyan al desarrollo sostenible y al mejoramiento del conjunto de la sociedad” [3].

1.3 El concepto de competencia

El término competencia se ha utilizado desde 1970 en el ámbito laboral asociándolo al desarrollo de habilidades que requiere un profesional para desempeñar su trabajo en forma óptima. Ha sido también una consecuencia de la evolución en la estructuras organizativas de las empresas que fueron evolucionando de esquemas piramidales a matriciales, generando la necesidad de nuevas competencias a la hora de convocar profesionales en sus cuadros, tales como trabajo en equipo, liderazgo, comunicación, etc.

Sin embargo, no fue hasta 1980 que el término empezó a ser utilizado en el ámbito de la educación, y a partir de 1990, se comenzaron a elaborar modelos para implementar competencias en diferentes niveles educativos, tendientes a hacer más eficiente el proceso de aprendizaje.

Se entiende por competencia una combinación interrelacionada de destrezas cognitivas y prácticas, conocimiento (incluyendo conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otras componentes que juntas pueden ser movilizadas para lograr una acción efectiva en un contexto particular [4]. El término competencia deriva de “competere”, que significa dirigirse con otros hacia algo. Competencia, entonces, aglutina “con”, equipo, hacer con otros, poder hacer con los otros porque cada uno está capacitado para aportar en ese hacer con los otros. Alguien es competente cuando puede integrarse en una tarea con los demás [5].

El ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer y saber comunicar. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje [6], lo que lleva, entre

otras cosas, a integrar conocimientos, habilidades y valores para lo cual es necesario no sólo poseerlos, sino también saber seleccionarlos y combinarlos de forma pertinente según cada situación.

1.4 Enseñanza por competencias

La asignatura “*Introducción a la Ingeniería*” tiene entre sus objetivos “informar al alumno las singularidades de la vida profesional” a la vez que “introducirlas al conocimiento y desarrollo de competencias profesionales tales como trabajo en equipo, comunicación, liderazgo, etc”.

Para que el estudiante pueda desarrollar competencias establecidas en el perfil del ingeniero, no basta con formarle en determinados conocimientos, habilidades y promover determinadas actitudes o valores, es necesario además favorecer el crecimiento continuo de capacidades subyacentes a las competencias. Para ello debe colocarse al estudiante ante diversas situaciones de estudio y trabajo similares a las que puede encontrar en la práctica de su profesión [7].

La educación basada en competencias implica un nuevo significado de aprender y por lo tanto también de enseñar. Quien aprende construye en forma personal competencias, pero desde los otros y con otros. Responde a metas y expectativas determinadas que surgen de las lógicas del mundo del trabajo y del mundo económico, social y político. Reconoce lo que construye y cómo ha realizado dicha construcción. Quien enseña, por su parte, crea las condiciones favorables para la construcción de las competencias y facilita las herramientas y las oportunidades de manera explícita para garantizar que esto sea posible. Al mismo tiempo, evalúa y acredita el desarrollo de las competencias, buscando evidencias de aprendizajes de los contenidos disciplinares y del desarrollo de las capacidades generales y específicas, diseñando los instrumentos de evaluación adecuados.

2. Materiales y métodos

El Trabajo Práctico Integrador (TPI) se gestó durante el año 2013 y se implementó exitosamente en los años sucesivos. El TPI es una experiencia de enseñanza-aprendizaje en donde los estudiantes -trabajando en equipo- deben identificar, proponer, evaluar y elegir justificadamente una alternativa de solución a un problema real abierto definido por ellos mismos dentro del marco de una consigna general. Tienen, por tanto, que ejercitar la proactividad, la creatividad, la interacción con los distintos actores que puedan guardar relación con el problema. Aplican al mismo tiempo, métodos propios de ingeniería para el análisis, conceptualización del alcance (espacial y temporal), identificación de alternativas de solución, comparación, análisis y evaluación de las mismas y finalmente, selección y justificación de una de ellas. El TPI constituye, a su vez, la aplicación a cuestiones concretas y cotidianas de los distintos temas que abarca la materia. Es una metodología activa en la cual cada alumno se enfrenta a una situación real que debe acotar, interactúa con su equipo de trabajo y con otros actores del problema planteado, intercambia ideas, aplica el método de prueba y error y es así protagonista de su propio aprendizaje. En este sentido el TPI se orienta al desarrollo de las siguientes competencias genéricas de egreso del ingeniero argentino [8]:

- a. Identificar, formular, proponer alternativas y elegir justificadamente la solución a un problema de ingeniería.
- b. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- c. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- d. Comunicarse con efectividad. En particular atendiendo las características de los jóvenes actuales, transmitir la importancia del valor de la formalidad y calidad de presentación, además de la calidad técnica.
- e. Aprender en forma continua y autónoma.
- f. Actuar con espíritu emprendedor.

2.1 Principales características del Trabajo Práctico Integrador

Los cursantes de la asignatura “*Introducción a la Ingeniería*” son aproximadamente 120 alumnos por año. La cátedra arma los equipos de trabajo de 4 o 5 integrantes con estudiantes de ambas carreras (Industrial e Informática). Se busca que los alumnos no se agrupen espontáneamente por amistades, sino que aprendan a relacionarse con otros compañeros que muchas veces no conocen. Así se procura recrear condiciones parecidas a las que encontrarán en la actividad profesional, equipos de trabajo muchas veces no elegidos y con integrantes con diferentes perfiles.

Luego de la edición 2014 y 2015 del TPI, se vio que la función del profesor-tutor podía ser también una oportunidad de formación en competencias para alumnos avanzados. Con esta incorporación, el profesor-tutor asume el rol de supervisar a los alumnos-tutores. Para este año 2016, se invitaron a siete alumnos especialmente elegidos por sus cualidades personales y todos aceptaron. Así en esta edición cada alumno-tutor quedó a cargo de 3 o 4 equipos, con plena autoridad para la dirección y orientación de los mismos.

Para cada equipo, se establecen al menos dos reuniones de avance con el tutor. Se requiere que todos los integrantes del equipo participen de las mismas. Estas se llevan a cabo fuera de horario de clase. En ambas reuniones, cada equipo debe entregar un informe parcial de avance. A través de la plataforma virtual (Moodle - Campus Austral) los alumnos reciben las bases y las plantillas de los documentos a entregar.

Los documentos finales denominados “entregables” del TPI por equipo son un Informe Final escrito y un Poster explicativo. Se da la opción de una maqueta si corresponde, de carácter optativo.

A principio de año, la cátedra define una fecha para la Muestra de Posters e invita a todo el claustro docente a formar parte en carácter de evaluador. El día fijado, todos los equipos exponen sus posters en un lugar común y público de la Universidad. Los integrantes de cada equipo explican en forma oral –a través del poster- su trabajo al grupo de profesores-evaluadores que va recorriendo la Muestra. Se los evalúa según la rúbrica indicada en la Tabla 1.

Tabla 1. Rúbrica de evaluación del poster y la exposición oral

EVALUACION ASPECTO	MUY BIEN		BIEN		REGULAR	
COMPETENCIA COMUNICACIÓN ESCRITA - POSTER TPI						
FORMAL	Es claro en su organización de contenidos y atractivo visualmente (usa colores y tamaño adecuado de letra)		Son adecuadas sus partes, pero no resulta fácil su lectura (letra demasiado chica, errores ortográficos, falta de contraste, etc.)		No es claro en su organización ni resulta fácil su lectura (letra chica, errores ortográficos, falta contraste o resolución de imágenes).	
CONTENIDO	Expresa sintéticamente lo actuado en forma, clara, completa y bien justificada.		Expresa parcialmente lo actuado o falta capacidad de síntesis/justificación.		No es claro ni completo para explicar lo actuado.	
COMPETENCIA COMUNICACIÓN ORAL - EXPLICACION TPI						
PARTICIPACIÓN	Todos los integrantes del equipo hacen aportes ordenadamente a la explicación del TPI.		Algunos integrantes del equipo intervienen sólo a requerimiento y/o en forma desordenada.		La mayoría de los integrantes del equipo repite lo ya dicho por otros y/o hay miembros que no intervienen.	
FORMAL	Todos los integrantes del equipo cuidan su presentación personal, las posturas y gestos.		Algún integrante del equipo no cuida su presentación personal, las posturas y gestos.		La mayoría de los integrantes del equipo no cuidan su presentación personal, las posturas y gestos.	
CONTENIDO	Todos los integrantes del equipo se expresan en forma clara, concisa y usan vocabulario técnico específico.		Algunos integrantes del equipo no tienen un adecuado manejo de vocabulario técnico y/o claridad conceptual.		La mayoría de los integrantes del equipo no tienen un adecuado manejo de vocabulario técnico y/o claridad conceptual.	

Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Consignas

Cada edición el TPI responde a una “consigna general” como marco de referencia del ámbito de trabajo. En la Tabla 2 se indica la consigna para cada año y se ilustra con posibles ejemplos de situaciones.

Tabla 2. Consignas del ámbito de trabajo

AÑO	ÁMBITO de TRABAJO	OBSERVACIONES
2014	Institución solidaria, educativa, servicio público	La Institución elegida deberá estar cerca de la zona en donde vive alguno de los alumnos. Por ejemplo comedor de un barrio carenciado, salón parroquial de una iglesia, escuela de una zona carenciada, posta sanitaria/hospital de día, etc.
2015	Espacio de uso compartido	Serán lugares físicos, públicos o privados, de uso compartido por distintas personas. Por ejemplo áreas de esparcimiento en plazas, lugares de accesos en edificios, oficinas públicas, barrios privados, rutas, calles, avenidas, paradas de transporte público, estaciones de tren, bibliotecas, hospitales etc.
2016	Situación de consumo masivo	Pueden ser shoppings, aeropuertos, terminales de transporte, hospitales, supermercados, cines, estaciones de servicio, parques de diversiones, entre otros. También se pueden considerar eventos que implican consumo masivo (recitales, congresos, actos políticos, etc.)

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Realización

El TPI implica la realización de los siguientes pasos:

- Identificar y definir un problema/oportunidad de mejora de ingeniería.
- Identificar las restricciones que guarden relación con el problema.
- Proponer y discutir posibles soluciones.
- Elegir la solución más adecuada con su respectiva justificación, incorporando análisis de elementos de desarrollo sostenible y beneficios esperados.
- Presentar el plan de ejecución de la solución propuesta (Diagrama de Gantt).

Los problemas a evaluar pueden tener diferentes envergaduras (gran inversión, una simple idea ingeniosa, etc.). El valor a cuidar en este aspecto es que el trabajo en sí, sea real, serio, completo y esté adecuadamente justificado. Sin ser un requisito obligatorio, se recomienda pensar en realidades que permitan relacionar (vincular) a distintas instituciones entre sí que puedan facilitar y potenciar la solución.

Además de las dos instancias de seguimiento y orientación del tutor, los equipos deben consultar y recibir el consejo de al menos un experto en alguna de las áreas de análisis o estudio a contactar ellos mismos. Se entiende por experto alguna persona mayor que tuviera conocimiento del problema o relación con la solución propuesta. Ej: asesoramiento para evaluar las restricciones del problema, para hacer el análisis medioambiental, para evaluar un presupuesto técnico de una posible solución, etc.

2.1.3 Presentación de resultados

Tanto el Informe Final escrito, como el Poster explicativo tienen una plantilla de formato a respetar y cumplir. Se hace especial consideración al momento de su presentación el estricto cumplimiento de las pautas preestablecidas. Éstas comprenden formato, ortografía, ordenamiento de los temas, calidad de la presentación incluyendo redacción, sintaxis, profundidad de los contenidos, etc. Se debe incluir, asimismo, un diagrama de GANTT correspondiente al plan de acción.

El objetivo del Poster es mostrar visualmente la información necesaria para entender el proceso llevado a cabo por el equipo y la identificación y justificación de la solución propuesta. El poster es la base sobre la cual se desarrolla la exposición oral del equipo a profesores de la carrera invitados como evaluadores.

2.1.4 Evaluación

La evaluación final resulta del informe de los tutores en lo relativo al proceso de trabajo de cada equipo puesto en evidencia en las sucesivas reuniones de avance, de la calificación del Informe Final Escrito a cargo del profesor responsable del TPI, de evaluación del poster y de la presentación oral frente a un panel de profesores, invitados especialmente para dicho propósito.

Se consideran particularmente los siguientes aspectos:

- Calidad de la presentación escrita: cumplimiento de los aspectos básicos indicados en el punto 2.1.3.
- Contenido del trabajo: selección de la solución técnica más adecuada incluyendo el análisis de los aspectos de los posibles impactos sociales, económicos o ambientales.
- Poster explicativo: creatividad, calidad estética y comunicacional de la pieza.
- Exposición oral frente al poster: capacidad de comunicación oral (uso de vocabulario específico, argumentación, comunicación no verbal como posturas, compromiso, etc.).

3. Resultados

Los temas elegidos respondieron a las consignas dadas, identificándose problemas existentes en el entorno de las ocupaciones habituales de los alumnos.

La elección de la alternativa de solución más favorable se realizó aplicando, en mayor o menor medida y con las limitaciones propias de estudiantes de primer año, los pasos previstos en el diseño de ingeniería desarrollado en las clases de la materia.

A modo de ejemplo, se indican a continuación algunos de los temas elegidos en los años 2014, 2015 y 2016 donde puede advertirse la identificación con las consignas asignadas (cfr. Tabla 2).

Año 2014 – Ámbito de aplicación: Institución con finalidad solidaria, educativa, bien común.

- Plan de reparación de aulas de la Capilla Beato Ceferino Namuncurá.
- Colocación de cielo raso en la Escuela EGB N° 12 Gral. Martín Miguel de Güemes.
- Reparación del techo de la Posta Sanitaria Las Lilas.
- Acceso para discapacitados en la Escuela Islas Malvinas N° 16.
- Huerta para el Hogar del Milagro.

- Construcción de un taller de costura y un taller mecánico en el Hogar de Niños del Milagro.

En la figura 1 se muestra la distribución porcentual de los temas elegidos. Como se observa, en su gran mayoría (87%) el ámbito de trabajo del problema a resolver se centró en instituciones de ayuda solidaria. Este es un tema de particular sensibilidad entre los jóvenes de hoy.

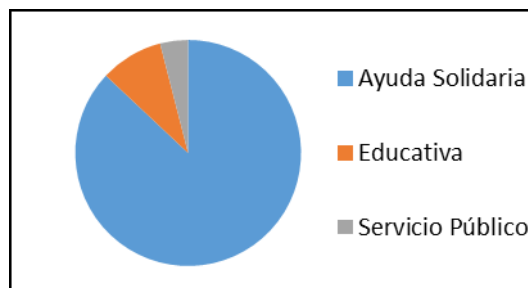


Figura 1. Distribución porcentual de los temas elegidos (año 2014).

Fuente: Elaboración propia

Año 2015 - Ámbito de aplicación: espacios de uso compartido.

- Sistema de mejora y de adaptación de paradas de colectivo para los discapacitados.
- Implementación de tecnología GPS para efficientizar el uso de colectivos en CABA.
- Reutilización de formaciones de tren en desuso para una respuesta rápida ante catástrofes.
- Sistema de Control de Asistencias.
- Instalación de paneles solares en el edificio de grado de la Universidad Austral.
- Construcción de senda peatonal alrededor del Campus Austral utilizando adoquines ecológicos.

En la figura 2 se observa para esta consigna una prevalencia (52%) de cuestiones relacionadas con el transporte y accesos públicos. Le siguen (22%) temas relacionados con mejoras en cuestiones del funcionamiento de la universidad. Señalamos, para este caso, la sensibilidad para temas relacionados con el cuidado del medio ambiente (9%).

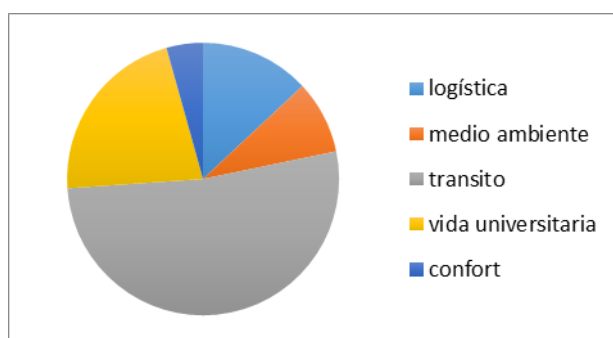


Figura 2. Distribución porcentual de los temas elegidos (año 2015)

Fuente: Elaboración propia

Año 2016 - Ámbito de aplicación: Situaciones/eventos de consumo masivo

- Uso desmedido de tickets de papel en estacionamiento de Shopping DOT.
- Entrada y salida de peatones del estadio Direct TV Arena.
- Optimización de la entrada de visitas barrio La Lomada.
- Uso desmedido de bolsas en Hipermercado Jumbo Pilar.

- Mejora en el sistema de estacionamiento de la facultad.
- Optimización comercialización de tickets ingreso Estadio de Boca Juniors.

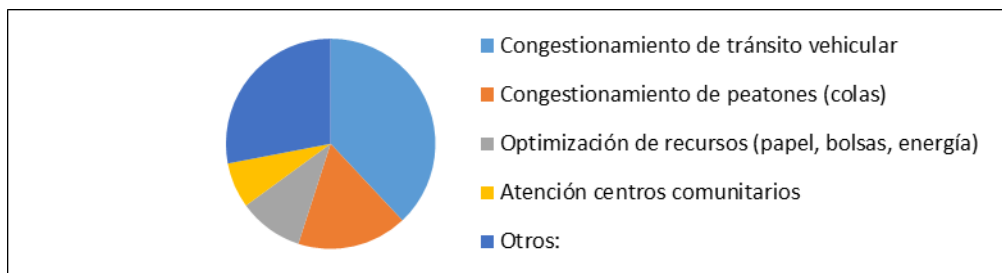


Figura 3. Distribución porcentual de los temas elegidos (año 2016)

Fuente: Elaboración propia

Como se desprende de la figura 3, existe una marcada preocupación (casi 40%) por las congestiones de tránsito vehicular, muy habituales en zona norte y en el ámbito donde desarrollan sus actividades los alumnos. Esta tendencia se repite ya que, en el TPI de 2015, el mismo rubro tuvo el 52 %.

En general, las propuestas presentadas en los años 2014 y 2015 fueron factibles de aplicación. No se extiende esta consideración al año 2016 porque los Trabajos Prácticos Integradores aún están en su fase final de terminación. En el caso de la edición 2014, merece destacarse que algunas de las soluciones propuestas para los problemas identificados fueron implementadas por las respectivas instituciones beneficiarias a las que los alumnos continuaron vinculados (parroquias, escuelas, etc).

En la exposición oral final se observó que cada equipo de trabajo adoptó sus propias normas de funcionamiento y comunicación adaptadas a las circunstancias de los integrantes (distancia entre los respectivos domicilios, horarios de estudio, contacto con experto, conocimiento y cercanía del problema, etc.) lográndose, de acuerdo a sus propias declaraciones, una adecuada integración y comunicación entre los participantes.

A continuación se presentan un extracto de los resultados de la Encuesta Final de evaluación del TPI de los años 2014 y 2015. A través de ella se buscó conocer la visión de los alumnos respecto de esta actividad, identificar aciertos y oportunidades de mejora. Aún no se ha realizado la correspondiente al año 2016. Se hará al finalizar el dictado de la materia.

A la pregunta *¿Vos cuánto participaste en el TPI?* le corresponden los resultados de la figura 4.

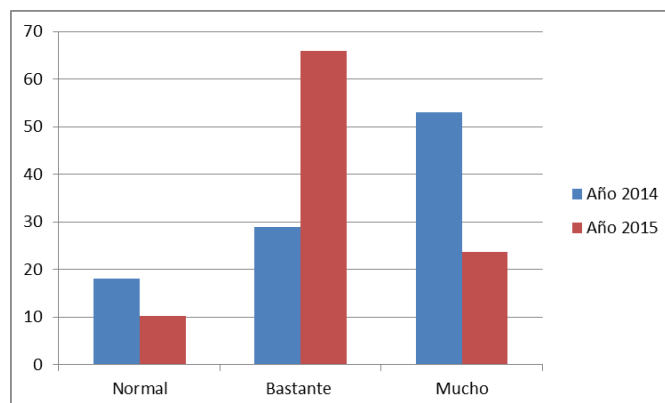


Figura 4. *¿Vos cuánto participaste en el TPI?* Respuestas años 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia

De este gráfico se desprende que los alumnos se involucraron mucho más con el ámbito de trabajo del año 2014. Tal como se mencionó, ese año se trataron temas de ayuda social que son de especial preocupación para esta generación.

A la pregunta *¿Te parece conveniente hacer el TPI en año que viene?* la respuesta fue contundentemente afirmativa en ambas ediciones tal como surge de la figura 5.

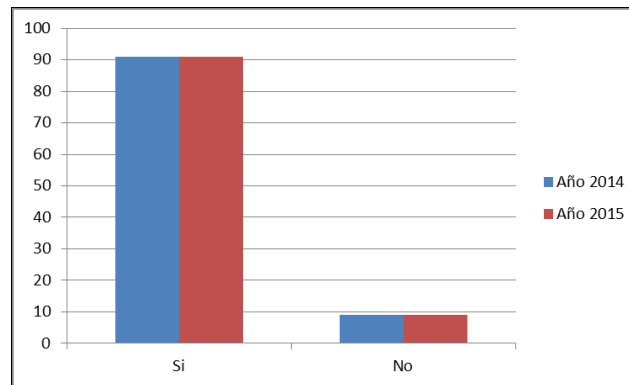


Figura 5. *¿Te parece conveniente hacer el TPI el año que viene?* Respuestas años 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia

Dado que la iniciativa de finalizar el TPI con un Poster explicativo fue una innovación importante para alumnos de primer cuatrimestre de la carrera de ingeniería, en el año 2014, primera edición del TPI, se preguntó de forma particular este tema. Las respuestas fueron ampliamente favorables como se visualiza en la figura 6. Se interpreta que se comprendió el valor de esta herramienta de comunicación y por tanto continuó utilizándola en los años posteriores.

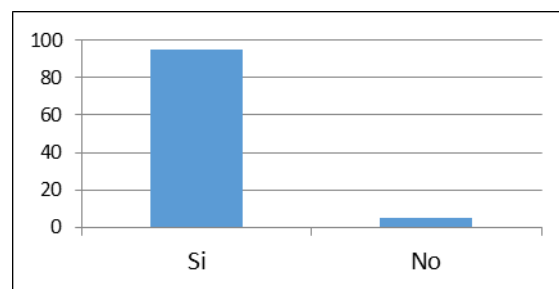


Figura 6. *¿Te parece bueno mantener la confección y entrega del Poster como parte del TPI??*

Respuestas año 2014. Fuente: Elaboración propia

En el año 2015 se indagó acerca del proceso de realización del TPI acompañando mediante las reuniones de avance con el tutor y de los “entregables” finales. Todos estos *items* se valoran muy positivamente (figura 7); se ha entendido el proceso de realización y la importancia de cada producto final.

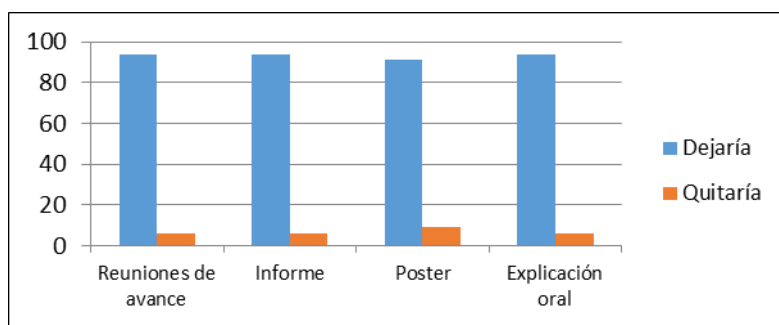


Figura 7. ¿Qué dejarías y qué quitarías del TPI? Respuestas año 2015.

Fuente: Elaboración propia

Otras preguntas de la Encuesta Final fueron abiertas, a desarrollar. Se muestra a continuación una selección representativa de comentarios, algunos son favorables y otros plantean críticas.

Lo más positivo del TPI:

- *“Fue una buena experiencia de trabajo en grupo y sirvió como modelo de futuros trabajos que tendremos que hacer como ingenieros”*
- *“... fue participar en equipos formados por diferentes compañeros de diferentes grupos de amigos”*
- *“... fue que en la exposición oral participaron muchas personas de la Austral con diferentes profesiones y posiciones que daban diversidad de comentarios para ayudar”*
- *“... fue el hecho de poder volcar nuestra imaginación y conocimientos a intentar resolver un problema con el cual convivimos”*

Qué cambiarías del TPI:

- *"Poder elegir los grupos".*
- *"... las reuniones de avance, generaron más incomodidades que ventajas. Coincidir todos en un horario generalmente fuera de horario de clases y presentar algo que fácilmente lo podríamos hacer por mail generó dificultades".*
- *"... la modalidad de las reuniones de avance. Cada grupo podría pedir reuniones si quisiera, y no obligadas, porque esto obliga al grupo a armar, por ejemplo, un informe apurado, para llegar a tiempo a las reuniones"*

La gran mayoría de los comentarios destacan favorablemente el trabajo en equipo y sobre temas de la realidad definidos por los mismos alumnos. De las críticas surge para la cátedra la necesidad de mejorar la comunicación inicial del TPI y sus objetivos. Las incomodidades que perciben los alumnos tienen una finalidad pedagógica, ya explicada en este trabajo, orientada al futuro ejercicio profesional (cumplimiento de exigencias de calidad y tiempos, por ejemplo).

Si bien aún no se han realizado las Encuestas Finales 2016, puede adelantarse que ha sido muy favorable la incorporación de los tutores-alumnos para las tareas de seguimiento y supervisión de los equipos de trabajo. Ésta permitió no solo brindar más tiempo al seguimiento de cada grupo, sino también representa una oportunidad para los mismos tutores de desarrollar competencias de liderazgo y comunicación puestas a prueba en la orientación y guía de alumnos de años inferiores en pos de un objetivo definido.

4. Conclusiones

Dentro de las limitaciones propias de un primer trabajo práctico y de la condición de alumnos de primer año de ingeniería, se observa un buen desarrollo de trabajo en equipo, de comunicación interpersonal y del manejo adecuado del tiempo.

En general, las soluciones propuestas pueden ser viables de llevar a la práctica de contarse con los medios necesarios, lo que permite reconocer, en los alumnos participantes, una visión práctica en la solución de los problemas planteados.

Se confirma que la metodología de “aprendizaje activo” es altamente eficaz para esta franja etaria en que los desafíos y retos los motivan. Los nuevos conocimientos adquieren así otra dimensión y una aplicación concreta.

El trabajo realizado sobre un tema cercano a los intereses de los estudiantes y en un contexto cotidiano, potencia las posibilidades de que el aprendizaje sea verdaderamente significativo: adquiere sentido, importancia y pertinencia.

Este ejercicio al inicio de la carrera actúa como un despertador de la importancia de la comunicación (escrita y oral), el trabajo en equipo y la aplicación de métodos de ingeniería a la solución de problemas. Tienen por delante toda la carrera académica para continuar desarrollándolos.

La reciente incorporación de la figura del alumno-tutor genera un nuevo campo de trabajo pedagógico para el fortalecimiento de competencias de estos alumnos próximos a recibirse.

Tal como se ha explicado, este Trabajo Práctico tiene un carácter integrador múltiple:

- Entre la teoría y la práctica de los temas desarrollados en la materia “*Introducción a la Ingeniería*”. El TPI ha resultado de mucha utilidad para darle unidad y continuidad a la materia a través de una experiencia activa, transversal y práctica.
- A partir de la edición 2016, entre alumnos que comienzan la carrera de Ingeniería y quienes la están finalizando y están ya insertos en el mundo laboral. Las recomendaciones de estos tutores-alumnos que hablan el mismo lenguaje y tienen los mismos códigos representan modelos cercanos y reales a seguir.
- Entre el mundo académico y el medio donde se encuentra radicada la Facultad de Ingeniería. Permite descubrir la aplicación de la ingeniería como “solucionador de problemas” en la vida práctica. Al mismo tiempo, es una mirada del ejercicio de la profesión que ayuda a generar compromiso con el estudio en un estadio de la carrera donde las materias de ciencias básicas son mayoritarias y muchas veces resultan muy abstractas.

5. Referencias

[1, 8] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA CONFEDI (2014). Competencias en Ingeniería. Mar del Plata. 1° Edición. Universidad FASTA Ediciones. Argentina, p.9. Disponible en: <http://docplayer.es/9651520-Competencias-en-ingenieria.html> (acceso 23/05/2016)

[2] CANO GARCÍA, M.E. (2008). “La evaluación por competencias en la educación superior”. Profesorado Revista de Currículum y Formación del profesorado. Vol.12, N°3. Universidad de Granada, España.

[3] UNESCO (1998). “Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI. Visión y acción y marco de acción prioritaria para el cambio y el desarrollo de la educación superior”. Disponible en:

http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm (acceso 5/10/15)

[4] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO OCDE (2005). “La definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo” (DeSeCo), p.3.

Disponible en: <http://es.slideshare.net/primariaraceli85/competencias-clave-deseco> (acceso 23/05/16)

[5] TOBÓN, S. (2006). Formación basada en competencias. Ecoe Ediciones Ltda. Segunda Edición. Bogotá, p.XVI.

[6] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA CONFEDI (2010). La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible. Congreso Mundial Ingeniería 2010. Buenos Aires, Argentina, p.13.

[7] MASTACHE, A. (2007). Formar personas competentes. Desarrollo de competencias profesionales y psicosociales. Editorial Noveduc. Colección Educación y Trabajo. Buenos Aires, p.82.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

HACIA UN MODELO DE FORMACIÓN POR COMPETENCIAS EN LA ASIGNATURA INGENIERÍA ECONÓMICA

Isolda Mercedes Erck, Universidad Nacional de Misiones, erck@fio.unam.edu.ar
Víctor Andrés Kowalski, Universidad Nacional de Misiones, kowal@fio.unam.edu.ar
José Antonio Posluszny, Universidad Nacional de Misiones, posluj@fio.unam.edu.ar
Atahualpa Pauni Jones, Universidad Nacional de Misiones, aty_ing@hotmail.com

Resumen— Un equipo docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, a través de un proyecto de investigación que concluyó en 2014, formuló y aplicó un Modelo de Formación por Competencias en una asignatura de la carrera Ingeniería Industrial. Este modelo se apoya sobre tres pilares: la Formulación de Competencias a desarrollar, la Mediación Pedagógica y el Sistema de Evaluación de Competencias. En 2015 se inicia un nuevo proyecto con el objetivo de desarrollar un modelo general que pueda ser aplicado a todas las asignaturas de la carrera. Se han seleccionado ocho asignaturas, entre las cuales se encuentra Ingeniería Económica. Actualmente se está completando la primera fase del proyecto, que incluye desde la nivelación de saberes sobre aspectos pedagógicos y de formación por competencias, hasta la formulación de éstas, entre otras actividades. El objetivo del presente trabajo es presentar resultados parciales de la implementación del proyecto en la asignatura Ingeniería Económica. La metodología se basa en un enfoque mixto, que combina los enfoques cualitativos y cuantitativos. Las principales conclusiones obtenidas hasta el momento señalan que es preciso un cambio del rol del docente, de transmisor a facilitador de contenidos, y que la adecuada formulación de competencias posibilitará una revisión de contenidos para un tratamiento más preciso de los mismos objetivando la formación de ingenieros competentes.

Palabras clave— *Formación por Competencias, Ingeniería Industrial, Ingeniería Económica*

1. Introducción

La Formación por Competencias se ha transformado en un tema difícil de ser soslayado, no solamente a nivel nacional, sino particularmente a nivel iberoamericano, como queda evidente en los documentos del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [1] y de la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) [2]. CONFEDI ha establecido Competencias Genéricas (CG), separadas en cinco Tecnológicas (CT) e igual cantidad de Sociales, Políticas y Actitudinales (CSPA), aunque no se ha avanzado sobre las Competencias Específicas [1] para cada titulación de ingeniería. A pesar de la polisemia existente y de la evolución teórica que hubo desde 2007 en torno al concepto de Competencia, la definición que ha propuesto CONFEDI [1]: “Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con

el fin de resolver situaciones profesionales”, sigue en plena vigencia. Aún más, se ha fortalecido a partir de la “Declaración de Valparaíso” en noviembre de 2013 cuando ASIBEI toma como propia esta definición y además adopta tanto el esquema como el listado de CG de CONFEDI, que de por sí marca un distintivo respecto de otros referenciales.

Un equipo docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIUNaM) comenzó con una serie de experiencias piloto que derivaron en la implementación de un proyecto de investigación a partir de 2011. Mediante este proyecto, que concluyó en 2014, se formuló y aplicó un Modelo de Formación por Competencias (MFPC) con resultados muy positivos en la asignatura Investigación Operativa de la carrera de Ingeniería Industrial. Este Modelo se apoya sobre tres pilares fundamentales: la Formulación de Competencias a desarrollar, la Mediación Pedagógica (Selección de Métodos y Modalidades de Enseñanza) y el Sistema de Evaluación de Competencias [3].

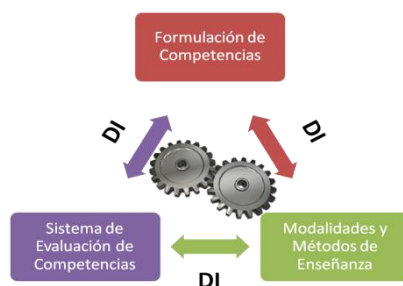


Figura 1: Estructura general del Modelo de Formación por Competencias implementado en la FIUNaM (Fuente: Elaboración Propia)

Si bien este modelo “funciona” eficientemente en una asignatura, y además está en permanente revisión y mejora, extrapolarlo en forma directa a otras asignaturas con características diferentes, sin hacer un análisis previo, puede conducir a formulaciones inconsistentes con la realidad de cada asignatura. Es preciso entonces ver qué impacto tienen ciertas características objetivas de cada asignatura en el primer modelo y realizar los ajustes pertinentes. Mediante ello, se puede lograr un modelo general que sí puede ser replicado en cualquier asignatura, inclusive de otras carreras. Por esta razón a partir de 2015 se inicia un nuevo proyecto que incluye ocho asignaturas las cuales han sido seleccionadas de manera que se contemplen la mayor variedad de características objetivas diferentes. Entre estas asignaturas se encuentra Ingeniería Económica (IE). El objetivo del presente trabajo es presentar resultados parciales de la implementación del proyecto en lo que se refiere a la asignatura Ingeniería Económica.

2. Breves aspectos metodológicos

Si bien la investigación general del proyecto se realiza bajo el paradigma pragmático [4], la estrategia que se está utilizando aquí es el estudio de casos múltiples, y en particular en este trabajo el estudio de caso simple, junto al análisis de la práctica interpretativa y la investigación participativa cooperativa. Según Mertens [4] esto implica que los co-investigadores: identifican un problema para investigar juntos; implementan sus procedimientos de investigación en la vida cotidiana y el trabajo; revisan e interpretan los datos y sacan conclusiones para el cambio en la práctica o la necesidad de investigaciones adicionales. En este esquema se “puede construir explicaciones que vinculan fenómenos y procesos en términos causales, referidos a un determinado contexto y expresados en términos narrativos” [5]. Las técnicas e instrumentos utilizados son, entre otros, revisión documental y bibliográfica, técnicas de observación, y encuestas semi-estructuradas, grupos de discusión, y

la posterior triangulación. En forma muy resumida se puede decir que la metodología se basa en un enfoque mixto, que combina los enfoques cualitativos y cuantitativos.

Previamente se presentarán algunos conceptos sobre la asignatura IE, que en realidad actualmente es una de las disciplinas de la Ingeniería Industrial, así como las bases conceptuales del MFPC con el cual se está trabajando en la FIUNaM. Estas bases conceptuales, que obran como Marco Teórico, son a su vez uno de los resultados del proyecto en el sentido que propone Sampieri et al. [6].

3. Aspectos conceptuales de Ingeniería Económica y la Formación por Competencias

3.1 Ingeniería Económica en Ingeniería Industrial

Si bien existen diferentes definiciones de la Ingeniería, actualmente a nivel regional por primera vez se dispone de una propia. Cuando se impulsa el proceso de acreditación de la Titulación Ingeniería en el MERCOSUR, a través del Sistema ARCU-SUR, se adopta la siguiente definición: “La carrera de Ingeniería se define como el conjunto de conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos de base físico-matemática, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas y productos, procesos y obras físicas, mediante el empleo de la energía y materiales para proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, preservando el medio ambiente” [7]. Es así que cualquier componente, producto, sistema, proceso o servicio concebido por un ingeniero (o un conjunto interdisciplinario) no solamente debe cumplir con factibilidades técnicas sino también económicas, cuestión que en la actualidad, habida cuenta de cómo se manejan los mercados, resulta ser hasta más importante que los aspectos técnicos. En el sistema de formación de ingenieros en general, y en el caso particular de ingeniería industrial, siempre se ha resuelto esta cuestión con la incorporación de contenidos de las ciencias económicas, muchas veces más orientado hacia la determinación de los costos que para hacer una programación de los requerimientos financieros o la evaluación de un proyecto en cuanto a su rentabilidad.

Eugene Grant, considerado como el “padre de la Ingeniería Económica” introduce por primera vez este concepto en el año 1930 [8]. Blank y Tarquin [9] sostienen que la ingeniería económica “implica formular, estimar y evaluar los resultados económicos cuando existen alternativas disponibles para llevar a cabo un propósito definido” o “un conjunto de técnicas matemáticas que simplifican las comparaciones económicas”. En tanto Sullivan et al. [8] afirman que “la ingeniería económica es la parte que mide en unidades monetarias las decisiones que los ingenieros toman, o recomiendan, en su trabajo para lograr que una empresa sea rentable y ocupe un lugar altamente competitivo en el mercado”. Queda claro entonces que sin el manejo de esta disciplina pueden fracasar proyectos de ingeniería, aunque desde el punto de vista técnico estén correctamente formulados.

Sin embargo esta disciplina tardó un tiempo considerable en ser parte de los programas de formación de ingenieros en general, y en la Argentina aún no se ha consolidado de tal manera, a pesar de que las primeras ediciones de los textos clásicos que se usan a nivel mundial en forma académica datan de la década del 50. Prueba de ello es que de las carreras de ingeniería industrial que obtuvieron la acreditación por seis años en el último proceso, solamente el 16% cuenta con esta disciplina como asignatura en sus Planes de Estudio. Por otra parte la normativa que regula el proceso de acreditación de la carrera ingeniería industrial, la Res ME 1054/02 [10] resulta contradictoria en relación a esta disciplina. Por un lado, el Anexo V de la mencionada norma, establece entre las Actividades Reservadas al Título de Ingeniero

Industrial las siguientes: “K. Efectuar la programación de los requerimientos financieros para la producción de bienes industrializados” y “M. Efectuar tasaciones y valuaciones de plantas industriales en lo relativo a: sus instalaciones y equipos, sus productos semielaborados y elaborados y las tecnologías de transformación utilizadas en la producción y distribución de bienes industrializados”. En tanto, el Anexo I, que establece los contenidos curriculares básicos, no tiene considerada esta disciplina ni en las Tecnologías Aplicadas ni en las Tecnologías Básicas, aunque aparece una mención en las Complementarias: “Economía” y “Formulación y Evaluación de Proyectos”.

En la carrera de ingeniería industrial de la FIUNaM esta disciplina ocupa un lugar significativo tanto en el Plan de Estudio vigente (que data del año 1999) como en el nuevo Plan de Estudio que se ha puesto en vigencia a partir del presente año. En ambos casos se encuentra ubicada en el segundo cuatrimestre del tercer año de la carrera con un crédito horario de 120 horas. Esta ubicación tiene ventajas y desventajas desde el punto de vista de un MFPC, como se comentará más adelante. Por otra parte, a nivel de contenidos, es conveniente aclarar, que no solamente se incluye la disciplina Ingeniería Económica, sino también contenidos pertenecientes a la Economía.

3.2 Formar Ingenieros Competentes

Le Boterf [11] sostiene que un profesional competente es aquél que moviliza, ante una determinada situación, “una combinatoria apropiada de recursos (conocimientos, saberes hacer, habilidades, razonamientos, comportamientos, ...)” sentenciando que “Disponer de un equipamiento de recursos es una condición necesaria pero no suficiente para ser reconocido como competente” (ibídem). En este sentido los recursos son saberes-hacer (cognitivos, gestuales y socio-afectivos). En general la costumbre es enseñar saberes-hacer cognitivos, y, aunque se enseñaran los tres saberes, ello no alcanza, si luego no se los puede integrar en una situación. A los tres saberes mencionados Roegiers [12] los conceptualiza como “recursos”, y por ello sostiene que el debate se enfoca “en torno a la articulación entre recursos y situaciones” [13]. Desde esta posición existen tres posibles formas de articularlas. La primera consiste en presentar al alumno las “situaciones anteriores”, los cuales luego conducen a la necesidad del aprendizaje de recursos; en segundo lugar comenzar por el aprendizaje de recursos y luego articularlos en situaciones que son presentadas en forma posterior; y como tercera alternativa el uso simultáneo de las anteriores: situaciones-recursos-situaciones-recursos-situaciones- [13]. Si bien, tanto el aprendizaje de los recursos como desarrollar actividades relacionadas a las situaciones son formativas y evaluativas, es en las situaciones donde se puede evaluar la articulación de recursos, que en definitiva es donde se puede evaluar una competencia, o una parte de ella. Además, la forma en que naturalmente el ser humano aborda situaciones, toma decisiones y resuelve problemas, es en forma integral, como afirma Roegiers [13] “Uno moviliza en todo momento recursos para hacer frente a situaciones naturalmente complejas, pero no piensa en descomponer dichos recursos ni a preguntarse qué recursos está movilizando”. Así, las situaciones problemáticas en la academia, que deben ser diseñadas para que se aproximen a los problemas profesionales del ámbito laboral, no deben presentar una estructura para resolverla a través de una “receta” así como tampoco divisiones entre “lo teórico” y “lo práctico”, lo que remite, de acuerdo a Roegiers, a tener características (entre otras) de situación a-didáctica [12]. Las competencias solamente pueden ser formadas y evaluadas a través de la participación del alumno en las situaciones, y por ello generalmente no pueden ser abordadas por separado, lo que sí puede hacerse con los recursos. En este sentido Villa Sánchez y Poblete [15] afirman que “... al trabajar en el aprendizaje de determinadas competencias conviene ser consciente de que se desarrollan otras”, es decir el tratamiento es integral, o “combinatorio” en el sentido que propone Le Boterf [11].

El punto central entonces pasa por el diseño de las actividades de integración, las cuales no surgen de un simple collage de divisiones menores. El referencial propuesto por Roegiers [12] implica tres ejes: las “características de una situación” (integración, producción esperada del alumno y rasgos de situación a-didáctica), los “constituyentes de una situación” (soporte, tarea y consigna), y finalmente el “carácter significativo de una situación”. El último eje es el que lleva al alumno a movilizar sus saberes, le plantea un desafío a la medida de sus posibilidades, le es directamente útil o funcional, pone en evidencia la utilidad de los diferentes saberes, interroga al alumno sobre la construcción del conocimiento, le permite explorar las fronteras de los campos de aplicación de esos saberes, pone en evidencia las diferencias entre la teoría y la práctica así como el aporte de las diferentes disciplinas y le permite al alumno medir la distancia entre lo que sabe para resolver una situación compleja y lo que todavía tiene que aprender. Los resultados del proyecto de investigación anterior, referido en el primer apartado, han demostrado la efectividad del referencial propuesto por Roegiers para el diseño de las situaciones de integración [14].

Así como el concepto de competencia está asociado con lo que debe ser capaz de un egresado de una carrera, a nivel de asignaturas se utiliza el concepto de Resultados de Aprendizaje (RA). El Instituto Tecnológico de Monterrey de México [16] lo define como “una declaración muy específica que describe exactamente y de forma medible qué es lo que un estudiante será capaz de hacer. Están directamente relacionados con el estudiante y con sus logros. Son evaluables y con frecuencia observables”. Si se comparan la mayoría de las propuestas para redactar una competencia y un resultado de aprendizaje en general tienen un formato similar, y en este sentido es para destacar las propuestas de Tobón [17] para el caso de las competencias y el de la Universidad de Bío Bío de Chile [18], la cual es la siguiente: [Verbo de Desempeño]+ [Objeto de Conocimiento]+ [Finalidades]+ [Condiciones de Referencia].

Para la elección del verbo la mayoría de las guías para redactar resultados de aprendizaje se basan en la Taxonomía de Bloom para los objetivos educacionales, la cual comprende tres dominios: Cognitivo, Afectivo, también denominado Subjetivo o Emocional y Psicomotor [19]. En el plano cognitivo esta taxonomía “describe como construimos sobre lo anteriormente aprendido para desarrollar niveles más complejos de comprensión” y establece seis niveles, los cuales son, desde el más bajo hasta el superior: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Los tres primeros niveles son denominados categorías de orden inferior, en tanto los otros tres son de categoría superior, porque implican operaciones de pensamientos más complejas [19]. El concepto central es que cada nivel involucra al anterior. No se puede comprender si no se conoce, no puede haber análisis, si previamente no se alcanzó la aplicación, y así sucesivamente. La acción, por parte del alumno, recae sobre el objeto de conocimiento o contenido, también denominado objeto conceptual. En tanto la Finalidad es el “para qué” u objetivo de la acción sobre el objeto. Finalmente, las condiciones, que pueden ser entorno o disciplinarias [18], describen los criterios de ejecución, y responden a la pregunta “cómo lo hace el alumno?”

Con respecto a la Mediación Pedagógica De Miguel Díaz et al. [20], proponen un referencial interesante, en términos de modalidades y métodos de enseñanza, con descripciones claras y accesibles. Estos autores definen las modalidades de enseñanza como “los distintos escenarios donde tienen lugar las actividades a realizar por el profesorado y el alumnado a lo largo de un curso”, clasificándolas en dos grupos: aquellas que se desarrollan en horario presencial, como ser Clases Teóricas, Seminarios-Talleres, Clases Prácticas, Prácticas Externas y Tutorías; y aquellas que se desarrollan como trabajo autónomo, entre las cuales se encuentran el Estudio y Trabajo Autónomo Individual y el Estudio y Trabajo en Grupo. Las diferencias entre ellas se dependen de los “los propósitos de la acción didáctica, las tareas a realizar y los recursos

necesarios para su ejecución” [20]. En tanto se refieren al Método Docente como el “conjunto de decisiones sobre los procedimientos a emprender y sobre los recursos a utilizar en las diferentes fases de un plan de acción”, los cuales deben estar “organizados y secuenciados coherentemente con los objetivos” para lograr lo que se espera como resultado del proceso. Se incluyen aquí el Método Expositivo/Lección Magistral, el Estudio de Casos, la Resolución de Ejercicios y Problemas, el Aprendizaje basado en Problemas, el Aprendizaje Orientado a Proyectos, el Aprendizaje Cooperativo y el Contrato de Aprendizaje. Un inconveniente que plantea esta clasificación es que la modalidad Clases Prácticas, cuya finalidad es “Mostrar cómo deben actuar los alumnos” está enfocada desde los escenarios donde se desarrollan, y por ello se incluyen allí el estudio de casos, los análisis diagnósticos, problemas de laboratorio, problemas de campo y aula de informática. Sin embargo, la Formación Experimental en ingeniería no puede ser incluida como una simple modalidad por el escenario donde se desarrolla ni por su asociación con los saberes-hacer gestuales o porque se espera del alumno ciertos RA asociados con el plano psicomotor, como ser habilidades manipulativas, manuales o físicas. Solamente la Formación Experimental puede ser concebida como modalidad para los casos de experiencias de laboratorio de tipo demostrativas.

Fernández March [21] sobre los aportes de varios autores, entre los cuales se encuentran De Miguel Díaz et al., sitúa a los diferentes métodos en un continuo, uno de cuyos extremos es la Lección Magistral y en el otro el Aprendizaje Autónomo. Sin embargo estos extremos no son puros en términos de pasividad y actividad “Debe notarse que incluso en cada uno de los extremos del continuo hay algo de control y participación por el profesor y los alumnos”. Por otra parte, esta autora enfatiza sobre el hecho de que los métodos son solamente medios para desarrollar competencias y no fines en sí mismos, y el reto para el docente está en la experimentación para determinar cuál o cuáles resultan más apropiados, de acuerdo a las metas previstas. Así, la elección del método dependerá de los niveles de los objetivos cognitivos previstos, de su capacidad para propiciar un aprendizaje autónomo y continuo, del grado de control ejercido por los estudiantes sobre su aprendizaje, del número de alumnos, del volumen de trabajo que implica al docente, así como también de “la naturaleza de la población estudiantil, de la asignatura, las condiciones físicas y materiales y la adecuación entre el método de enseñanza y su personalidad” [21]. Además, una cuestión significativa es tanto para elección de las modalidades y métodos de enseñanza, así como para determinar qué técnicas e instrumentos de evaluación serán utilizados, es preciso tener en todo momento el concepto de “mestizaje” propuesto por De Miguel Díaz et al. [20]. No se puede pensar en una única mediación pedagógica o en un único sistema de evaluación. Se deben usar tantos como sean necesarios, para que el alumno alcance los resultados de aprendizaje previstos, y a su vez pueda ser evaluado de acuerdo a lo previsto.

Una vez establecidos los Resultados de Aprendizaje, definida la Mediación Pedagógica, así como los Criterios de Evaluación, se debe proceder a establecer qué tiempo demanda el alcance de este logro para el alumno.

Un sistema para medir el tiempo que involucra al alumno el desarrollo completo de una asignatura, incluyendo desde las actividades presenciales, así como las del trabajo fuera de la institución en forma autónoma es el que propone la Unión Europea denominado Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (*European Credit Transfer System* - ECTS). A nivel latinoamericano uno de los países que ha avanzado en forma práctica en esta dirección es Chile, a través del Programa de Mejoramiento de la Calidad y la Equidad de la Educación Superior [22], consolidando un documento sobre el Sistema de Créditos Transferibles (SCT). Estos sistemas buscan transparentar las horas reales de tiempo de estudio del alumno, así como facilitar la movilidad estudiantil. La Universidad del Bío Bío de Chile [18], puntualiza respecto del tema “... que el SCT-Chile busca mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje

de los estudiantes, en cuanto establece como propósito estimar, racionalizar y distribuir el trabajo académico entre las diversas asignaturas que componen su plan de estudios, entendiendo que el tiempo de los estudiantes es un bien limitado ...”. La forma de computar los créditos horarios es la siguiente: por cada hora teórica presencial se agrega una hora de estudio o trabajo autónomo, en tanto por cada hora de trabajo práctico o laboratorio/taller se agregan dos horas de trabajo autónomo. Si bien aquí puede ser cuestionable la división entre teoría y práctica dentro de un Modelo de Formación por Competencias, lo significativo es que de alguna manera, más allá de ser valores promedios, el docente debe tener en cuenta lo que le implica al alumno cada actividad propuesta. De lo contrario, los resultados de aprendizaje se transforman en una mera “lista de deseos de lo que se quiere que el estudiante conozca, comprenda y sea capaz de hacer al término de la enseñanza” [23].

4. Resultados y Discusión

4.1 Redacción de los Resultados de Aprendizaje

Para la asignatura se han propuesto seis resultados de aprendizaje: tres de ellos están vinculados a los contenidos de Economía e igual cantidad a Ingeniería Económica. Si bien los resultados de aprendizaje referidos a Economía actúan como elementos previos para el alcance de los resultados de aprendizaje de Ingeniería Económica, es conveniente aclarar que además son específicos de Economía, en tanto pueden contribuir a resultados de aprendizaje de otras asignaturas, o en forma directa a competencias específicas de egreso de la carrera. Por razones de espacio, a continuación se presentarán solamente cuatro de los seis resultados de aprendizaje. Los mismos siguen el formato señalado en el sub-apartado 3.2.

RA1-Diferenciar los tipos de costos económicos de una empresa, teniendo en cuenta los diferentes criterios de clasificación y considerando las implicancias del horizonte temporal en dicha clasificación.

RA2-Calcular los ingresos, los costos unitarios, y el costo marginal y total de una empresa o proyecto, a partir de la producción, de los precios de los recursos utilizados en la producción y el precio de venta del producto o servicio.

RA3-Calcular la rentabilidad y periodo de recuperación de un proyecto o una inversión, aplicando fórmulas de interés compuesto con diferentes períodos de capitalización a partir de un modelo de flujo de efectivo dado sin considerar el financiamiento.

RA4-Seleccionar desde el punto de vista económico la mejor alternativa o combinación de alternativas, aplicando los diferentes métodos de valor equivalente o tasa de retorno a partir de los modelos de flujos de efectivo dados de las alternativas de costos o de inversión, teniendo en cuenta la naturaleza de la relación de las mismas, los periodos de tiempo implicados para cada una y su relación con el horizonte de planeación o periodo de servicio y sin considerar el origen de los fondos.

El RA1 que corresponde a Economía, se redactó como un saber previo para Ingeniería Económica. El verbo adoptado es “diferenciar” que está en el cuarto dominio cognitivo que se encuentra en el plano jerárquico del “análisis”. Respecto al objeto de conocimiento “los costos económicos” aquí se diferencian de los contables, siguiendo la visión de Pindyck y Rubinfeld [24], quienes consideran que los economistas tienen una visión a futuro de la empresa, a diferencia de los contables financieros que “tienden a adoptar una perspectiva retrospectiva a la hora de analizar las finanzas y las operaciones de la empresa.” Esta visión económica de los costos es la que se utiliza en Ingeniería Económica, donde la mayoría de los flujos de efectivo son proyecciones en el tiempo. Para dar un ejemplo puntual de esta

cuestión, al determinar la vida útil económica en el caso de Modelos de Reemplazo, una de las consideraciones que se analiza tiene que ver con el error de las estimaciones pasadas, denominado “costo sumergido”. Esto hace referencia a costos que no se tienen en cuenta a la hora de establecer el flujo de efectivo de un activo en uso. En el mismo tópico de Modelos de Reemplazo el punto de vista externo considera el costo inicial de un activo en uso como el costo de oportunidad de seguir con dicho activo. Luego las condiciones que se plantean para la redacción del RA1, por un lado hacen referencia a los criterios de clasificación, de los cuales surgen los diferentes tipos de costos. Otra condición en el RA1 es el horizonte temporal, que en Economía se define como corto y largo plazo, necesarios a considerar dada su incidencia sobre los costos.

El RA2 que también corresponde a Economía y actúa como un saber previo para Ingeniería Económica, trata sobre el cálculo de los ingresos y costos, que en algunos casos sencillos son necesarios determinar para poder establecer los beneficios de cierto proyecto. Si bien en este resultado de aprendizaje no se hace referencia explícita sobre “casos sencillos”, esto subyace en la condición de partida de los cálculos, desde los datos de producción y el mercado, que definen el precio de los recursos y el precio de venta, delimitando el objeto de estudio, en cuanto a la cantidad de variables a considerar para su análisis.

Para la Redacción del RA3 y del RA4 se consideró que para que un estudiante alcance estos dos resultados de aprendizaje, previamente tiene que “manejar” ciertos recursos asociados con menores niveles cognitivos que son el conocimiento, la comprensión y la aplicación. Así por ejemplo, además de los RA1 y RA2, para “calcular”, verbo que corresponde al cuarto nivel cognitivo, previamente debe “recordar”, por ejemplo el criterio de fin de periodo. Además debe “convertir” un modelo verbal en un modelo gráfico y simbólico (para el caso de resolución a mano) o cargar (verbo digital) como un flujo de efectivo en una hoja de cálculo (para el caso de resolución con ordenador). Esto es importante tener en cuenta, ya que el aprendizaje de recursos necesarios para un resultado de aprendizaje es la base para el diseño de las actividades que tendrá que realizar el alumno, incluidas las evaluaciones.

Para el caso del RA3 se optó por el verbo “calcular”, encontrándose en el cuarto nivel cognitivo. En el objeto de estudio se consideran la rentabilidad y el periodo de recuperación de un proyecto o inversión. Cabe aclarar que si bien un proyecto necesariamente implica una inversión, en este caso la distinción marcada en el RA3 hace referencia a los flujos de efectivo de proyectos como recambio de tecnología, automatización, etc., mientras la inversión se refiere particularmente a la relacionada con los bonos, que es un caso práctico de la aplicación del método del Valor Presente. La primera condición que se detalla en el RA3 es “aplicando fórmulas de interés compuesto con diferentes periodos de capitalización”. En esta condición el término “aplicando fórmulas” está relacionado con la metodología propia de Ingeniería Económica, que puede ser resuelta en forma manual o con el auxilio de una hoja de cálculo. Es de destacar que en la actualidad todas las clases se desarrollan en la sala de informática y los alumnos trabajan sobre el ordenador. En la misma condición el término “diferentes periodos de capitalización” introduce los conceptos de interés nominal y efectivo. Respecto a la base de los cálculos, entendiendo que es el punto desde el cual los estudiantes parten el análisis, están explicitadas en la condición “a partir de un modelo de flujo de efectivo dado”. Dicho modelo se presenta en la mayoría de los casos como un modelo verbal, tal como se explicó precedentemente. Por otra parte, también está explicitado en el RA3 “sin considerar el financiamiento”. Sin esta aclaración se podría asumir que el estudiante tiene conocimiento sobre el origen de los fondos para la inversión inicial, es decir, puede diferenciar capital propio de capital de deuda, sin embargo estos conceptos son tenidos en cuenta en un RA posterior, donde el pago de una deuda cobra importancia después de impuestos.

En el cuarto Resultado de Aprendizaje el verbo adoptado es “seleccionar”. Si bien este verbo puede ser utilizado en diferentes niveles cognitivos, el objeto de estudio y las condiciones en este caso definen un orden superior que es cuarto nivel. Por otra parte el objeto de conocimiento es “la mejor alternativa o combinación de alternativas”. La distinción que se realiza sobre las alternativas, que pueden ser de inversión o de costos, se refieren a una inversión seguida de un flujo positivo de efectivo, o una inversión de capital seguida de un flujo de efectivo negativo, respectivamente. La condición de referencia, definida como la “naturaleza de relación de las mismas”, está asociada a proyectos mutuamente excluyentes, independientes o contingentes. Luego el horizonte de planeación y las vidas útiles de las alternativas definen el método a utilizar.

4.2 Sobre la Mediación Pedagógica

A continuación se detallan qué actividades implican para el docente y para el alumno para que se alcancen los resultados de aprendizaje, siguiendo el referencial de De Miguel Díaz et al. [20]. Por razones de espacio y a los efectos de ejemplificar la metodología se presenta la situación para el RA4. La mediación pedagógica seleccionada es la siguiente: clases teóricas, con el objetivo de presentar los contenidos en forma ordenada de acuerdo al RA que se pretende alcancen los alumnos; clases prácticas, que incluyen clases de resolución de ejercicios, resolución de problemas y formación experimental; clases de tutorías, que si bien es una modalidad que se presenta por separado, en las clases prácticas presenciales forma parte del proceso del proceso formativo, excepto en las instancias de evaluación. Por último, se incluye la modalidad de trabajo autónomo individual. Cabe aclarar, que se plantea el trabajo autónomo y presencial en grupo, pero en otro RA.

A continuación se presenta en la Tabla 1 el RA4 con la mediación pedagógica y el tiempo estimado, donde P es el trabajo en horario presencial y A es el trabajo autónomo.

Tabla 1. Mediación Pedagógica para el RA4

Resultado de Aprendizaje	Modalidad	Método	Tiempo estimado (h)	
			P	A
Seleccionar desde el punto de vista económico la mejor alternativa o combinación de alternativas, aplicando los diferentes métodos de valor equivalente o tasa de retorno; a partir de los modelos de flujos de efectivo dados de las alternativas, así sean de costos o de inversión; teniendo en cuenta la naturaleza de la relación de las mismas, los periodos de tiempo implicados para cada una y su relación con el horizonte de planeación o periodo de servicio; y sin considerar el origen de los fondos	Clases teóricas	Método expositivo	4	
	Clases prácticas con tutoría	Resolución de ejercicios y problemas con ordenador	5	
		Formación experimental con ordenador	2,5	
	Trabajo autónomo individual	Lectura		4
		Resolución de ejercicios y problemas con ordenador		15

Fuente: elaboración propia

Resulta pertinente aclarar que, más allá de que el objetivo del trabajo está centrado en aspectos de un Modelo de Formación por Competencias, fue necesaria la explicitación de algunos términos específicos referidos a la disciplina Ingeniería Económica para comprender la cuestión de la redacción de los resultados de aprendizaje.

4.3 Sobre la Evaluación

De los diferentes tipos de evaluaciones que se plantean de acuerdo a diferentes criterios de clasificación, se rescatan dos criterios que se consideran importantes para conceptualizar una evaluación desde el enfoque de competencias. Según las clasificaciones utilizadas por Pimienta Prieto [25], la evaluación de los RA del punto de vista del normotipo, sería idiográfica o dinámica. Se trata de la evaluación del alumno respecto a sí mismo, o como sostiene Pimienta Prieto [25]: “este tipo de evaluación, en virtud de las posibilidades que aporta a la persona humana al tomarla en cuenta de manera integral, debiera ser el ideal a alcanzar, ya que para ver el avance alcanzado, no interesa tanto compararnos con los otros, con el exterior, sino con nosotros mismos”. Siguiendo al mismo autor, si se tiene en cuenta la función que cumple, debería ser una evaluación formativa: “La evaluación formativa se dirige, fundamentalmente, a la mejora de los procesos de aprendizaje de los estudiantes.....” [25].

También Roegiers [13] hace referencia a este tipo de evaluación para evaluar las competencias. Este tipo de evaluación es importante para que el alumno tenga posibilidades de corregir, reforzar o profundizar los aprendizajes “De esta forma, en el preciso momento en que se detectan las disfunciones, es posible administrar los ‘remedios’ necesarios y no esperar al final, para simplemente comunicar al alumno que reprobó el curso” [25]. Por otra parte para que la evaluación sea formativa, deberíamos hablar de un “sistema de evaluación”, es decir que no tendremos una única evaluación relacionada a un RA. Este sistema de evaluación no puede actuar como un “promediador” de saberes. El alumno tiene que encontrarse con situaciones donde ponga a prueba los distintos saberes previos que luego deberá integrar en un RA. Así, si en alguna evaluación de saberes previos no le ha ido bien, le permite actuar al docente y al alumno. Si luego el alumno supera esta instancia, el objetivo pedagógico de la evaluación se cumplió.

Siguiendo estas ideas a continuación en la Tabla 2, se detalla la propuesta de un sistema de evaluación para el RA4. Para las pruebas objetivas, el cuestionario en el Aula Virtual (AV) ayuda la tarea docente y permite un *feedback* inmediato del resultado al alumno. Sin embargo no se debe olvidar que la calificación no es sinónimo de evaluación. Para que el tipo de saber implicado sea cognitivo y no un “re-decir” se deben diseñar las preguntas de manera tal que su respuesta implique un proceso cognitivo, pero no capcioso, como suelen ser algunas preguntas Verdadero/Falso, o múltiples opciones. Luego el tiempo cronológico correspondiente al desarrollo de la clase teórica y la lectura en horario no presencial ya fue cargado en la Tabla 1. El tiempo que no está explicitado son los 15 minutos empleados para la realización de las evaluaciones teóricas y las horas para la evaluación integral del resultado de aprendizaje. Siguiendo los valores de la Tabla 2, se necesitarían 4 evaluaciones teóricas, es decir un tiempo total de 9 horas. Estas evaluaciones permiten un resultado de este proceso (lectura) para el alumno y para el docente.

Finalmente restan definir tanto los criterios, como los indicadores de evaluación, de la evaluación integradora para el resultado de aprendizaje analizado. También un tema asociado con la evaluación es la calificación. Adaptar un sistema de formación por competencias a un sistema de calificación actual, implica en algunos casos “violar” ciertos aspectos conceptuales, por ejemplo de no promediar saberes.

Tabla 2. Ejemplo de diseño de sistema de evaluación para un RA

Objetivo pedagógico Que el alumno sea capaz de.....	Tipo de saberes implicados	Tipo de evaluación	Instrumento	Momento de la evaluación y tiempo cronológico necesario
Recordar conceptos teóricos de.....	Saber hacer cognitivo	Prueba objetiva	Cuestionario Aula Virtual Moodle (AVM)	Clase siguiente al desarrollo teórico (2,25 h) por evaluación. Total: 9 h
Resolver problemas con ordenador y realizar informes de FE (puede desagregarse en capacidades asociadas)	- Saber hacer cognitivo - Saber hacer gestual	Ejecución de tarea con experimentación mediante ordenador	Guía de FE, modelo de informe, AVM	Durante la realización de la práctica de FE –entrega del informe. Total: 7,5 h
Resolver una situación de integración relacionada con el RA (puede desagregarse en capacidades asociadas)	- Saber hacer cognitivo - Saber hacer gestual	Resolución de problemas con ordenador	Guía de problema	Al finalizar todas las clases previstas (34,5 h)

Fuente: elaboración propia

5. Conclusiones y recomendaciones

Aquí se ha planteado una forma de diseño de un programa que sigue una lógica inversa a la que corrientemente se utiliza. Se comienza por los resultados de aprendizaje, y finalmente se establecen los contenidos que son necesarios para ello. En esta secuencia, la mediación pedagógica es una consecuencia del establecimiento previo de los resultados de aprendizaje, y la evaluación a su vez también es consecuencia de los resultados de aprendizaje establecidos. Este camino permite transparentar, tanto para el docente como para el alumno, varias cuestiones. Por un lado lo que se espera que el alumno aprenda, que deberá demostrar en una instancia de evaluación o situación integradora. Actualmente en algunas asignaturas, el enfoque por contenidos implica una incertidumbre para el alumno sobre el contexto de los contenidos en el cual se desarrolla la evaluación. Por otra parte, esta forma de trabajo posibilita determinar el tiempo real que le lleva a un alumno alcanzar cierto objetivo de aprendizaje, y por lo tanto, determinar el tiempo total que implica cursar y aprobar una asignatura.

Las evaluaciones a partir de los resultados de aprendizaje evitan las sobreevaluaciones o la ausencia de las mismas para algunos saberes. Luego la evaluación en realidad, más que una “prueba” es un sistema de evaluación, que no necesariamente debe ser visto como excesivo y traumático para el alumno, ya que la concepción es diferente y le ayuda con la autoevaluación.

Resta continuar con un análisis exhaustivo sobre el tiempo total que implica alcanzar todos los resultados de aprendizaje de la asignatura, y contrastar con datos recomendados para asignaturas similares o con el tiempo que tiene un alumno disponible para estudiar en una semana, junto con otras actividades que debe realizar para desarrollarse plena e integralmente como profesional.

6. Referencias

- [1] CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) (2007). *Competencias Genéricas: Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina*. San Juan: Universidad Nacional de San Juan. 37p.
- [2] ANÓNIMO (2014). *Competencias en Ingeniería*. Mar del Plata: Universidad FASTA. Argentina. 56p.
- [3] KOWALSKI, V., ERCK, M., ENRIQUEZ, H. (2015). Formación por competencias en Ingeniería Industrial: Moda o Mejora Académica? *Anais do III Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica – CIECITEC*. Santo Ângelo: NTI-URI. p.1-10.
- [4] MERTENS, D. M. (2010). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. 3rd ed. California, London, New Delhi: SAGE Publications. 527p.
- [5] NEIMAN, G; QUARANTA, G. (2006) Los estudios de caso en la investigación sociológica. En: VASILACHIS de GIALDINO, I. (coord.) *Estrategias de Investigación Cualitativa*. Barcelona: Gedisa. p. 213-237
- [6] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. P. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ed. México D.F.: McGraw-Hill. 849p.
- [7] ARCU-SUR (2015). Criterios de Calidad para la Acreditación ARCU-SUR. Ingeniería. Recuperado de: <http://edu.mercosur.int/arcusur/index.php/es/descripcion>.
- [8] SULLIVAN, W.; WICKS, E.; LUXHOJ, J. (2004). *Ingeniería económica de DeGarmo*. 22 ed. México D.F.; Pearson Educación. 736p.
- [9] BLANCK, L.; TARQUIN, A. (2006). *Ingeniería Económica*. 6ed. México D.F.: McGraw-Hill. 816p.
- [10] ARGENTINA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2002). *Resolución 1054/02. Estándares para la acreditación de Ingeniería Industrial*. Buenos Aires. 13p.
- [11] LE BOTERF, G. (2010). *Professionnaliser. Construire des parcours personnalisés de professionnalisation*. 6 ed. Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles: Paris. 139p.
- [12] ROEGIERS, X. (2007). *Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. 1a ed. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional): San José, Costa Rica. 328p.

- [13] ROEGIERS, X. (2006). ¿Se puede aprender a bucear antes de saber nadar? Los desafíos actuales de la reforma curricular. Ginebra: UNESCO. IBE Working Papers on Curriculum Issues N° 3.
- [14] KOWALSKI V., SANTELICES MALFANTI I., ERCK M.; ENRIQUEZ, H. (2015). “Consideraciones para el diseño de situaciones de integración en investigación operativa en un modelo de formación por competencias”. *Anales del VIII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, Concepción, p.1-10.
- [15] VILLA SÁNCHEZ, A.; POBLETE RUIZ, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. Bilbao: Ediciones Mensajero. 333p.
- [16] OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA DEL TECNOLÓGICO DE MONTERREY (2015). *Educación Basada en Competencias (EBC)*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey. 35p.
- [17] TOBÓN, S. (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. 4a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. 370p.
- [18] UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO. VICERRECTORÍA ACADÉMICA (2013). *Manual de Elaboración de Programas de Asignaturas: Material de apoyo para la implementación del Modelo Educativo en el marco del proceso de Renovación Curricular en la Universidad del Bío-Bío*. Concepción, Universidad del Bío-Bío. 39p.
- [19] KENNEDY, D. (2007). *Redactar y utilizar resultados de aprendizaje*. Cork: University College Cork. 103p.
- [20] DE MIGUEL DÍAZ, M. (Dir.); ALFARO ROCHER, I.J.; APODACA URQUIJO, P.; ARIAS BLANCO, J.M.; GARCÍA JIMÉNEZ, E.; LOBATO FRAILE, C.; PÉREZ BOULLOSA, A. (2006). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo. 197p.
- [21] FERNÁNDEZ MARCH, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*. v.24, Murcia, Universidad de Murcia. p.35-56.
- [22] KRI AMAR, F; MARCHANT MAYOL, E; DEL VALLE MARTIN, R; SÁNCHEZ DOBERTI, T; ALTIERI MISSANA, E; IBARRA PALMA, P. 2013. *Manual para el Sistema de Créditos Académicos Transferibles SCT-Chile*. Santiago de Chile: Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas, CRUCH. 131p.
- [23] ANECA. Agencia Nacional de Evaluación y de la Calidad y Acreditación (2013). *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los Resultados de Aprendizaje*. Madrid: ANECA. 63p.
- [24] PINDYCK, R; RUBINFELD, D. 2009. *Microeconomía*. Madrid: Pearson Educación, S.A. 7ª ed. 888p.
- [25] PIMIENTA PRIETO, J. 2012. *Las competencias en la docencia universitaria Preguntas frecuentes*. México: Pearson Educación. 144p.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

LA HIDRÁULICA EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Luis Enrique Guisasola, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuyo,
lguisasola@fing.uncu.edu.ar

Resumen— Luego de dos años de cursado, el estudiante de Ingeniería ha tenido un 80% de materias elementales y muy pocos contenidos aplicados y pocos conocimientos con un hilo de principio a fin. Hidráulica General, en el quinto semestre, constituye el primer espacio curricular que conecta la temática, desde el primer tema hasta el último. Es la primera materia de Ingeniería, estructurada integralmente. La planificación del dictado combina la teoría con ejercicios prácticos aplicados a la realidad, que se muestran con fotografías y videos. La incentivación de los estudiantes se refuerza con visitas de campo y obra, más un trabajo práctico en laboratorio. Sin embargo, las 105 horas cuatrimestrales que incluyen cuatro parciales y un recuperatorio hacen que el tiempo disponible sea demasiado acotado. El ambiente natural de aridez de Mendoza es determinante para poder entender la importancia del agua para la vida y desarrollo de las personas. El estudiante de tercer año se sentirá atraído al comprender la importancia de la construcción y mantenimiento de las obras hidráulicas, al haberlas visto, tanto en la teoría, ecuaciones en pizarrón y, en campo, funcionando y cumpliendo su vital función. Se proponen mejoras de tiempo para optimizar el intervalo entre parciales, continuar educando la voluntad y motivar a los estudiantes en el campo de la Ingeniería Hidráulica, con visitas y laboratorios más frecuentes.

Palabras clave— *Hidráulica, motivación, visita de campo, aridez.*

1. Introducción

La carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCu) tiene ubicada a Hidráulica General como Espacio Curricular en el quinto semestre, correspondiente a la primera mitad de la Carrera de cinco años de cursado. El presente trabajo se centra en esta Asignatura como caso de estudio y pivot entre el Ciclo Básico y el Profesional o de Aplicación.

Durante los dos primeros años (cuatro cuatrimestres) los estudiantes cursan la mayoría de materias básicas, con un contenido formal que resulta, en la mayoría de los casos, demasiado abstracto para el entusiasmar a los alumnos. Es durante esta etapa que se produce el desgranamiento mayor en todas las carreras. Este fenómeno natural, por el cual se produce el mayor porcentaje de los abandonos y fracasos de los aspirantes a la Ingeniería. Si bien no se cuenta con una estadística fina acerca de los motivos de abandono, puede pensarse que parte de los estudiantes no han podido ver o degustar a la Ingeniería como tal, debido a que es necesario que se adquieran las habilidades y herramientas básicas necesarias para los años superiores.

Entre las materias básicas relacionadas con Hidráulica pueden contarse Análisis Matemático I y II, Geometría, Álgebra, Física I, Estática, Topografía, Cálculo Numérico. Existe una gran falta de contenidos aplicados y una visión de utilidad en estas Asignaturas para los estudios futuro, en general, no se proporcionan ejercicios aplicados donde se mencionen a los casos de las correspondientes materias de Ingeniería. Con este panorama, los estudiantes tienen pocas ideas de lo que podría ser su vida futura y de su inserción en la sociedad como profesional y de su utilidad para la sociedad.

En este trabajo se ha tomado el Espacio Curricular Hidráulica General para generar un nexo entre el Ciclo Básico con el Ciclo Profesional para incentivar a los estudiantes a proseguir con el estudio y con el esfuerzo para coronar exitosamente con su carrera.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales Utilizados

2.1.1 Programa de la Carrera de Ingeniería

El Ciclo Básico de la Carrera consiste en materias con contenidos programáticos formales tales como Análisis Matemático I y II, Álgebra, Geometría, Sistemas de Representación y Dibujo, Estabilidad I, Cálculo Numérico y Computación, Estadística Técnica. Todos estos espacios curriculares contienen herramientas básicas para poder iniciar el estudio de la Hidráulica, sin embargo, en sí mismos, no ofrecen una aplicación clara para las distintas ramas de la Ingeniería. Los estudiantes aplican fórmulas y procedimientos que les son abstractos, sin conexión con las posibles ramas que van a poder elegir en un futuro muy cercano, tales como estructuras, hidráulica, vías de comunicación.

Entre las otras materias del Ciclo Básico, se encuentran Física I, Física II, Química General, Estudio del Medio Ambiente, Materiales de Construcción, Topografía y Tecnología del Hormigón, cuyos contenidos encuentran su aplicación a las ciencias naturales. El problema con que se encuentra el estudiante durante el segundo año de cursado, es que muchos de estos Contenidos Curriculares, tienen muchos temas y que no tienen conexión entre sí.

Las dificultades que los párrafos anteriores plantean, se multiplican si se sitúan las condiciones de borde de los estudiantes actuales quienes, en su mayoría, presentan problemas de comprensión de textos, la mayoría no están acostumbrados a un sistema de estudio que les exige llevar los contenidos al día, es decir varias horas de estudio diarias, atención en las clases, no llevarse dudas de los temas vistos a la casa y una constancia y voluntad a la que no han estado entrenados durante la Escuela Secundaria.

2.1.2 Introducción a la Ingeniería

Entre los espacios programáticos del Primer Cuatrimestre de la Carrera, se encuentra Introducción a la Ingeniería. Esta materia tiene por objeto presentar a los estudiantes, en contraste con el resto de las materias formales y abstractas, los distintos ámbitos entre los que se va a poder dedicar cuando finalice su carrera. Con los profesores de este Espacio Curricular, se lleva a cabo una interconexión con todos los profesores especialistas de las distintas ramas, quienes, en una o dos clases, presentan las posibilidades de trabajo y los ámbitos laborales, como así también las instituciones que pueden ofrecerles trabajo.

Para el caso de Hidráulica, el ámbito es muy amplio debido al carácter desértico de la Provincia, cuyo territorio depende de la gestión de los Recursos Hídricos de los ríos de

régimen termonival que posee y, como complemento, del aprovechamiento del agua subterránea.

2.1.3 Programa de Hidráulica General

Los dos primeros temas son netamente teóricos en los cuales nacen todas las ecuaciones y principios que se aplicarán durante todo el curso. De todas maneras, se implementan ejemplos de aplicación donde puede comenzar a visualizar los primeros elementos de ingeniería que son las compuertas. Estos componentes de la red de riego y de los sistemas de seguridad de los aprovechamientos múltiples (riego, generación, laminación de crecidas, turismo) dan lugar para que se presenten distintas situaciones reales mediante videos y fotografías, acerca de cómo resultarían las compuertas calculadas en la práctica.

Durante el desarrollo de la Unidad 3 se combina la matemática aplicada a un campo ideal (mecánica de los fluidos) con la experimentación, para entrar de lleno a la Hidráulica con el Movimiento Laminar y Turbulento en Tuberías. Con la Unidad 4 las aplicaciones son múltiples y se pueden realizar numerosos ejercicios con directa aplicación práctica. Finalmente le llega el turno al Movimiento No Permanente aplicado al fenómeno de Golpe de Ariete, tema que introduce nuevamente a numerosos casos prácticos de bombas y turbinas en Aprovechamientos Múltiples.

Debido a que el Recurso Hídrico es el motor para el Desarrollo de una zona desértica como lo es Mendoza, es necesario conocer los distintos dispositivos hidráulicos, basados en los principios aprendidos, para poder medir de una forma sencilla el caudal que circula por una tubería. De esta manera, se conecta la Unidad 4 con la 5 que consiste en los dispositivos de medición presurizados basados en el Teorema de Torricelli y el funcionamiento del Orificio Hidráulico, combinados con los principios aprendidos en el Tema 1.

Los Temas 6 y 7 consisten en el transporte de caudales regulados en canalizaciones abiertas. La temática relacionada con el transporte y distribución del agua a presión atmosférica es la base para el desarrollo, crecimiento y mantenimiento de los oasis en la Provincia de Mendoza, que corresponden al 3,6% de la superficie de la Provincia de Mendoza, de casi 150.000 km². En las consideraciones hidráulicas y su desarrollo, es posible interactuar con los estudiantes, a través de la teoría y la práctica, aplicadas al sistema de irrigación de la agricultura y a la distribución del agua de riego para el arbolado público de todas las ciudades de la Provincia.

El Tema 8 introduce al tema del Agua Subterránea, la mecánica de explotación, las extracciones sustentables e interferencias de pozos.

2.2 Metodología de dictado de Hidráulica General

De acuerdo a las ideas expuestas en la Introducción y en el apartado anterior, durante todos los ciclos lectivos se efectúan mejoras permanentes en la conexión de toda la materia, desde su primera clase hasta la última como una sola unidad, dividida en temas para su mejor comprensión. El hilo conductor basado en la trascendencia de los Recursos Hídricos en el ambiente desértico de Mendoza, es de fundamental importancia para que los estudiantes puedan comprender la importancia que tienen para la vida en la Provincia.

El cursado de Hidráulica General se encuentra ubicado en el plan de estudios al principio de Tercer Año, es decir en el Quinto Semestre. Consiste en 15 semanas con dos clases semanales de 7 horas reloj, equivalentes a 105 horas. Este tiempo resulta absolutamente insuficiente para poder desarrollar la temática teórico-práctica más arriba descripta, las visitas técnicas, los

exámenes parciales y los recuperatorios. Se cuenta además con un horario de consulta por cada Docente integrante de la Cátedra (tres personas).

Desde el año 2015, se tomó la decisión de tener clases los miércoles y sábados. Esta estrategia está pensada de esta manera ya que el horario de cursado ha quedado con los lunes libres para los estudiantes, de tal modo de poder realizar las visitas los lunes a la mañana y, en caso de ser necesario, ocupar un lunes más para ejecutar un examen parcial. Esto ha llevado a poder recuperar algunas horas de clases.

Durante la primera clase, Primera Parte del Temario, se presenta el Equipo de Trabajo y se establecen la normativa de cursado y obtención de la Regularidad para poder rendir el examen final de la materia. Inmediatamente comienza el dictado de la Asignatura presentando el panorama de la materia a través del hilo conductor de los Recursos Hídricos, tal cual se ha expuesto en el apartado anterior, correspondiente al 2.1.3.

Los recursos para el dictado de las clases son el pizarrón apoyados en presentaciones en Power Point, además de la aplicación de algunos programas sencillos de resolución de canalizaciones abiertas. Las presentaciones dinámicas de Power Point¹ no son entregadas a los estudiantes para que no las tomen como único elemento de estudio, dejando de lado los libros y guías de Cátedra. Este es un criterio que se está estudiando en el seno del Equipo del Espacio Curricular.

Se hace hincapié en el diario estudio de la Materia, de preguntar durante las clases, tanto teóricas como prácticas todas las dudas que se susciten, de manera que los estudiantes no se vayan de cada clase con dudas sobre el tema tratado y explicado. Se intenta por todos los medios continuar con la educación de la voluntad, para que los alumnos vayan acostumbrándose al esfuerzo y a la optimización de su tiempo. La base del éxito de la materia es el estudio diario de los temas que se van dictando. La planificación del tiempo de cada estudiante está asistida por la Planificación de las clases y exámenes parciales, publicados en la página de la Cátedra, <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/hidraulica>. Asimismo, se presentan en este primer día de clases las fechas de todas las evaluaciones parciales y la recuperación prevista. En función de la planificación de la Cátedra, los alumnos pueden establecer sus tiempos, y cronogramas propios para poder seguir la Materia. Ello exige responsabilidad y constancia, habilidades y virtudes que no han sido adquiridas todavía en tercer año. Es por ello que se insiste en sugerir a los estudiantes que una de las formas de estudiar esta materia, como cualquier otra, es sentarse y leer el tema, repetirlo, escribirlo y explicarlo. Resolver la ejercitación y volverla a realizar sin mirar cómo fue planteada. La ejercitación continua logrará que los temas sean comprendidos en profundidad y sin dudas. Si se es capaz de explicarlo oralmente con sus palabras, quiere decir que ha logrado su aprehensión. De otra manera, con sólo leer el tema, los alumnos “creen” que han entendido el tema, pero a veces no es así y sobrevienen los problemas y fracasos.

Se informa que la Cátedra dispone de Guías de Estudio de cada Tema Programático y de Guías de Trabajos Prácticos correspondientes a cada uno. Las Guías se actualizan año a año, de acuerdo a las necesidades observadas en los estudiantes año a año, como así también con el devenir de las clases, se va mejorando la redacción, las explicaciones, fotografías más aclaratorias y videos que quedan todos en la misma página de la Cátedra, <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/hidraulica>.

¹ Power Point de Office, Microsoft Inc., ver.10

Luego de estas reflexiones se comienza el dictado de la Asignatura presentando el panorama de la materia a través del hilo conductor de los Recursos Hídricos, tal cual se ha expuesto en el apartado anterior, correspondiente al 2.1.3.

Los Recursos Hídricos están íntimamente ligados a los Factores Ambientales que intervienen presentes en los distintos biomas que componen el Medio Ambiente de la Provincia de Mendoza. En general, los estudiantes poco conocen acerca de las condiciones ambientales y poco se acuerdan de la hidrografía, la geomorfología y clima de la Provincia de Mendoza.

Posteriormente a la fase introductoria, necesariamente se realiza un repaso de las condiciones físicas y climáticas de Mendoza, resaltando su condición de zona árida y desértica. Se relata la necesidad del cuidado y la gestión de los Recursos Hídricos provenientes de los Ríos Mendocinos de régimen termonival y de sus Presas de Reserva para lograr una garantía de riego estacional, para los oasis irrigados, compensando los déficits entre la oferta de los ríos y la demanda de la agricultura entre los meses de agosto y noviembre, Figura 1. Todos estos conceptos resultan novedosos para los estudiantes que, en general no conocen las condiciones físico-climáticas y su relación con las principales actividades productivas provinciales.



Figura 1. Oasis de la Provincia de Mendoza.
Fuente: Departamento General de Irrigación.

Estos primeros cuarenta minutos de clase fundamentan toda la justificación de la Asignatura Hidráulica General y de sus continuadoras troncales, Obras Hidráulicas I e Hidrología I.

Conjuntamente con el desarrollo del primer tema, se inicia la aplicación ingenieril aplicada a las obras de distribución del sistema de riego, que son las compuertas planas y también las compuertas sector, aplicadas a los Aprovechamientos Múltiples. En esta instancia, en la teoría y la práctica se calculan hidráulicamente compuertas no como un mero ejercicio numérico de

aplicación sino que sus resultados se exponen en fotografías, y videos, como puede observarse en las Figuras 2 y 3. Esta es una primera aproximación de los estudiantes al real ejercicio de la profesión. Se pueden observar, también, como complemento, elementos para la estancqueidad y su explicación correspondiente mediante fotografías de elaboración propia.

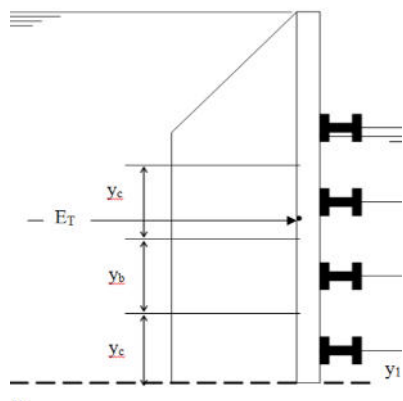


Figura 2. Esquema de la estructura de una compuerta. Fuente: Guía de Trabajos Prácticos de la Cátedra



Figura 3: Vista desde aguas abajo de una compuerta real. Fuente: elaboración propia

Para la Segunda Parte del dictado de la Materia, la temática de tuberías, movimiento laminar y turbulento, tuberías lisas y rugosas, se contextualizan en el tiempo y la historia cada uno de los descubrimientos y experiencias, de manera de comprender mejor el porqué de las experiencias y de las orientaciones de las distintas líneas de investigación, especialmente durante el siglo XIX y XX. Es así que se mencionan brevemente la vida de Pouiseuille, Hagen, Reynolds, Prandtl, Nikuradse, von Kármán, Moody, entre otros.

La transición del resultado de las Experiencias de Nikuradse (Nikuradze en su Georgiano natal) a la aplicación en el cálculo, diseño, dimensionamiento y verificación de tuberías se realiza a través del trabajo que realizó Moody en 1944. La explicación de la rugosidad se realiza de manera teórica y práctica, a través de tuberías recortadas longitudinalmente que pueden ser apreciadas por los estudiantes en clase y con fotografías ampliadas para apreciar la magnitud de la variación de la altura media de las asperezas reales, tal como se aprecia en la Figura 4, en concordancia con las experiencias de Francisco Javier Domínguez [1].



Figura 4. Muestra del crecimiento de las asperezas. Fuente: elaboración propia

Se hace hincapié en las Experiencias de Nikuradse [1] durante el desarrollo de sus trabajos, en la Alemania nazi, en las décadas de 1920 y 1930, ya que de su explicación en profundidad, puede comprenderse lo que significan las pérdidas de carga en tuberías y su extensión para toda la Ingeniería Hidráulica.

Analizado el Movimiento No Permanente (o Impermanente) de manera analítica se describen sus efectos y se muestran algunos videos experimentales sobre el Golpe de Ariete que es la aplicación directa. Este fenómeno se produce en todo cierre rápido, mencionando en qué situaciones reales se producen: en Centrales Hidroeléctricas, Centrales y equipos de bombeo.

En esta instancia se hace referencia nuevamente a la necesidad de optimizar los equipamientos de las Centrales y se muestran algunos Aprovechamientos de la Provincia, y de la República Argentina [2], como por ejemplo el adjunto en la Figura 5, oportunidad en que se mencionan las características de algunas de las centrales asociadas a los embalses de regulación de cada uno de los ríos de la Provincia.

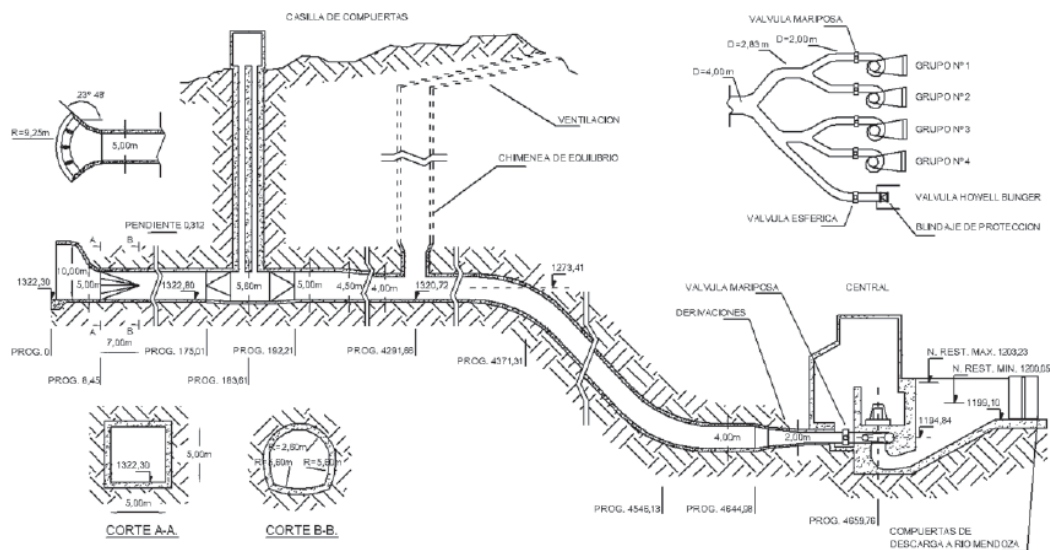


Figura 5. Corte esquemático de la Tubería Forzada a Central Cacheuta del Aprovechamiento Potrerillos del Río Mendoza. Fuente [2]

En estos esquemas pueden apreciarse las conducciones y se explica conceptualmente la forma de funcionamiento de la Galería a Presión, la Chimenea de Equilibrio, Tubería Forzada y se describen todos los elementos de la Central y su descarga, ya sea a otra canalización o al río.

Cuando los estudiantes observan todas las obras ejecutadas, especialmente las más grandes de cabecera de los ríos, tienden a pensar que podrían estar todas las obras hechas y que los Ingenieros Hidráulicos no tienen más para hacer... nada más lejos de la realidad. Las actividades recién comienzan, porque tiene ahora lugar el momento de la operación y mantenimiento de las obras que deben cumplir con el cometido para lo que fueron proyectadas. Toda obra posee una dinámica en el tiempo que debe ser comprendida por los ingenieros encargados de operarla. La etapa de operación y mantenimiento es prolongada y debe ser bien comprendida por los técnicos que deben seguirlas, operarlas y mantenerlas para que cumplan eficientemente con su función. Esta es otra de las ocupaciones importantes que tienen los Ingenieros Especializados en Hidráulica y se les remarca a los estudiantes para que

presten atención a cómo funcionan las obras durante su vida útil y que no se centren exclusivamente en las etapas de construcción.

Paralelamente, se explica que toda obra debe tener en cuenta todos los factores ambientales en los que se encuentra enmarcada y las acciones de proyecto durante las etapas de Construcción, de Operación y Funcionamiento. Se da un rápido pantallazo, ya que los tiempos son muy escasos, acerca de lo que significa un Impacto Ambiental [3].

Para la medición de los caudales se ha optado por no agruparlos de acuerdo a su función, sino en cuanto al régimen de funcionamiento. Es por ello que se explica a continuación los aforadores a presión, basados en el Teorema de Torricelli y la piezometría del Tema 1. La temática de la medición de los caudales es central en una zona árida como Mendoza, tal cual se mencionó en la Introducción. Se muestran algunas opciones para la instalación de aparatos basados en estos principios, tales como los Venturi, en las secciones más importantes de una instalación.

Como Tercera Parte del Curso, se explica la temática de las Canalizaciones Abiertas, estructuras fundamentales de conducción de caudales regulados para los distintos usos. Se explica la diferencia entre las canalizaciones para caudales regulados y para caudales no regulados, tales como las que reciben las crecidas aluvionales, importante factor ambiental de los biomas desérticos [4]. Se enseñan las distintas posibilidades de cálculo y verificación para el transporte de caudales regulados [1], [5] y [6]. Se describen el movimiento permanente uniforme y variado. Como se efectuó con la Segunda Parte de la Materia, Tuberías, se contextualizan en el tiempo y la historia cada uno de los descubrimientos y experiencias, de manera de comprender mejor el porqué de los ensayos y de las orientaciones de las distintas líneas de investigación, especialmente durante los siglos XVIII a XX. Es así que se mencionan brevemente la vida de Chézy, Manning, Froude, Saint Venant, entre otros.



Figura 6. Visita Técnica a un canal de riego en construcción. Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Visita Técnica a la desembocadura del Zanjón Sosa. Fuente: Elaboración propia

Para entender mejor el criterio del tipo de canalizaciones a adoptar, se realiza una visita a distintos canales, tanto matrices como derivados y se comentan las alternativas que surgieron para adoptar ese tipo de diseño, de acuerdo al tipo de suelos, espacio disponible [1], [5] y [6], retiros y servidumbres [7], tal como en las Figuras 6 y 7. Los criterios de diseño de canalizaciones abiertas son explicados en profundidad, debido a que constituyen la espina dorsal del sistema de distribución de las dotaciones de riego, agua para las plantas potabilizadoras e industrias, de acuerdo a la prelación de usos establecida por la Ley de Aguas de Mendoza, que data de 1884 [7].

La interacción entre la acción antrópica y la red de riego, en cuanto a los residuos sólidos es muy significativa, ya que normalmente se los arroja a los cauces que se internan en zonas pobladas [8]. Se pueden observar las obras de intercepción de residuos sólidos urbanos, hojas y ramas durante las visitas. De esta manera, los estudiantes toman contacto con la realidad de lo que significa ensuciar los cauces de riego y las acequias. La limpieza debe ser ejecutada por el Departamento General de Irrigación (DGI), aumentando sus costos, improproductivamente, a causa de la falta de educación y conocimiento de la temática del riego y de las pérdidas de agua por desbordes e inundaciones, disminuyendo aún más la eficiencia de riego.

Dado que uno de los factores ambientales importantes, tal como se mencionó, son las crecidas aluvionales durante la temporada estival de tormentas convectivas, durante las visitas, también se hacen paradas en cauces de este tipo, aunque no transporten caudales regulados, sino dependientes de los escurrimientos aluvionales y pluviales, que se incorporan a la red troncal de riego, tal como los estudiantes lo ven en la anterior Figura 7, en el que el Zanjón Sosa, es un tributario del Canal Cacique Guaymallén, uno de los dos canales matrices para la distribución del agua en el oasis norte del Río Mendoza.

Para motivar a los estudiantes durante las clases de canalizaciones abiertas se muestran accesorios y materiales complementarios utilizados para su construcción tales como sistemas de drenaje, juntas, geotextiles, membranas impermeables y sus correspondientes catálogos y manuales de uso, como lo muestran las figuras 8 y 9. Asimismo, se hace mención a las maquinarias pesadas que se utilizan en las distintas etapas de la construcción de las canalizaciones estudiadas, tanto en excavación como en terraplén.



Figura 8. Imagen de distintos tipos de Juntas de Dilatación. Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Imagen de muestras geotextil, mantas impermeables de PVC. Fuente: Elaboración propia

Es fundamental el conocimiento las instituciones de Mendoza que tienen jurisdicción sobre las distintas canalizaciones y ríos. Es por esta razón que es necesario mencionar en este tramo de cursado el papel que tienen el Departamento General de Irrigación, la Dirección de Hidráulica de la Provincia y las Municipalidades.

Tal como se ha explicado para tuberías, en el segundo tramo de la Asignatura, la medición de caudales es fundamental para la gestión de los caudales, para controlar las pérdidas por infiltración en aquellas canalizaciones que no se encuentran impermeabilizadas. Por ello se estudian las estructuras singulares básicas para poder efectuar los aforos, es decir los distintos tipos de vertederos y sus rangos de aplicación y oportunidad de ubicación, de acuerdo al nivel de exposición frente al vandalismo, al igual que todo sistema de compuertas. A medida que sea más sencillo y se base en las leyes hidráulicas, será de mayor aplicabilidad y menos vulnerable a la agresión antrópica. De otra manera, deben ser protegidas por rejas, cadenas y candados, tal como puede observarse en la Figura 10. Estos casos son mencionados y mostrados en las clases de teoría y durante las visitas técnicas para que los estudiantes tengan en cuenta estos factores ambientales antrópicos cuando se realiza los proyectos de una obra

singular, tal como un aforador o una obra de control con compuertas, motores y reductores.



Figura 10. Imagen de un puente de maniobras para evitar el vandalismo. Fuente: Elaboración propia

Otra metodología para conocer el caudal que escurre por una sección, es el aforo de la misma mediante la metodología de la medición de las velocidades en distintas progresivas de la sección transversal, a fin de construir las curvas isotacas de la sección e integrarlas para calcular el caudal instantáneo, tal como se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Imagen de un molinete en el Río Tunuyán. Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Imagen de un aforo en la Canaleta Experimental. Fuente: Elaboración propia

Esta metodología se explica en clase mediante ejemplos y fotografías y la practican los estudiantes en el Laboratorio de Hidráulica Experimental de la Facultad de Ingeniería. La Cátedra cuenta con dos molinetes de medición, de manera que los estudiantes pueden practicar con ambos. Para el caso de la Canaleta Experimental vidriada, se aplican las Normas ISO para aforos pequeños, como se ve en la Figura 12.

Durante las prácticas de Laboratorio los estudiantes tienen la posibilidad de realizar aforos con un vertedero triangular, con orificios bajo compuerta y observar las variaciones del Eje Hidráulico en singularidades con distintas clases de vertederos tipo barrera de fondo y de pared gruesa. Asimismo, se verifican los distintos tipos de regímenes, es decir Ríos y Torrentes y de cómo puede irse variando la posición del resalto en función de la variación de la carga o calado aguas abajo, como puede observarse en las Figuras 13 y 14, durante una de las clases de Laboratorio. Estas prácticas son muy productivas ya que los estudiantes pueden observar los fenómenos descriptos durante las clases teóricas y, resueltos, en las clases prácticas.



Figura 13. Imagen de la variación del eje hidráulico. Fuente: Elaboración propia

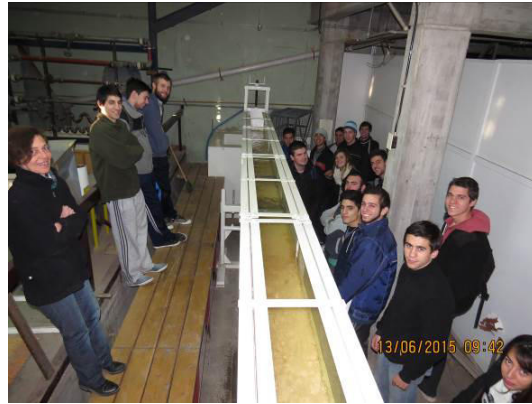


Figura 14. Imagen de la Canaleta Experimental. Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y Discusión

3.1 Hilo Conductor

Con el transcurso de los distintos ciclos lectivos se ha podido ir mejorando la calidad de las clases y el contacto con los estudiantes a fin de crear una buena comunicación que facilite la comprensión de la materia a través del hilo conductor que son los Recursos Hídricos en una zona árida, como Mendoza.

3.2 Conexión con las materias antecesoras

Durante el dictado de las primeras unidades, los docentes se encuentran con problemas de base relacionados con Geometría Analítica, Análisis Matemático I y II, Estática e, incluso con Física I

Para poder desarrollar los primeros temas básicos, correspondientes a Hidrostática, se han encontrado varios problemas para subsanar, antes de poder terminar de redondear los nuevos contenidos. Entre los problemas encontrados se pueden contar la dificultad y/o desconocimiento de la interpretación de la integral como área de la superficie del diagrama de presiones, el cálculo de centros de gravedad de figuras sencillas, tales como un trapecio.

Otro problema que se encuentra es que se hace difícil que los estudiantes recuerden los conceptos abstractos de momentos de primer orden (momento estático) y momentos de segundo orden (momentos de inercia), utilizados para muchos desarrollos y deducciones, como los empujes hidrostáticos, las condiciones de estabilidad en la flotación, el centro de presiones, la Ecuación Momenta, entre otros.

El desarrollo del Teorema del Valor Medio es aplicado durante toda la materia para los casos de Movimiento Permanente Uniforme y se encuentran serios inconvenientes para que los estudiantes puedan relacionar las fórmulas con estos conceptos de primer año.

La formación de volúmenes de revolución es otro problema con que se encuentran los docentes, ya que los estudiantes no recuerdan los teoremas de formación ni de superficies de revolución ni de volúmenes de revolución. Este tema corresponde al Equilibrio Sólido que, si bien no es un tema de fundamental importancia, señala otra circunstancia que debiera ser tomada en cuenta en la relación vertical con Geometría y con Estática.

Las integraciones con límites presentan otro escollo, en cuanto a su resolución, identificación de variables y determinación de los límites de integración, tales como el Coeficiente de Coriolis, Problemas de Vaciado de un Depósito (como aplicación de Orificios Hidráulicos).

Todos estos temas requieren de una articulación vertical muy fuerte entre los profesores del Área Hidráulica con los del Ciclo Básico.

3.3 Prácticas de Laboratorio

A través de los años se ha ido verificando que los estudiantes se interesan más en la materia cuando ellos mismos pueden “hacer Hidráulica” a través de mediciones, cambiar situaciones y comprobar lo que se estudió en la teoría y en la práctica.

La medición de los caudales es un asunto de extrema importancia en la Hidráulica que los estudiantes practican con los elementos móviles, es decir el molinete y el micromolinete, con los elementos fijos es decir con el vertedero triangular y con el tanque volumétrico que poseen las instalaciones experimentales.

Los estudiantes acceden a un conocimiento palpable de poder medir, comprobar, tomar contacto con el agua para que ella produzca los efectos deseados y corregir los no deseados mediante elementos simples tales como vertederos, compuertas, barreras, hasta conseguir el régimen solicitado.

Las clases de laboratorio son indispensables para que los estudiantes terminen por comprender los fenómenos más básicos y la necesidad de realizar mediciones para poder conocer la cantidad de agua y poder gestionarla.

Por todas las razones anteriores, se estima deseable aumentar la cantidad de prácticas de laboratorio a dos o tres.

3.4 Visitas de campo

Las visitas de campo han ayudado a incentivar a los estudiantes, no solamente en la comprensión de los fenómenos, la visualización de las obras sino también, el conocimiento de la realidad *in situ* de la red de riego durante la visita al Dique Cipolletti, obra de derivación sobre el Río Mendoza, que nutre a toda la red de riego del Oasis Norte del Río Mendoza. En este sitio puede observarse cómo se modifica el paisaje xerófilo del Espinal en un oasis, a través de la aplicación del riego artificial mediante la red de canales.

La visión de la construcción de canales de conducción incentiva a los estudiantes ya que pueden observar cómo los cálculos hidráulicos se transforman en una verdadera obra, con movimiento de suelos, acero, hormigón, maquinaria y personal.

Otro aspecto positivo de las visitas técnicas es que acrecienta la camaradería entre los estudiantes, uniendo al grupo de alumnos (como puede verse en la figura 13) y acercándolos también a los docentes para el conocimiento mutuo, pudiendo expresar ideas que, quizás en el aula no se den los momentos más adecuados.

Las visitas técnicas deben continuar y, de ser posible, agregar una o dos más para poder observar una mayor cantidad de canales de riego y de instalación de tuberías para distribución de agua, ya sea para riego o para agua potable o potabilizada.

3.5 Operación y mantenimiento de las obras

Durante las visitas de campo se resalta a los estudiantes la importancia de aprender

correctamente a operar las obras y comprender su funcionamiento y comportamiento a lo largo de la vida útil. En la línea del tiempo de las obras, la etapa de construcción solamente representa un porcentaje muy bajo dentro de su vida, mientras la utilidad de la obra depende de la calidad de su operación y mantenimiento durante muchos años. Dependerá también de la comprensión de su dinámica e interacción con los Factores Ambientales, que no son inmutables, sino al contrario, cada vez son más rápidos en sus cambios que repercuten en la respuesta de las obras y su funcionamiento a lo largo del tiempo. Todo este trabajo lo deben ejecutar ingenieros con mucho poder de observación y comprensión para poder detectar los pequeños cambios y variaciones.

3.6 Correlación con asignaturas de años posteriores

Los Contenidos Programáticos de Hidráulica General se articulan directamente con los de Hidrología I y de Obras Hidráulicas I, también materias troncales dentro del Plan de Estudios vigente.

Para Hidrología I, los temas iniciales son de aplicación directa, tales como caudales, energía, Momenta (segundo principio de la mecánica al Movimiento Permanente Variado) regímenes de escurrimiento, leyes de velocidades, límites, materiales, hidrograma y, los correspondientes a canalizaciones abiertas, que son aplicados en los correspondientes a los conceptos y cálculos de Hidrología General e Hidrología Urbana. Las técnicas de aforo son profundizadas y explicadas in extenso, en cuanto a su aplicación, metodología y cálculo.

Para el caso de Obras Hidráulicas I, todos los temas de aplicación de Hidráulica General son tomados como base para obras como Cálculo y Diseño de Canales y Redes de Riego, Sistemas de Riego, Salto, Cuenca Amortiguador y Sifón, Desarenadores, Desripadores y Aforadores, Azudes, Tipos de Presas y sus Obras asociadas, Hidráulica Fluvial, Defensas de Márgenes y Obras de Mitigación de Crecidas, Corrección de Cauces. Las visitas de obra en este Espacio Curricular son una componente muy importante para los estudiantes, ya que pueden comprender con mayor profundidad y visión ingenieril a los distintos sitios que se visitan: Dique Valle de Uco (Figura 15) y sistemas de riego, Defensas Aluvionales del Piedemonte de Mendoza, Obras que realiza el DGI y una visita al Dique Potrerillos y sus Centrales Hidroeléctricas asociadas, esta última depende de la autorización de la Autoridad de Aplicación que es el Gobierno de Mendoza.

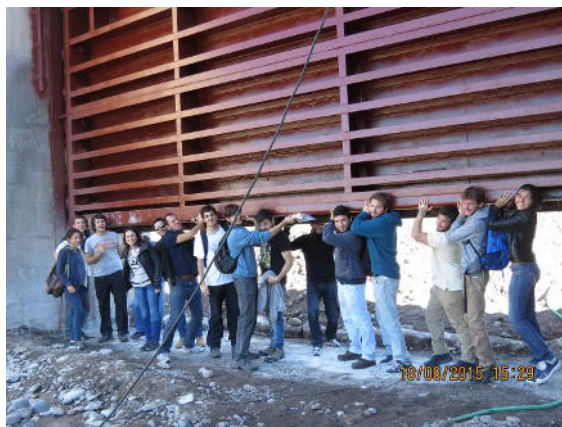


Figura 15. Imagen de la una Visita de Campo al Dique Valle de Uco durante tareas de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

3.7 Encuestas a los estudiantes

Al final del cursado de cada Espacio Curricular, el Servicio de Apoyo Pedagógico y Orientación al Estudiante (SAPOE) efectúa una encuesta a cada estudiante sobre el desempeño de cada Docente, sobre los contenidos de la Materia, los conocimientos aprendidos, el sistema de evaluación y consideraciones generales, donde los estudiantes pueden expresar libremente su parecer acerca de los docentes, su sistema de enseñanza, actitud y sugerencias varias.

Durante los últimos 8 años se han obtenido resultados muy interesantes en cuanto a los conceptos vertidos por los estudiantes, en especial acerca de las prácticas de laboratorio, visitas de obra, actitud de los Docentes frente al Curso y durante las Clases de Consulta, el mejoramiento permanente del material de estudio. En definitiva, las encuestas obligan y favorecen a la Cátedra a realizar su propia autoevaluación permanente, para mejorar aquellos aspectos flojos y mejorar a aquellos que se presentan como favorables.

La Facultad de Ingeniería de la UNCuyo dispone de un sistema de tutorías, asesorías y orientación profesional a alumnos y a docentes, a cargo del Servicio de Apoyo Pedagógico y Orientación al Estudiante (SAPOE) [9], actualmente, integrado por un equipo de profesionales en Ciencias Psicopedagógicas, en Ciencias de la Educación y en Lengua y Literatura.

3.8 Materia cuatrimestral

El espacio curricular tomado como ejemplo de enseñanza de la Hidráulica en la Ingeniería, tiene concentrada su actividad en 15 semanas de clases con 105 horas de dictado de clases en el quinto cuatrimestre de la carrera de Ingeniería Civil. Este tiempo no es suficiente para que los estudiantes puedan adquirir las habilidades y conocimientos requeridos en la Currícula de la Asignatura. Es demasiado escaso este tiempo para poder madurar los conceptos, poder visualizarlos y plasmarlos en ejercitación acorde a una carrera de Ingeniería Civil.

Asimismo, dentro de las 105 horas se incluyen los cuatro parciales, las tres visitas de obra y el recuperatorio, para los estudiantes que no hayan aprobado alguno de los parciales.

Aumentando la carga horaria se podrá espaciar los parciales para dejar más tiempo para madurar los temas, especialmente en la oportunidad del cuarto parcial que lo separa tan sólo 48 horas de la instancia recuperatoria.

Se estima necesario aumentar la carga horaria e intentar volver al cursado anual, de manera de poder realizar una mejor maduración de los temas, acompañándolos de prácticas de laboratorio aplicadas a los mismos, y tener posibilidad de poder llevar a los estudiantes a más visitas técnicas.

4. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los análisis realizados en los apartados del punto 3:

- El Hilo Conductor de la Materia, los Recursos Hídricos, es el correcto.
- El dictado de la Asignatura, si bien no es el óptimo, cumple con sus objetivos.
- Es necesario con la continuación de la educación permanente de la voluntad para el estudio como entrenamiento para el ejercicio de la Profesión.
- Los docentes de la Cátedra se encuentran con varios problemas de formación básica, por lo que es necesario trabajar conjuntamente con las materias predecesoras, de manera que planteen ejercicios preparatorios y aplicados a las temáticas de materias

correlativas, a fin que los estudiantes puedan encontrar aplicación práctica a contenidos formales.

- Es necesario remarcar que las obras precisan dentro de sus presupuestos los recursos para su operación y mantenimiento anual, conjuntamente con la capacitación de los Ingenieros que las sigan, monitoreen y comprendan su dinámica a través del tiempo, además los montos para su construcción.
- Es conveniente seguir estudiando la correlación con las materias superiores del Ciclo Profesional para mejorar las interconexiones y actualizar permanentemente las tecnologías de aplicación.
- Es necesario continuar con las visitas de obra y con las prácticas de laboratorio.
- Las encuestas son un elemento de mucha utilidad para detectar las debilidades para una continua mejora, a través de esta forma de autoevaluación anual.
- Es conveniente preparar un programa de mejora para la Cátedra, orientada a transformar la Asignatura Cuatrimestral en Anual, con un aumento de horas de prácticas de Laboratorio y de Visitas de Obra, con profundización de ejercitación en tuberías, canalizaciones abiertas, trazados de ejes hidráulicos, entre otros temas.

5. Referencias

- [1] DOMINGUEZ, F. J., (1999) *Hidráulica*, Editorial Universitaria, Chile, pp.117-165, pp.724-726.
- [2] SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA NACIÓN, (2014), *Inventario de los Aprovechamientos Energéticos de la República Argentina. Tomos I a IV*, Ministerio de Panificación Federal de la Nación, pp. 21-37.
- [3] CONESA FERNANDEZ VITORA, V, (2010) *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*, S.A. Mundi-Prensa libros, p.31-50.
- [4] VICH A. y GUDIÑO M. E. Editores, (2010) *Amenazas Naturales de Origen Hídrico en el Centro – Oeste Árido de Argentina*, Capítulo 9, “Situación Aluvional de la Ciudad de Mendoza, su Sistema de Mitigación de Crecidas“, Editorial Zeta Editores , pp. 165-191.
- [5] VEN TE CHOU, (2004), *Hidráulica de Canales Abiertos*, McGraw-Hill, pp. 19-38, pp.87-125.
- [6] STREETER, V. L., WYLIE, E. B., (1988), *Mecánica de los Fluidos*, McGraw-Hill, pp.476, 489.
- [7] PINTO, M. E., ROGERO G.E., Mónica Marcela ANDINO, M.M., (2006) *Ley de Aguas de 1884. Comentada y Concordada*, Irrigación Edita, p.13-149.
- [8] GUIASOLA, L. E., MAGISTOCCHI L. M., SALOMÓN SIROLES, M.A., INFANTE P.S., (2010), *Impacto Ambiental y Contaminación Hídrica Zona Metropolitana del Gran Mendoza – Provincia de Mendoza – República Argentina*, Anales del 3° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos y 2° Seminario da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, João Pessoa, Estado de Paraíba, República de Brasil, p. 67.
- [9] <http://fing.uncu.edu.ar/academico/grado/sapoe/?searchterm=sapoe?&topeStarEhJUS=1>

UNA PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5S A LA ENSEÑANZA DE PROGRAMACIÓN EN CARRERAS DE INGENIERÍA

María D. Grossi , Facultad de Ingeniería UBA, mdg7501@yahoo.com.ar

Resumen— Los estudiantes de las carreras de Ingeniería, desde sus comienzos se enfrentan con enunciados de problemas que contienen información que deben analizar de forma tal de poder identificar las partes imprescindibles para poder resolverlos. En particular, en el área de programación, la resolución deberá escribirse en un lenguaje que luego pueda ser ejecutado por una computadora.

La Metodología de las 5S, que se utiliza en organizaciones de diversa índole, como industriales, de servicios y comerciales con el objetivo de mejorar la productividad y el entorno laboral, consiste en cinco acciones: Separar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener la disciplina,

En esta presentación se propone adaptar la metodología de las 5S a la enseñanza de programación a alumnos de carreras de ingeniería procurando que éstos no sólo incorporen los contenidos conceptuales de la asignatura, sino que también adopten hábitos propios del ejercicio profesional.

Se caracterizará a los alumnos que cursan la asignatura, se revisarán los aspectos más importantes, tanto de las estrategias metodológicas para la resolución de problemas en el ámbito de las ciencias básicas, como de la metodología de las 5S. Se abordará también el propósito de la experiencia y se detallará la misma. Finalmente, se presentarán los datos recogidos de trabajos de alumnos y se expondrán los resultados y conclusiones alcanzadas.

Palabras clave— *alumnos de ingeniería, resolución de problemas, enseñanza de programación, metodología de las 5S.*

1. Introducción

Los estudiantes que eligen carreras de ingeniería generalmente lo hacen guiados por sus aptitudes para disciplinas científicas, como matemática, física y química. Aquellos que provienen de la enseñanza técnica poseen una formación que los acerca al área de la producción y les permite adquirir nociones más certeras del ejercicio profesional.

La estructura de las carreras de ingeniería contempla asignaturas pertenecientes a las ciencias básicas, tecnologías básicas, tecnologías aplicadas y complementarias. Se parte de las ciencias básicas y en forma gradual se adicionan las asignaturas tecnológicas. Las ciencias básicas representan un insumo que necesitan los ingenieros para diseñar y desarrollar dispositivos, estructuras y procesos utilizables [1]. Otros insumos son la metodología, los hábitos y el

criterio utilizado para enfrentar y resolver problemas. Según expresa Sobrevila [2], “lo importante es pensar como un ingeniero”.

Las facultades de ingeniería de diferentes universidades de la República Argentina, a partir de la actualización de los planes de estudio, incorporan en el primer cuatrimestre de la carrera una asignatura de Introducción a la Ingeniería que hace énfasis en acercar al alumno a la realidad de la profesión. Sin embargo, esta asignatura no está presente en los planes de estudio de todas las especialidades.

En esta ponencia se propone adaptar una técnica japonesa que se utiliza para mejorar hábitos de trabajo, la metodología de las 5S, a la enseñanza de programación a alumnos ingresantes a las carreras de ingeniería. Con esta estrategia didáctica se pretende contribuir con el proceso de construcción del conocimiento en el área de resolución de problemas por computadora, además de promover la incorporación de hábitos propios del ejercicio profesional.

2. Estado del Arte

2.1 La Resolución de problemas

El objetivo real de los ingenieros es resolver problemas con los recursos disponibles y de manera eficaz. Como recursos se pueden distinguir el conocimiento, el tiempo, el presupuesto, el equipamiento y la mano de obra.

En el área de la matemática existen enfoques como los de George Polya (1945), Alan Schoenfeld (1983) y Miguel de Guzmán (1993) que hacen énfasis en la resolución metodológica de los problemas. Estas metodologías distinguen fases que principalmente hacen hincapié en:

- la interpretación y representación eficaz del problema,
- el diseño de una estrategia heurística para resolverlo recurriendo a conocimientos previos y a problemas semejantes,
- la ejecución de la estrategia seleccionada y
- su evaluación [3].

Polya en 1945 introduce las estrategias heurísticas (1. Comprensión del problema, 2. Diseño de una estrategia para resolverlo, 3. Ejecución de la estrategia y 4. Evaluación de la solución obtenida}. Posteriormente, en 1983 Schoenfeld plantea la necesidad de adicionar a las estrategias heurísticas de Polya la fase de control y el sistema de creencias. La fase de control incluye la planificación y monitoreo constante durante el proceso de resolución. En tanto el sistema de creencias representa el conjunto de ideas o percepciones que los estudiantes poseen sobre la matemática y su enseñanza. [4]. Esta percepción del estudiante sobre la asignatura está estrechamente relacionada con la motivación que éste tiene en el proceso de aprendizaje de la misma y que, en caso de ser negativa, el profesor debe procurar revertir.

Por su parte, de Guzmán profundiza el modelo de Polya y hace énfasis en los obstáculos que experimentan los estudiantes frente a los problemas. A través de preguntas sobre el proceso de resolución intenta que éstos reflexionen sobre sus propios métodos de pensamiento a fin de eliminar obstáculos como bloqueos y poder cumplir con las etapas del modelo de Polya. [5]. En la Figura 1 se representa el enfoque de Polya.

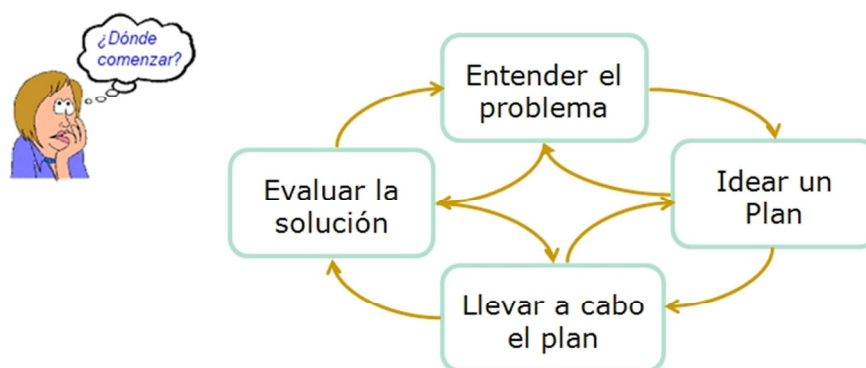


Figura 1. Resolución de problemas. Fases de Polya
Fuente: elaboración propia

2.2 La Metodología de las 5S

La Metodología de las 5S tiene su origen en Japón a mediados del siglo XX en un contexto de reconstrucción económica y social tras la derrota sufrida en la Segunda Guerra Mundial. En ese marco se conforma la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE), que promueve el control de calidad de procesos. Con el aporte de expertos en gestión de calidad como William Edward Deming y Joseph Moses Juran, oriundos de Estados Unidos y Rumania respectivamente, se impulsa la reconstrucción industrial de Japón basada en la Mejora Continua en el lugar de trabajo (en japonés: Gemba Kaizen).

Impulsada por las principales empresas japonesas (Toyota, entre otras), se utiliza en organizaciones de diversa índole, como industriales, de servicios y comerciales con el objetivo de mejorar la productividad y el entorno laboral. Consiste en cinco acciones universales y de aplicación grupal cuyos nombres en japonés comienzan con la letra S según se describe en la Tabla 1.

Tabla 1: La Metodología de las 5S

Japonés	Español	Descripción
SEIRI	Seleccionar	Distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es
SEITON	Organizar	Ubicar los elementos necesarios en el lugar que les corresponde (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar).
SEISO	Limpieza	Mantener la limpieza del lugar de trabajo.
SEIKETSU	Estandarizar	Mantener las condiciones de trabajo logradas en las 3 primeras “S”.
SHITSUKE	Autodisciplina o Mantener la disciplina	Cumplir en forma habitual con los procedimientos. Lograr convertir las etapas anteriores en un hábito.

Fuente: elaboración propia

Las tres primeras acciones son operativas, en tanto la cuarta y la quinta ayudan a mantener los logros alcanzados y a adquirir el hábito de su práctica [6].

3. Planteo del Problema y Metodología propuesta

3.1 Motivación

En el marco de la Cátedra de Computación, que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, se viene trabajando para dar respuesta a situaciones observadas en alumnos de la asignatura que dificultan su aprendizaje:

- Impacto que les genera el aprendizaje de una asignatura con un elevado grado de abstracción.
- Dificultades para interpretar consignas.
- Dificultades para resolver problemas.
- Falta de motivación para el aprendizaje de los conceptos desarrollados.

Por otro lado, el sistema de creencias abordado por Schoenfeld [7] representa un obstáculo para el aprendizaje. Los estudiantes que cursan la materia pertenecen a especialidades no informáticas y algunas de sus creencias sobre la asignatura son:

- ¿Para qué me enseñan a programar si no lo necesito?
- Curso esta materia porque es obligatoria, pero no me tiene que demandar mucho tiempo.

Con el propósito de revertir esta situación, desde la cátedra se ha ido observando a sus protagonistas: alumnos, docentes y contenido, e introduciendo cambios de estrategias de la enseñanza.

3.2 Metodología

La experiencia procura que los estudiantes tengan una disposición favorable para aprender a programar significativamente en un contexto conformado por un curso cuatrimestral de treinta alumnos, con cuatro horas semanales de cursada que se complementan con apoyos virtuales brindados por los mismos docentes que desarrollan las clases presenciales. En general el nivel de conocimientos de los alumnos sobre programación es heterogéneo.

Los Principios conceptuales sobre algoritmia y programación que se desean transmitir son:

- Un problema se resuelve a través de un algoritmo.
- El interlocutor es la entidad capaz de comprender un enunciado y ejecutar los pasos que lo resuelven.
- Un recurso es el medio al que se puede recurrir para lograr algo.
- El ambiente es el conjunto de todos los recursos necesarios para la ejecución de un trabajo.
- Una acción es un evento que modifica el ambiente.
- Un algoritmo implica una secuencia y orden. Este orden se establece a través de las estructuras de control.
- Un algoritmo no debe ser ambiguo.
- El algoritmo se comunica a la computadora a través de un programa escrito en un lenguaje de programación.
- Un algoritmo debe ser eficaz, es decir, resolver el problema planteado.
- Los programas otorgan inteligencia a las computadoras.

En tanto, las habilidades o procedimientos que los estudiantes deben adquirir son:

- Identificar datos de entrada y de salida del enunciado de un problema.
- Utilizar la cantidad mínima y necesaria de recursos.
- Documentar el programa a través de comentarios explicativos de las acciones que se desarrollan.
- Indentar las sentencias del programa, logrando códigos fáciles de leer.
- Diseñar algoritmos eficientes con un uso adecuado de las estructuras de control.

A través de presentaciones multimedia caracterizadas por un lenguaje claro y simple, con textos breves, acompañados de imágenes que grafican y complementan, se abordan los contenidos conceptuales. Las presentaciones se complementan con ejercicios de aplicación que demandan el empleo progresivo de estrategias cognitivas de mayor complejidad para que los alumnos reconstruyan los conocimientos adquiridos

Es frecuente observar que los estudiantes al programar, buscan cumplir con un único objetivo: que el algoritmo funcione, a pesar de no aplicar los contenidos procedimentales. Se recurre entonces a una analogía con la metodología de las 5S para que logren apropiarse de estos contenidos. En la Tabla 2 se describe la adaptación del método a la enseñanza de programación.

.Tabla 2: Adaptación de la Metodología de las 5S a la Enseñanza de Programación

Japonés	Español	Descripción
SEIRI	Seleccionar	Distinguir entre la información necesaria para resolver el problema y la superflua
SEITON	Organizar	Identificar y ubicar recursos donde corresponde (constante, variables, etc.)
SEISO	Limpieza	Mantener la legibilidad del programa
SEIKETSU	Estandarizar	Indentación / Documentación Interna
SHITSUKE	Autodisciplina o Mantener la disciplina	Cumplir en forma habitual con los procedimientos

Fuente: Elaboración propia

3.3. Consigna de Trabajo Integrador de los principios conceptuales y procedimentales

Al proponer el trabajo se retoma uno de los objetivos del curso: Concientizar al alumno de la importancia de la algoritmia como paradigma de resolución de problemas; y enseñar el análisis, la sistematización, programación y procesamiento de distintos problemas de tipo técnico-científico:

Consigna: desarrollar la fase de análisis, algorítmica y codificación para resolver a través de un programa el siguiente problema (Figura 2):

El Ministerio de Educación llamó a licitación pública nacional para la “Remodelación de Escuelas en la provincia de La Pampa”. Para poder ofertar era necesario comprar el pliego de la licitación por un valor de \$1000.

En base a las empresas que iban comprando el pliego se armó un primer listado con los nombres de éstas (cadenas de 15 caracteres como máximo). Este listado no mantenía ningún tipo de orden.

El día de la apertura de los sobres se actualizó el listado de acuerdo a las empresas que realmente se presentaron. Ese día se observó que hubo empresas que estaban en el listado inicial y que no se habían presentado y otras que habían comprado el pliego a último momento y que no se habían ingresado al listado inicial. Se observó también que hubo 2 empresas con experiencia en este tipo de remodelaciones y que cotizaron un valor inferior al resto de las empresas.

Se desea desarrollar el programa principal y declarar los recursos (unidades de biblioteca, constantes, tipos de datos, variables y subprogramas) necesarios para:

- a) Cargar a través del teclado el primer listado con los nombres de las empresas en un vector.
- b) Ordenar alfabéticamente y en orden descendente el vector cargado en el punto a)
- c) Mostrar por pantalla el vector ordenado en forma descendente.
- d) Actualizar el vector de nombres permitiendo agregar y eliminar empresas.

Para ello, en el programa principal se deberá crear un Menú de Opciones que permita:

1. Insertar una empresa manteniendo el orden descendente del vector.
2. Eliminar una empresa manteniendo el orden descendente del vector.
3. Visualizar el listado actualizado
4. Salir

Para la resolución se deberá:

- Analizar el enunciado según los siguientes pasos de la Metodología de las 5S: Seleccionar – Ordenar. Se deberá también ordenar la información según qué tipo de dato es.
- Desarrollar el programa estandarizando su resolución (Metodología de las 5S).

Observaciones

- Una vez terminada la ejecución de una opción del menú, el mismo debe volver a aparecer en la pantalla para poder elegir una nueva opción.
- La cantidad máxima de empresas oferentes es 15 (puede haber menos). Esta cantidad contempla posibles inserciones.

Figura 2. Consigna del Trabajo Integrador

Fuente: elaboración propia

El enunciado sirve como disparador para introducir un tema real de la profesión que los alumnos generalmente desconocen.

La presentación de la consigna se realiza en la etapa final del curso y previo a la instancia de acreditación. Se trata de una actividad formativa cuya modalidad de resolución es individual. Su corrección es pormenorizada y su calificación conceptual. Los estudiantes tienen dos semanas para resolverlo.

El objetivo de este trabajo es que el alumno integre los principios conceptuales y procedimentales del curso y que, a través de las orientaciones del docente, pueda evitar futuros errores.

4. Resultados y Discusión

La incorporación de la Metodología de las 5S como complemento de las metodologías de resolución de problemas y del material didáctico del curso, favoreció a que los estudiantes

- Vinculen el ámbito académico con el profesional.
- Profundicen la lectura y el análisis de las consignas de los problemas, evitando la práctica frecuente de resolver sin leer y analizar en su totalidad el enunciado.
- Apliquen o retomen los conceptos de programación vistos en el curso: en la etapa de ordenamiento de la información según el tipo de dato, necesitan apropiarse del marco conceptual de tipos de datos estructurados y tipos de datos simples.
- Sean conscientes de la necesidad de incorporar buenos hábitos de trabajo.

Se observó también que algunos alumnos utilizaron la analogía para profundizar el marco teórico y describir las consecuencias de un mal uso de los recursos de programación. A continuación se transcribe textualmente parte de la devolución de uno de los estudiantes:

“Limpieza: para resguardar, no es lo mismo tener un celular guardado en una caja, que tenerlo guardado en un galpón, si bien la función que cumple la caja y el galpón en este caso es la misma, es bien notable la diferencia de espacio de cada uno, el mismo criterio hay que mantener para etiquetar el tipo de dato en 2 nuevas categorías (utilizadas en el programa de desarrollo): variables o constantes. Se aclara todo esto, para que a la hora de usar el software de desarrollo la tarea se vea simplificada y no provocar datos “basura”, o el mal uso de la memoria, ya que dependiendo del tipo de dato que establezcamos sobre las variables (datos que pueden variar) se amplía o reduce el uso de la memoria, alterando así el tamaño y velocidad del programa.”

En la instancia final de evaluación, si bien hubo alumnos que no lograron resolver el problema planteado y denotaron dificultades conceptuales y metodológicas, la cantidad de alumnos que pudo aprobar el curso alcanzó el 70%, evidenciando un adecuado manejo de las estrategias de programación.

5. Conclusiones y recomendaciones

En este artículo se ha presentado una propuesta de adaptación de una metodología del área de la producción a la enseñanza de programación. A través de la incorporación de analogías y de problemas reales del ámbito profesional a los procesos de enseñanza y aprendizaje, se procura que los estudiantes tengan una disposición favorable.

Los resultados obtenidos con la incorporación de la Metodología de las 5S fueron positivos y, con respecto a años anteriores, se evidenció una mayor apropiación de buenos hábitos de programación.

Cabe señalar que esta metodología se implementó durante el primer cuatrimestre del año 2016 en dos cursos de la asignatura Computación como una experiencia que procura promover cambios en los resultados del aprendizaje y en la motivación para el aprendizaje de los alumnos de la materia.

Se considera que las actividades situadas ayudan al alumno a reflexionar sobre los motivos por los cuales eligió la carrera de ingeniería permitiéndoles, también, reflexionar sobre la aplicación de los contenidos abordados.

6. Referencias

- [1] WRIGHT, P.H. (1994). *Introducción a la Ingeniería*, México. Addison Wesley, Iberoamericana. 310p.
- [2] SOBREVILA, M.A. (1995) *La Educación técnica argentina*. República Argentina. Academia Nacional de Educación. 111p.
- [3] NICKERSON, R. S.; PERKINS, D. N.; SMITH, E. (1990). *Enseñar a Pensar Aspectos de la aptitud intelectual*. Barcelona. Paidós. 432p.
- [4] PÉREZ CARRASCO, R. (2008). Propuesta de un manual para el uso docente, orientado al tratamiento de la resolución de problemas, en la educación matemática de enseñanza media *Trabajo de graduación para optar al grado de Magister en Educación de las Ciencias con mención Matemáticas*. Instituto de Matemática y Física de la Universidad de Talca. 112p.
- [5] IRIARTE PUPO, A.; SIERRA PINEDA, I. (2011). Estrategias metacognitivas en la resolución de problemas matemáticos. Colombia. Publicación digital. Fondo Editorial Universidad de Córdoba. 220p.
- [6] Metodología de las 5S Mayor Productividad Mejor lugar de Trabajo.
<http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf>
- [7] BARRANTES CAMPOS, H. Resolución de problemas El trabajo de Allan Schoenfeld.(2006). *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, Universidad de Costa Rica, Año 1, Número 1

CUANTIFICACIÓN Y CUALIFICACIÓN DEL DISEÑO EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS - UNA NUEVA PERSPECTIVA

Dr. Ing. Daniel Eduardo Ferradas, UTN-Fac. Reg. San Francisco, deferradas@gmail.com

Ingeniero Electromecánico - Especialista en Ingeniería Gerencial - Magister en Diseño, Gestión y Desarrollo de Nuevos Productos - Doctor en Métodos y Técnicas del Diseño Industrial y Gráfico - Profesor Titular Universidad Tecnológica Nacional - Profesor Titular Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales – Investigador Universidad Tecnológica Nacional – Co director Proyectos de Investigación Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional

Resumen— El desempeño profesional en ingeniería está vinculado con el diseño, el producto y los procesos asociados, el cálculo y funcionamiento de máquinas, equipos, procesos, estructuras, entre otros, abordados desde una concepción lógica basada en la formación dada por las ciencias matemáticas y físicas. Si bien su formación de base en estas ciencias ha sido de características perennes y la evolución técnica ha puesto a su disposición herramientas para facilitar su aplicación en aspectos tecnológicos, su adecuada utilización frente a desafíos de nuevos conocimientos permitió asombrosos y vertiginosos avances mediante su aplicación ética y responsable asociada al diseño.

El diseño, más allá de la utilización de herramientas informáticas facilitadoras de este proceso, necesita una revisión en la formación en ingenierías que permitan trasponer estos límites, abordándolo desde la productividad y el medio ambiente asociado al ciclo de vida del producto que hoy el pos grado da accesibilidad.

El interés de este trabajo es profundizar el concepto de formación ingenieril vinculada al diseño, investigando la necesidad de este cambio, en un concepto que lleve implícito un nuevo abordaje de sus diseños curriculares que lo cuantifiquen y cualifiquen.

El sector industrial metalmecánico le asigna importancia significativa al diseño, con necesidad específica que el mismo contemple aspectos mercadotécnicos asociados al ciclo de vida del producto, asimismo en el orden académico se evidencia la importancia conferida al diseño en general y en particular en su relación con el ciclo de vida del producto, considerándose necesario su abordaje en los diseños curriculares.

Palabras claves— ingeniería, diseño ,ciclo de vida de producto, industria, diseño curricular

1. Introducción

Un factor importante a considerar en la valoración del diseño en el desempeño profesional de los ingenieros está vinculado no solo a sus sólidos conocimientos en las disciplinas específicas de su titulación sino también a aspectos que cortan transversalmente al proceso ingenieril asociado a la productividad y el desarrollo de productos (ya sean estos nuevos,

sustitutos, de paridad o mejorados) que permiten concebir al producto asociado a la mercadotecnia, de la cual parte el concepto de su ciclo de vida.

Si bien esta mejora formativa, a partir de considerar aditivamente a su formación un mayor contenido en diseño vinculado a todas las etapas del ciclo de vida de un producto, es importante para la industria en general, lo es particularmente para los sectores industriales en el área de las Pequeñas y Medianas Empresas, que si bien cuentan con profesionales formados en áreas específicas, tienen demandas por necesidades emergentes que requieren de un desempeño profesional capaz de concebir un producto para todo su ciclo de vida, con una formación integral que evite su recurrencia a profesionales de otras disciplinas acarreándoles un aumento de mano de obra indirecta con impacto directo en los costes del producto.

Si bien este es el caso de los profesionales de la ingeniería vinculados con la producción eléctrica, mecánica, química, electrónica, industrial, entre otras, en relación de dependencia, es extrapolable para quienes realizan un desempeño profesional independiente en estas y otras áreas de la ingeniería asociadas con la construcción de obras civiles e informática, en servicios de consultoría o por cuenta propia, para quienes se genera una situación similar en cuanto a sus posibilidades de ejercicio profesional vinculado al diseño.

Desde el punto de vista de la mecánica formativa los componentes principales de diseños curriculares actuales determinan el funcionamiento en su conjunto basado en sistemas individuales de ejes temáticos troncales por disciplina, cuya configuración se asimila a un sistema en paralelo, con un grado de formación que será resultante de la sumatoria individual de los sistemas que lo integran, con materias anuales integradoras que realizan una integración sistémica de conocimientos, sin abordar el concepto producto y su ciclo de vida asociado a la mercadotecnia que sería de gran importancia implementar en los años finales de carrera permitiendo así una visión de conjunto de verdadera importancia.

2. Materiales y Métodos

El interés de este trabajo está centrado en la profundización del concepto del diseño para el ciclo de vida del producto en la formación profesional de ingenieros, investigando la percepción de los sectores involucrados de la situación planteada desde las áreas académica y productiva.

Se plantea como objetivo determinar el grado de necesidad en ambos sectores en cuanto a contar con ingenieros dotados de conocimientos de diseño asociado al ciclo de vida del producto, a partir de la hipótesis que esta formación es de significativa importancia por ambos en cuanto a una mejor cualificación y cuantificación del desempeño profesional del ingeniero asociado al diseño.

La estructura organizativa del sector académico tiene un sistema basado en cuerpos colegiados de gobierno que legislan las actividades de planeamiento universitario y aspectos académicos entre otros, siendo estos los más importantes a considerar para esta propuesta investigativa. Los sectores productivos están agrupados por cámaras empresariales asociadas a tipologías industriales, con características particulares dadas las improntas particulares de cada región del país. Este estudio se centra en la ciudad de San Francisco de la provincia de Córdoba de la República Argentina que cuenta con uno de los Parques Industriales más importantes del mencionado país, caracterizado por su industria metalmecánica PyMe, y en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco caracterizada por sus carreras de ingeniería y principal proveedora de profesionales de la ingeniería a ese sector productivo.

Ambas tienen un elemento en común, los profesionales en ingeniería graduados en la Facultad Regional San Francisco y un fuerte compromiso regional asociado a la productividad y el desarrollo regional.

Las ingenierías dictadas en la Facultad Regional San Francisco tienen una relación directa con el sector industrial con la siguiente distribución de graduados por especialidad.

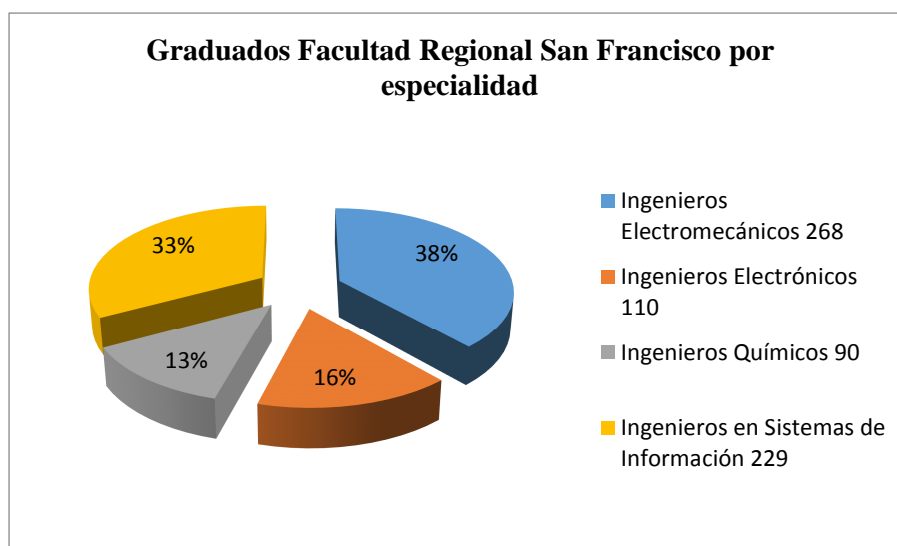


Figura 1: Distribución de graduados de la Facultad Regional San Francisco por especialidad

Fuente: Elaboración propia

Para efectuar el análisis de necesidad e interés en el sector productivo se efectuó una encuesta con variables de evaluación que determinan la importancia asignada al diseño en pequeñas y medianas empresas y la necesidad de contar con ingenieros formados en diseño para el Ciclo de Vida del Producto.

El interés y factibilidad de dar respuesta por parte del sector académico universitario se determinó mediante la realización de una encuesta con variables de evaluación que determinan, la formación actual en diseño en la Facultad Regional San Francisco en cuanto a diseño que contemple el Ciclo de Vida del Producto, si el diseño debe ser concebido para todo el Ciclo de Vida del producto y la necesidad de inclusión del diseño para el Ciclo de Vida del Producto en los actuales diseños curriculares.

Las encuestas tuvieron como objetivo definir la significación e importancia, por parte de los sectores productivo y académico, del desempeño profesional del ingeniero asociado a una formación que contemple al diseño concebido para el ciclo de vida del producto para su mejor cualificación y cuantificación.

La muestra se centró en la industria metalmecánica y en los miembros de órganos de gobierno universitario de la Facultad Regional San Francisco con un tamaño que contempló una población de 92 posibles encuestados con un grado de confianza del 95%.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos responden al análisis de variables asociadas al diseño en los ámbitos académico de la Facultad Regional San Francisco e industrial metalmecánico de la Pequeña y Mediana Empresa de la ciudad de San Francisco. Se considera importante determinar la importancia asignada al diseño y la necesidad de disponer de ingenieros formados en diseño para todo el ciclo de vida del producto en el sector industrial y vincular las mismas a la formación actual del ingeniero en cuanto a diseño en la Facultad Regional San Francisco, la opinión académica en cuanto a la concepción del diseño vinculado al ciclo de vida del producto y la importancia conferida a la formación de ingenieros dotados de herramientas que contemplen al producto para todo su ciclo de vida como vía de posibles cambios curriculares para satisfacer las necesidades detectadas.

3.1. Resultados que determinan la importancia asignada al diseño en las Pequeñas y Medianas Empresas de producción metalmecánica de San Francisco

En primer lugar se considera importante evaluar la consideración del diseño por parte del sector productivo de la pequeña y mediana empresa metalmecánica en cuanto a su significación e importancia, constituyendo este el punto de partida para avanzar en aspectos específicos vinculados al mismo en función de los resultados obtenidos. Sólo se podrá avanzar en el análisis del objeto de estudio si existe, como punto de partida, una significativa mayoría con una alta valoración del diseño.

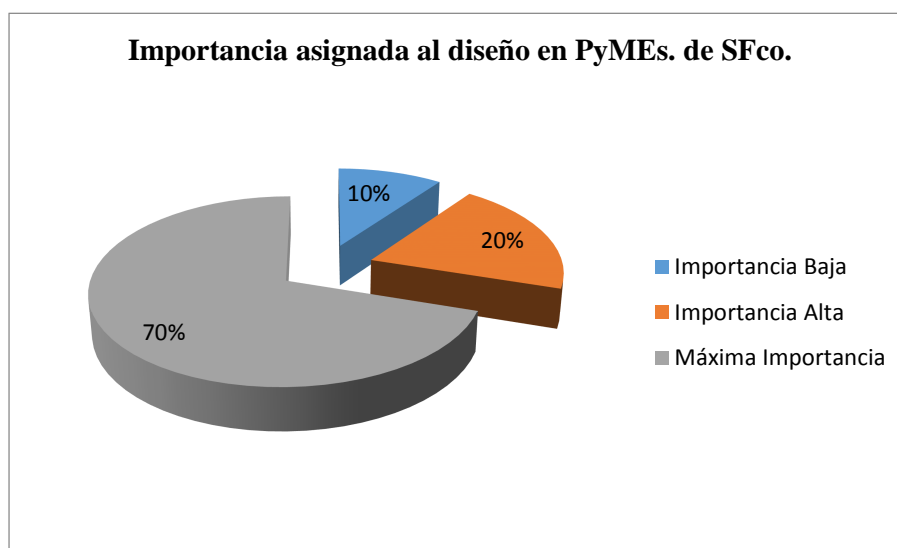


Figura 2: Distribución importancia asignada al diseño en Pymes SFco.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos que se plasman en la figura 2 se determina que el 90% de los encuestado considera con los valores más altos en cuanto a la importancia que le asigna la Pequeña y Mediana Empresa a la variable diseño.

Este resultado deja sentadas las bases que permiten avanzar específicamente en la evaluación de su necesidad vinculada al diseño para el ciclo de vida del producto y su demanda de profesionales de la ingeniería formados en esta concepción del diseño.

3.2. Resultados que determinan la necesidad de contar con ingenieros formados en diseño para el ciclo de vida del producto

A partir de la significación conferida al diseño en el sector productivo metalmeccánico de la pequeña y mediana empresa de San Francisco y habiéndose asignado una importancia significativa a esta variable, es importante evaluar la necesidad del sector de contar con ingenieros dotados de herramientas que contemplen el diseño para todo el ciclo de vida del producto. Su evaluación indicará si se debe avanzar en la factibilidad concreta de dar respuesta a la misma desde el sector académico de la Facultad Regional San Francisco

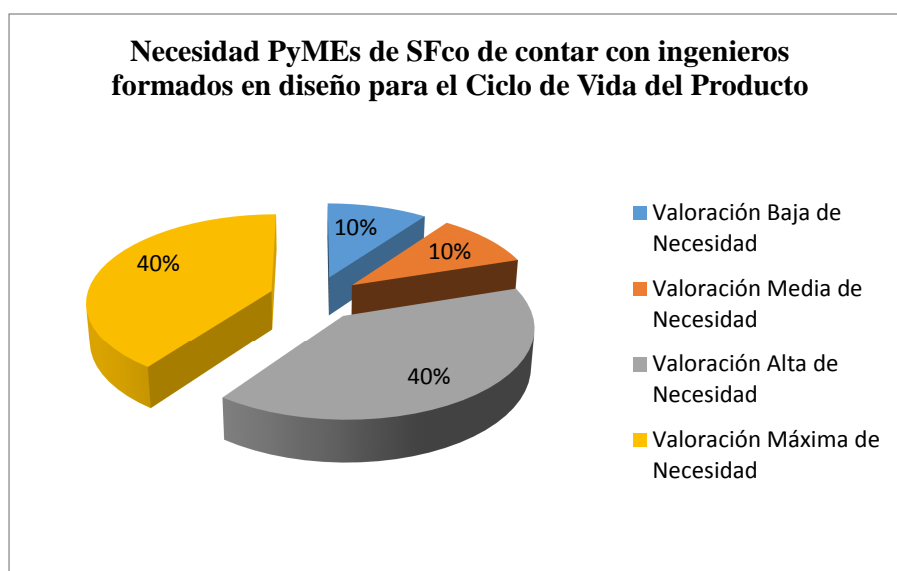


Figura 3: Distribución necesidades en PyMEs SFco. en contar con Ingenieros formados en diseño para el Ciclo de Vida del Producto

Fuente: Elaboración propia

La figura 3 pone en evidencia que la variable diseño de productos que contemplen su ciclo de vida es una necesidad de las Pequeñas y Medianas empresas puesta en evidencia en el 90 % de los encuestados, que consideran con los valores más altos de ponderación su necesidad de contar con ingenieros con esta formación. Esto indica que se debe dar respuesta por parte del sector académico a esta necesidad latente

3.3. Resultados que determinan la formación actual de ingenieros en la Facultad Regional San Francisco en cuanto a diseño que contemple el ciclo de vida del producto

Para avanzar en posibilidad de satisfacción de necesidades detectadas en el sector productivo involucrado en este análisis, es prioritario considerar la formación actual en diseño vinculado al ciclo de vida del producto en las carreras de ingeniería de la Facultad Regional San Francisco relacionadas al sector productivo metalmecánico. Su evaluación permite determinar la formación específica en este campo y en función de los resultados obtenidos analizar la factibilidad de implementación de cambios curriculares a partir de la concepción del diseño en el ámbito académico.

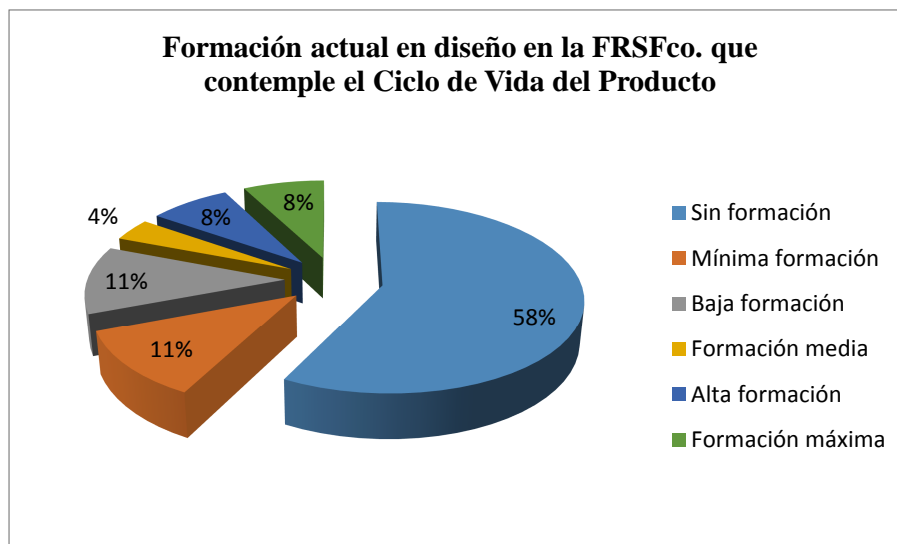


Figura 4: Distribución formación de ingenieros en la FRSFco. en diseño que contemple el Ciclo de Vida del Producto

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se pone en evidencia que la formación en diseño en la actual currícula de ingenierías de la Facultad Regional San Francisco no considera al diseño para todo el ciclo de vida del producto dado que el 80% de los encuestados le asigna a esta variable los valores más bajos, de los cuales el 58% le asigna valor cero.

Este análisis deja en claro que para satisfacer las necesidades detectadas se debe partir de un cambio en la formación académica, la cual será viable sólo si en el campo académico se concibe al diseño desde la perspectiva del ciclo de vida del producto.

3.4. Resultados que determinan en la Facultad Regional San Francisco si la formación de ingenieros en cuanto diseño debe concebir al mismo para todo el ciclo de vida del producto.

Analizada la formación actual en diseño y antes de determinar la viabilidad de un cambio curricular, es prioritario considerar la opinión del ámbito académico relacionada a si el diseño debe ser considerado para todo el ciclo de vida de un producto, toda vez que sólo se podrá avanzar en la posibilidad de dar la respuesta académica correspondiente para satisfacer las necesidades detectadas, si la opinión es mayoritaria en cuanto a esta concepción del diseño.

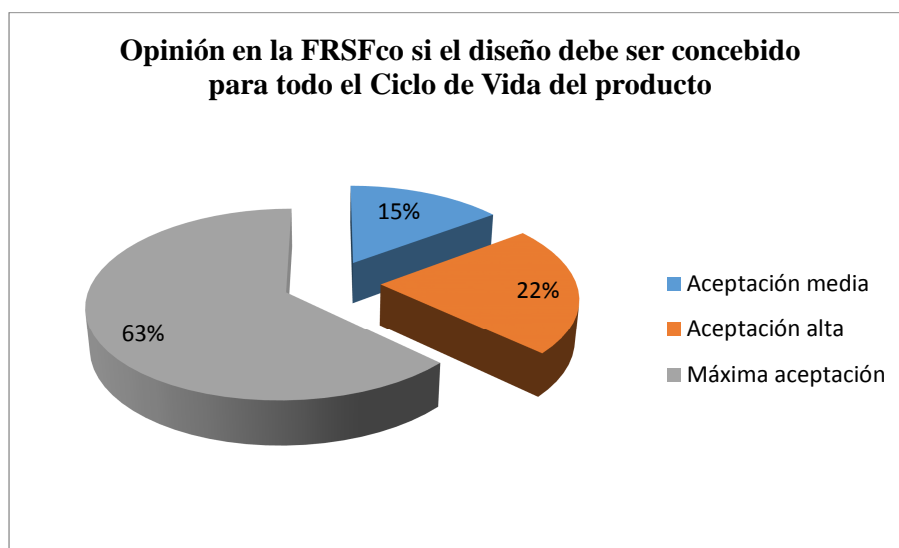


Figura 5: Distribución concepción del diseño asociado al ciclo de vida del producto

Fuente: Elaboración propia

Esta variable arroja aspectos sumamente significativos evidenciados en la figura 5, en la cual se percibe claramente que el 100% de los encuestados considera que el diseño de un producto debe concebirse para todo su ciclo de vida. El 15% le otorga una ponderación media mientras que el 85% lo considera en sus valores más altos.

El análisis de esta variable permite determinar que existe una total aceptación en el ámbito académico que el diseño debe ser concebido para el ciclo de vida del producto, permitiendo entonces avanzar en la posibilidad de adecuaciones curriculares que surgirán de la determinación de la importancia conferida por el sector académico a su inclusión en las carreras de ingeniería vinculadas al sector productivo metalmecánico.

3.5. Resultados que determinan la importancia asignada en la Facultad Regional San Francisco a la inclusión de formación de ingenieros en cuanto a diseño que contemple el ciclo de vida del producto

Habiéndose determinado que la concepción académica del diseño en la Facultad Regional San Francisco establece que el mismo debe contemplar al producto para todo su ciclo de vida, es fundamental evaluar la importancia asignada a incluir este concepto en la formación profesional. El análisis de esta variable determinará en forma concreta la posibilidad de satisfacer desde la Facultad Regional San Francisco la necesidad detectada en el sector productivo metalmeccánico de las pequeñas y medianas empresas de San Francisco.

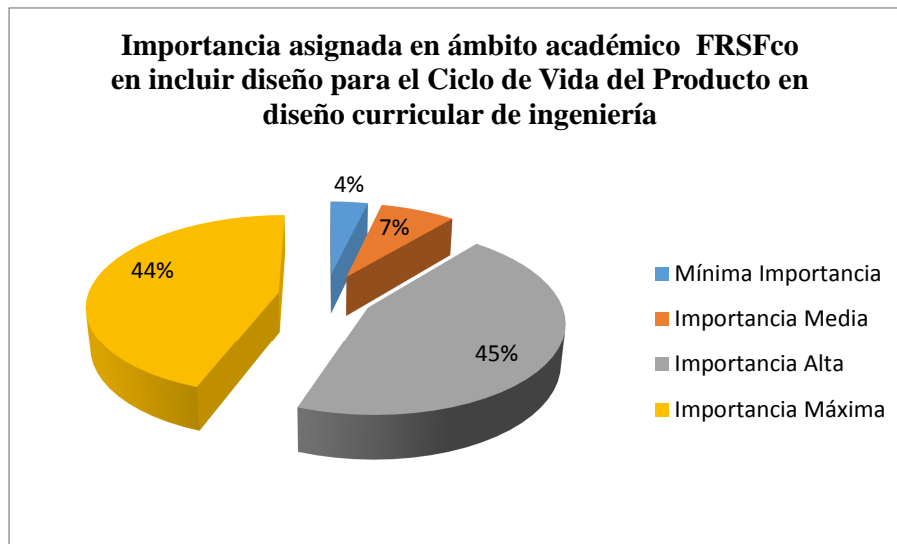


Figura 6: Distribución importancia asignada al diseño para todo el Ciclo de Vida del Producto en el ámbito académico

Fuente: Elaboración propia

La valores detectados mediante la variable importancia que se asigna en incluir concepto de diseño de productos para todo su ciclo de vida en el ámbito académico es altamente significativa, solo el 4% lo valora con baja ponderación, mientras que el 7% le da un valor medio y el 89% le otorga los más altos valores de importancia, evidenciando la necesidad y factibilidad de implementación de esta concepción de diseño en los actuales diseños curriculares.

En función de los resultados obtenidos se puede inferir la importancia asignada al diseño vinculado al ciclo de vida del producto en la formación de ingenieros, la que surge del análisis de variables en el sector productivo de la pequeña y mediana empresa y en el sector académico. La vinculación de estas variables permite determinar un aditivo impacto cualitativo y cuantitativo de formación profesional vinculado con la importancia asignada al diseño en las Pequeñas y Medianas Empresas y su necesidad de contar con ingenieros formados en diseño para el ciclo de vida del producto, atendiendo la formación actual de ingenieros y la visión académica en cuanto a la formación en diseño de ingenieros concibiendo al mismo para todo el ciclo de vida, lo que permite evaluar positivamente, con la variable importancia asignada en la Facultad Regional San Francisco, la necesaria inclusión de formación de ingenieros que contemple el ciclo de vida del producto.

4. Conclusiones y recomendaciones

El análisis de las variables indica que el sector industrial metalmecánico le asigna importancia significativa al diseño, con necesidad específica que el mismo contemple aspectos mercadotécnicos asociados al ciclo de vida del producto, como así también en el orden académico se evidencia la necesidad de realizar adecuaciones curriculares en este sentido en función de la importancia conferida al diseño en general y en particular en su relación con el ciclo de vida del producto.

En función de los resultados obtenidos podemos inferir que la cualificación y cuantificación del diseño desde una nueva perspectiva que considere al mismo para todo su ciclo de vida en la formación profesional de las ingenierías es una necesidad latente en los sectores productivos de las pequeñas y medianas empresas, quienes le asignan un valor superlativo al diseño y están en estado de formulación de la demanda para satisfacerla.

Asimismo en el sector vinculado a la formación académica se pone de manifiesto el mismo tipo de necesidad incluyendo la implementación de cambios curriculares que contemplen esta nueva dimensión del diseño, que se constituye en una nueva perspectiva que cualificará y cuantificará la formación de los graduados en ingeniería en función de la importancia asignada al diseño concebido para todo el ciclo de vida del producto.

5. Referencias bibliográficas

- CAPUZ RIZO, Salvador, GOMEZ NAVARRO, Tomás. ECODISEÑO-Ingeniería del Ciclo de Vida para el Desarrollo de Productos Sostenibles – Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 268 p. ISBN: 84-9705-191-2
- HERNANDIS, Bernabé, IRIBARREN NAVARRO, Emilio. Diseño de Nuevos Productos-Una perspectiva sistémica. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 289p. ISBN: 84-7721-761-0
- KRIK E.V., Paniagua Bocanegra, Francisco (trad.),Rascón Chavez, Octavio A. (rev.) Introducción a la ingeniería y al Diseño en Ingeniería. –México DF: Editorial Limusa S.A. de C.V.- Grupo Noriega Editores, 23ra. Imp. 240p. ISBN: 968-18-0176-8
- KOTLER, Philip, AMSTRONG, Gary. Mascaró Sacristán, Pilar (trad). Benassini Félix, Marcela (rev. tca.). Mercadotecnia-6ta.ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1996. 826p. ISBN: 968-880-590-4
- SANTESMASES MESTRE, Miguel. Marketing – Conceptos y Estrategias- 6ta.ed. Madrid: Ediciones Pirámide S.A., 2012. 1103p. ISBN: 978- 84-368-2613-5

-TOVAR, María Clara y SARMIENTO, Pedro. El diseño curricular, una responsabilidad compartida. *Colomb. Med.* [online]. 2011, vol.42, n.4, pp. 508-517. ISSN 1657-9534.

- LA FORMACIÓN DEL INGENIERO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. 3 Aportes del CONFEDI. Congreso Mundial Ingeniería 2010 – Buenos Aires – Octubre 2010

EL POTENCIAL ESTUDIANTIL COMO HERRAMIENTA DE PERMANENCIA

Suárez, María de las Mercedes; Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; msuarez@fio.unicen.edu.ar

Berrino, María Inés; Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; mberrino@fio.unicen.edu.ar

Bouciguez, María Beatriz; Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; boucigue@fio.unicen.edu.ar

Irassar, Liliana Elisabet; Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; lirassar@fio.unicen.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo se presenta una experiencia de autoevaluación de los factores asociados al aprendizaje escolar que pueden mejorar los logros estudiantiles y la permanencia en el primer año universitario.

La propuesta se presenta mediante un círculo dividido en sectores que contemplan aspectos influyentes en los desempeños académicos. En cada sector, en total son ocho, se debe sombrear el porcentaje de logro que consideran haber alcanzado y se les solicita que ejemplifiquen al respecto. Esta técnica se aplica a los estudiantes de Ingeniería, al ingresar y al iniciar el segundo cuatrimestre de primer año, tanto a los que cursan a término como a los que reiteran las asignaturas.

Según nuestras indagaciones, desde el Núcleo GIASU hemos detectado la importancia de promover la reflexión en estudiantes y docentes. Esta postura que amerita asumir una práctica docente pensante de sus alcances y despliegues también propicia conocer acerca del potencial, de los logros, del oficio estudiantil y de la interdependencia entre éstos, para obtener la implicación del sujeto de aprendizaje en el nuevo escenario educativo.

El conocimiento sobre los factores asociados al aprendizaje desde un marco psicoeducativo, permite proyecciones de investigación e intervención integral.

Palabras clave permanencia, integración, autoevaluación, herramientas, orientación, logros.

1. Introducción

El conocimiento sobre los factores asociados al aprendizaje desde un marco psicoeducativo, permite proyecciones de investigación e intervención integral.

Distintos factores subjetivos y contextuales en interacción dialéctica inciden en la manera en que los jóvenes enfrentan las transiciones, desarrollan su trayectoria educativa y construyen su identidad.

Los problemas son vastos y complejos y no sólo tienen que ver con la definición de una trayectoria escolar. Así para hacer frente a esta situación, los individuos deben:

1) constituir un capital de competencias (de carrera y/o de identidades),

2) saber invertirlo todo,

3) definir las referencias fundamentales que les permitan orientar su vida. [1]

Los períodos del fin de la adolescencia y de la edad adulta emergente se corresponden con edades en las que los jóvenes efectúan numerosas experiencias que les permiten construir esas habilidades. Algunas de esas experiencias tienen lugar en la escuela secundaria o en la universidad. Pero ciertas formas de organización escolar y ciertos modos sociales de articulación de la experiencia escolar con otras experiencias de vida del joven parecen más favorables que otras para la construcción de las identidades dinámicas y diferenciadas (y consecuentemente de las competencias) requeridas en la actualidad.

Es por ello, que las instituciones educativas deben conocer al alumno ingresante como así también al estudiante de primer año para instrumentar programas de apoyo y estrategias que transformen las experiencias de aula estimulando su compromiso y persistencia. Así la mejor estrategia será brindar una atención integral y una educación de buena calidad.

En el presente trabajo se presenta una experiencia de autoevaluación, realizada con alumnos que cursan Análisis Matemático II en la Facultad de Ingeniería (FIO) de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), de los factores asociados al aprendizaje escolar con la intención de contribuir a la mejora de los logros estudiantiles y así favorecer la permanencia en el primer año universitario.

2. Fundamentación

Las investigaciones educativas recientes han buscado "factores asociados al aprendizaje escolar" desde distintas perspectivas teóricas, intentado conocer cuáles son las variables que inciden en los procesos de enseñanza y aprendizaje escolares, cuál es su importancia relativa y cómo podrían ser mejoradas. Unas son las teorías del aprendizaje por "reestructuración" [2], otras intentan comprender la complejidad de los procesos socioculturales y de aprendizaje que ocurren en la escuela [3], y otros son los estudios sobre eficacia escolar con sus distintos énfasis y áreas de investigación tanto para con los alumnos como para con la formación docente [4].

El primero se relaciona con el contexto de convivencia escolar, entendida como la cultura de relaciones interpersonales que se ha construido en una institución escolar, así como con el clima escolar de la institución, entendido como la percepción que tienen los distintos actores educativos de las relaciones interpersonales que establecen en la institución. Este ambiente socio afectivo es el que permite compartir y eventualmente modificar las creencias y expectativas mutuas. El autoconcepto, entre otros, es el que genera la motivación y las posibilidades de aprender, tanto en los estudiantes como en los docentes.

La segunda se relaciona con el ambiente organizacional y a partir de allí buscar consensos, acceso a la información y el fortalecimiento de los espacios colectivos formales e informales de los que disponen los actores educativos.

Y por último, en la tercera, se analizan factores socio-afectivos y organizacionales en la institución escolar, porque son muy considerados por los alumnos, además de la formación docente.

En las investigaciones sobre experiencias educativas el docente es el mediador que facilita los intercambios de significado en las comunidades educativas y habrá que estudiar más a fondo cómo las condiciones de su trabajo y sus formaciones pedagógicas limitan o favorecen el cumplimiento de ese rol.

Construir una trayectoria educativa que implique desarrollo y crecimiento personal y que posibilite una futura inserción socio-laboral depende del análisis de los logros que el sujeto en interacción con otros vaya generando.

En la búsqueda de los factores que influyen en los aprendizajes, pensar la inclusión de la autoevaluación supone dotar a los estudiantes de un empoderamiento, puesto que en la medida en que el alumno aprende a autoevaluarse también aprende a saber identificar sus logros y expresar sus necesidades.

El logro en el ámbito académico es considerado en función de la exposición del estudiante a determinado proceso de formación escolar. El logro supone resultados favorables con respecto a los objetivos propuestos en un contexto escolar. En este caso se entiende por logro académico al resultado que se supone debe obtener el estudiante con respecto a las metas fijadas en consenso dentro de la institución [5].

En las transiciones entre la adolescencia y la juventud, etapa que en general, coincide con el ingreso a la FIO, los sujetos realizan numerosas experiencias que les permitirían desarrollar las habilidades que se intentan evaluar a través de esta técnica del gráfico de logros de la que damos cuenta en este trabajo.

En nuestras sociedades contemporáneas, la orientación es una actividad continua de conocimiento de sí mismo, de personalización. Ya no sólo de elección profesional o de desarrollo de carrera sino de ayudar a las personas a desarrollar su reflexividad con el objetivo de poner su existencia en perspectiva, sobre todo en los momentos de transición entre etapas educativas [6].

Por otra parte, al aplicar la técnica en dos momentos del primer año universitario, se pueden observar las coyunturas diversas que experimentan siendo ingresantes y luego alumnos de primer año transcurrido su primer cuatrimestre en la carrera. El análisis de estos datos permite una reflexión colectiva y asesorada (alumnos, equipo del Departamento de Orientación y Bienestar y docentes) sobre la integración a la comunidad universitaria y las posibilidades de permanencia.

En cuanto a la técnica propiamente dicha, combina y articula lo cualitativo y cuantitativo para la recolección y análisis de datos sobre las autoevaluaciones de estrategias estudiantiles.

3. Descripción de la técnica

Esta experiencia se basa en la aplicación de “La rueda de la vida”, una técnica de autoevaluación utilizada, en este caso, para evaluar logros estudiantiles. La misma es un diseño y adecuación de otras extraídas de varias fuentes bibliográficas [7] y [8], entre otros que hemos denominado *Círculo de Logros*.

Es una herramienta simple que utiliza un círculo dividido en sectores cuyo número depende de las áreas de interés que se deseen analizar.

En este trabajo, se decidió estudiar algunos de los aspectos que se destacan como más relevantes y surgen a partir de los hallazgos de investigación del Núcleo de Actividades Científico-Tecnológicas Grupo de Investigaciones en Articulación Secundaria-Universidad, (GIASU), a través de más de veinte años.

Cada uno de los ocho sectores en que se encuentra dividido el círculo contempla aspectos influyentes en los desempeños académicos. A su vez cada sector, se halla dividido en subsectores (es respecto de ellos que se pintan los porcentajes), Figura 1. Los aspectos seleccionados se refieren a las dimensiones que consideramos de mayor implicancia en el

desarrollo de carrera de los estudiantes. Los mismos se refieren a dimensiones sociales, afectivas, vocacionales y pedagógicas.

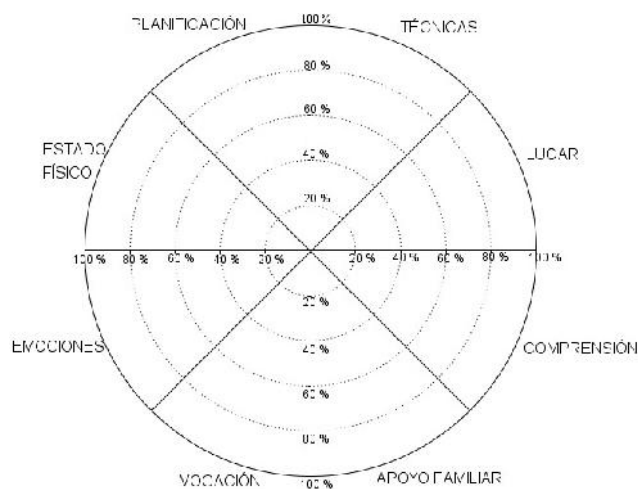


Figura 1. Círculo de Logros. FIO

Fuente: elaboración propia

El círculo es presentado a los alumnos con las siguientes preguntas dadas en forma oral para interpretar mejor el alcance de cada una de las dimensiones:

Lugar: ¿Cómo te has sentido en la ciudad, en la Facultad (FIO), en la Universidad (UNICEN), en tu espacio de estudio en tu casa?

Emociones: ¿Cómo te has sentido a nivel personal en lo afectivo, en tu autoestima, en tu autoconfianza, en tus deseos, en las posibilidades que creés tener para ampliar tus habilidades y/o recursos personales?

Estado físico: ¿Cómo te has sentido a nivel de tu resistencia mental y/o física para las clases, el estudio, para compatibilizar el estudio con tus otros intereses?, ¿tu salud se resintió en algún aspecto desde el primer día del Programa de Ingreso?

Vocación: ¿Te gusta lo que estás estudiando hasta ahora?, ¿te llama la atención lo que te dicen de la carrera?, ¿te interesa algo de ella?, ¿sentís a su estudio como un desafío interesante para tu vida?, ¿te ves haciendo alguna tarea ocupacional relacionada con ella en un futuro?

Apoyos familiares: ¿Tus seres queridos (familia, amigos, pareja, allegados) te acompañan en esto?, ¿les parece algo importante para tu vida?, ¿has podido tener un apoyo y ayuda para algún re-ordenamiento y/o nueva dinámica familiar o de tus allegados para que vos puedas estudiar?

Comprensión: ¿Has podido comprender los contenidos vistos hasta el momento?, ¿te resultan medianamente conocidos? ¿los has podido entender?, ¿entendés rápidamente a los docentes cuando te enseñan algo?, ¿a sus formas de hablar?, y ¿a sus textos, apuntes?

Técnicas: ¿Conocés tu estrategia más productiva a la hora de estudiar?, ¿has podido desarrollar algún modo y/o estilo de aprendizaje y de estudio?, ¿has podido tener una actitud positiva hacia la demanda de mayor estudio?

Planificación: ¿Lograste organizarte con tus tiempos?, ¿conocés más tus aspectos positivos (pro) y tus aspectos negativos (contras) al decidir estudiar en la universidad?, ¿has pensado cómo vas a hacer para dejarte tiempo libre para hacer otras cosas (deporte, hobby, amigos)?,

¿más o menos sabés qué materias vas a cursar?, ¿conocés los horarios de las materias que tenés que cursar o estás cursando?, ¿conocés el plan de estudios y/o las asignaturas correlativas?, ¿conocés las aulas de tus cursadas?, ¿conoces las oficinas de los servicios al estudiante tales como Centro de Estudiantes, fotocopiadora, comedor, biblioteca, residencias universitarias, Departamento de Orientación y Bienestar, Oficina del Programa Institucional de Tutorías (PIT), Oficina de Alumnos, etc.?

Cada alumno recibe una copia del Círculo de Logros, debiendo sombrear en cada sector el porcentaje de logro que considera haber alcanzado y se les solicita que ejemplifiquen al respecto.

Si alguno de los aspectos sugiere otra descripción el alumno debe incorporarla y describirla.

4. Descripción de la experiencia en la FIO

La técnica del Círculo de Logros se aplicó a los estudiantes de Ingeniería en dos momentos, en la instancia de realización del Programa de Ingreso (febrero de 2015) y luego al iniciar el segundo cuatrimestre de primer año (agosto de 2015). En esta última instancia se aplicó tanto a los alumnos que cursan a término las asignaturas del segundo cuatrimestre de primer año, como a aquellos que reiteran las asignaturas del primer cuatrimestre en las denominadas cursadas contrapuestas.

En febrero 2015, la técnica se aplica dentro de un proceso de orientación más amplio en el marco del Programa de Ingreso de la FIO. Primeramente se administra en forma individual a 200 ingresantes (84,75%), luego comparten sus producciones grupalmente y finalmente se realiza un plenario donde se intercambian opiniones sobre los logros alcanzados y sobre los aspectos que se autoevalúan como menos desarrollados. Figura 2.

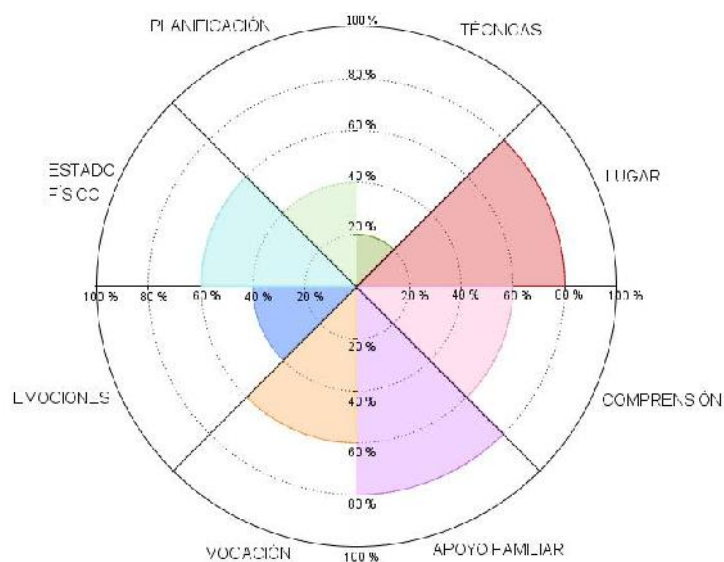


Figura 2. Resultados de lo realizado con los alumnos ingresantes en febrero de 2015.

Fuente: elaboración propia

Posteriormente, los resultados de esta experiencia se retoman en otros encuentros para diseñar algún plan de acción, a fin de favorecer el logro de compromisos que permitan una trayectoria escolar que promueva la competencia para aprender en forma continua y autónoma. [9]

En agosto de 2015, se aplica nuevamente la técnica a la población presente en el aula en el marco de la cursada de Análisis Matemático II. Seguidamente se entrega a cada uno de los alumnos el Círculo de Logros que él/ella había completado en febrero.

Para este trabajo, del que damos cuenta, se administró a 40 alumnos ingresantes 2015 que inician la cursada a término de la mencionada asignatura del segundo cuatrimestre, con la misma dinámica que en febrero. Se les solicita que vuelvan a completar el gráfico de logros y luego que lo comparen con el gráfico por ellos realizado en febrero.

Este grupo, mejora sustancialmente todos los porcentajes de todos los aspectos, siendo los más importantes Lugar y Apoyos familiares, Figura 3.

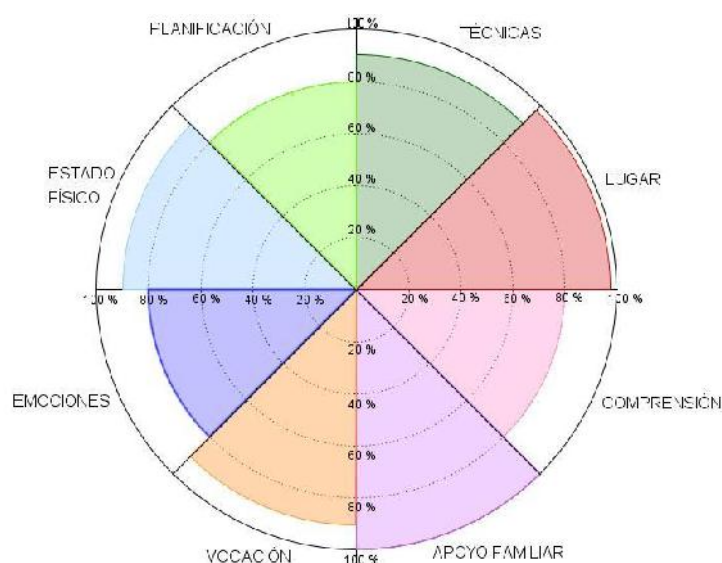


Figura 3. Resultados de lo realizado con los alumnos de Análisis Matemático II.

Fuente: elaboración propia

Si bien, también se administró la técnica a 60 alumnos ingresantes 2015 que recursan las asignaturas del primer cuatrimestre, el pertinente análisis de sus logros no se aborda en este trabajo.

5. Análisis de los resultados

En las transiciones entre la adolescencia y la juventud que coincide con el ingreso a la FIO, los sujetos realizan numerosas experiencias que les permitirían desarrollar esas habilidades que se pretende evaluar con la herramienta del Círculo de Logros.

En la etapa del ingreso a la FIO se observa que el aspecto que consideran con menor porcentaje de logro es el de estrategias de estudio, seguido por los emocionales y los de planificación, razones que, posiblemente, tienen que ver con la forma de trabajo en ciclo anterior de formación secundaria.

Algunas de las expresiones más repetidas dentro de su evaluación de estrategias es las de “tendríamos que despegarnos de la forma de estudiar del secundario” y “nunca estudiamos y nos iba bien, no nos llevamos matemática”. Dando cuenta del necesario salto cualitativo que debería poder hacer en sus modos de aprender y de la intervención oportuna del docente universitario en este nuevo despliegue de estrategias [10].

En cuanto a los aspectos emocionales, manifiestan en su mayoría desvalorizaciones personales hacia su proyecto universitario que denotan[11], dicen no sentirse “capaces de enfrentar todo esto”, “no sé si voy a poder”.

Así también, destacan como un logro escaso la planificación, explicándola como una dificultad a la organización diaria de sus tiempos y espacios [12]. Sus frases usuales al respecto son: “ando en mil cosas, y no me alcanza el tiempo”, “nunca planeo nada, para qué?”, “doy vueltas y vueltas y no arranco a estudiar”.

Las dimensiones que ellos evalúan como sus mayores logros son los aspectos de los apoyos familiares y de allegados, referidos a un fuerte respaldo de familiares y amigos para comenzar la nueva etapa de estudios universitarios, expresan muchos: “mis familiares están muy contentos con que elija Ingeniería”, “ellos me apoyan en todo y quieren que estudie” y del lugar en cuanto a la adaptación a la institución y a la ciudad, “todos son amables y te dicen las cosas que no sabés”, “en mi ciudad no hay colectivos y acá sí pero pude manejarme”, “está bueno conocer a alumnos más grandes que nos cuenten cómo es” (esto último lo manifiestan sobre todo los que solicitan tutorías y Residencia). Esta percepción de redes de contención y de apoyos sociales, es un factor que permite que mejore la confianza y la valoración de los estudiantes y de su proyecto [13].

Luego de un semestre en la universidad, los estudiantes que están cursando a término su carrera mejoran todos los porcentajes de logros. Destacan su motivación vocacional y personal como su mayor fortaleza manifestando que ello los impulsa a continuar con su carrera y construir sus estrategias de estudio. En la motivación vocacional manifiestan que se imaginan trabajando en su carrera y en su motivación personal expresan que asumen como desafíos a los obstáculos en el estudio [14].

La motivación está presente en las descripciones que realizan de varios sus logros. Ya que manifiestan “me puse con ganas a encontrarle la vuelta a las materias”, “me puse a estudiar con el cien por cien de mi capacidad”, “le dediqué tiempo, me organicé mejor”, “mi familia me bancó para dejar el trabajo y sólo estudiar”.

Un número importante de alumnos de ellos tanto en el inicio como en Análisis Matemático II manifestaron obstáculos en la planificación y organización de sus estrategias de estudio, hábitos que no todos los alumnos han alcanzado a desarrollar en la etapa de la escuela secundaria.

Distintos factores subjetivos y contextuales en interacción dialéctica inciden en la manera en que los jóvenes enfrentan las transiciones, desarrollan su trayectoria educativa y construyen sus identidades [15].

6. Reflexiones finales

Del análisis de la aplicación de la técnica Círculo de Logros se han observado avances sustanciales en la ambientación a la ciudad, a la institución y a la carrera. Para continuar contribuyendo a ello, se deberá potenciar la idea de la cohesión e intercambio grupal como fortaleza para la permanencia en la FIO.

Los obstáculos en la planificación y organización de las estrategias de estudio constituyen un desafío de logro para trabajar conjuntamente todos los actores institucionales.

Es necesario el conocimiento y reflexión conjunta de las tendencias en las trayectorias estudiantiles para prevenir situaciones de abandono o de permanencia formal en las instituciones en general y en la FIO en particular.

Consideramos, avalados desde nuestra trayectoria investigativa que hay formas de organización de las instituciones educativas y ciertos modos sociales de articulación de las experiencias escolares con las de los otros ámbitos de vida que resultan más favorables que otras para la construcción de identidades y competencias dinámicas y específicas requeridas en carreras ingenieriles.

El oficio de estudiante en general y de estudiante universitario en particular no es un acto individual y repentino, sino que es una construcción colectiva en donde los adultos actores de la institución pueden y deben implicarse. Desde la docencia, la tutoría y/o desde la orientación se pueden recuperar los relatos, obtenidos a través de diversas técnicas (en nuestro caso, el Círculo de Logros), a fin de propiciar mejoras en la planificación del uso del tiempo y de las estrategias de estudio [16].

Contribuir a que el estudiante evalúe sus habilidades, actitudes y logros, favorecerá el desarrollo de estrategias para fomentar la permanencia con calidad en la universidad. Por eso es necesario proponer actividades de reflexión sobre sus trayectorias y sus logros, para que los estudiantes puedan apropiarse de valoraciones positivas de sí mismos.

Construir una trayectoria educativa que implique desarrollo y crecimiento personal y que posibilite una futura inserción socio-laboral depende del análisis de los logros que el sujeto en interacción con otros vaya generando.

Durante las transiciones psicosociales las personas deberían reestructurar las representaciones de sí y del mundo desde un rol activo en la construcción de sus propios cambios. Por eso es necesario proponer actividades de reflexión siendo la presentada una que, a nuestro entender, está relacionada con este tipo de carreras.

Desde nuestro rol como investigadores del núcleo GIASU considerando el carácter del mismo de “observatorio” a nivel regional de las problemáticas que involucran el acceso y la afiliación de los alumnos a los estudios superiores, se continuará articulando el trabajo con el campo profesional de los docentes de secundaria mediante el establecimiento de acciones

concretas de transferencia y formación docente continua dirigidas a la comunidad en la que la FIO se inserta.

Algunas preguntas que aún nos interpelan a continuar con nuestras líneas de investigación a fin de fortalecer las competencias de ingreso y favorecer la permanencia en el primer año de Ingeniería son:

¿Cuánto dura el proceso de ingreso a la Universidad y en particular a la FIO?

¿Qué saberes y/o competencias deben poseer los aspirantes a cursar carreras en la FIO?

¿Qué cambios se presentan en el ingreso a los estudios superiores en función de las nuevas culturas juveniles?

¿Qué factores inciden más en el proceso de ingreso a la FIO?, ¿factores personales, vocacionales, psicológicos, socio-relacionales, institucionales, intelectuales, didáctico-pedagógicos?, entre otros.

¿La Universidad debe nivelar, introducir, integrar o atenuar.... para garantizar la permanencia con calidad de sus alumnos?

¿Qué estrategias de enseñanza potenciar para que emerjan las potencialidades estudiantiles que forjen trayectorias de permanencia universitaria?

7. Referencias

- [1] GUICHARD, J. (2012) *La escuela y la formación de las competencias necesarias para orientarse profesionalmente y en la vida*. Revista Investigaciones en Psicología UBA N° 17, 1, p. 25 – 44
- [2] COLL, C. (2001). Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje. En Coll, C.; Marchesi, A. y Palacios, J., *Desarrollo Psicológico y Educación*. Volumen II: *Psicología de la educación escolar*. Madrid: Alianza. Segunda Edición. p. 157-186.
- [3] HARGREAVES, A. (1994). *Profesorado, cultura y postmodernidad. Cambian los tiempos, cambia el profesorado*. Madrid: Ediciones Morata.
- [4] SCHEERENS, J. (2000). *Improving School Effectiveness*. Paris: International Institute for Educational Planning. Paris: UNESCO. <http://doc.utwente.nl/92592/1/Improving-122424e.pdf> [Último ingreso: 27/06/16]
- [5] ROMÁN, M. (2011) *Autoevaluación: estrategia y componente esencial para el cambio y la mejora escolar*. Revista Ibero-Americana de Educación. N° 55. p. 107-136.
- [6] SAVICKAS, NOTA, ROSSIER, DAUWALDER, DUARTE, GUICHARD, SORESI, VAN ESTROECK, VAN VIANEN, (2009) *Life designing: a paradigm for career construction in the 21st Century*. Journal of Vocational Behavior, 75 (3). p. 239-250.
- [7] KÜBLER-ROSS, E. (2005) *La rueda de la vida*. Biblioteca Las casas. Disponible en <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0018.php> [Último ingreso: 27/06/16]
- [8] MEYER, P.J. (2010) *El poder de fijar metas*. Audiolibro.
- [9] Documento de CONFEDI. (2014) *Competencias en Ingeniería*. Universidad FASTA Ediciones.
- [10] BARRERA, M.; DONOLO, D.; RINAUDI, M. (2010) *Estilos de aprendizaje en alumnos universitarios: peculiaridades al momento de aprender*. Revista Estilos de Aprendizaje N° 5 Vol. 526. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.

- [11] MARTÍNEZ BONAFÉ, J. (2004) *La Formación del Profesorado y el discurso de las competencias*. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado N° 51, ISSN 0213-8646. p. 127-144.
- [12] BRUNNNER, J.J.; ELACQUA, G. (2004). *Factores que inciden en una educación efectiva*. Evidencia internacional. Revista Virtual La educación. Año XLVIII-XLIX, N° 1-II. Organización de Estados Americanos. OEA. p. 139-140.
- [13] BOURDIEU, P. (1998). *Capital cultural, escuela y espacio social*, Ediciones Siglo XXI, Madrid.
- [14] CORNEJO CHAVEZ, R.; REDONDO ROJO, J. (2007) *Variables y factores asociados al aprendizaje escolar. Una discusión desde la investigación actual*. Revista Estudios Pedagógicos XXXIII, N° 2. Universidad de Chile. p. 155-175.
- [15] AISENSEN, DIANA (2005) *Contribuciones de la Psicología de la orientación: el proyecto de futuro y la construcción de la identidad en la adolescencia*. Tesis Doctoral, Conservatoire National des Arts et Métiers, París France et Université de Buenos Aires, Argentina.
- [16] LOBATO FRAILE, C.; ILVENTO, M.C. (2013) *La Orientación y tutorial universitaria: una aproximación actual*. Revista de Docencia Universitaria, Vol.11 (2). p. 17-25.

WHATSAPP COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA FAVORECER EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

Jorge E. Vicaro, Universidad Nacional de Río Cuarto, jvicario@ing.unrc.edu.ar

Analía C. Chiecher, Universidad Nacional de Río Cuarto-CONICET,
cchiecher@hotmail.com

Paola V. Paoloni, Universidad Nacional de Río Cuarto-CONICET,
paopaoloni17@hotmail.com

Resumen— Se presentan aquí los primeros resultados de una experiencia docente con alumnos de Introducción a la Física, en primer año de Ingeniería Mecánica. Se utiliza WhatsApp como una herramienta de blended learning, para trabajar sobre las competencias de resolución de problemas y argumentación. El proyecto se enmarca en la teoría Constructivista que confiere especial importancia a los saberes previos del alumno y a la creación de las condiciones óptimas para que éste logre superar sus propias representaciones sobre los conceptos fundamentales de la Física.

El trabajo con las TIC se inició hace varios años en el curso de ingreso y en las primeras asignaturas de Física: primero con páginas web, luego con una plataforma virtual, después con Facebook y ahora con Whatsapp, siempre buscando favorecer la resolución de situaciones problemáticas de manera colaborativa.

WhatsApp es la red social más elegida por los jóvenes y en una encuesta realizada con los ingresantes se comprobó que un pequeño porcentaje prefiere Facebook y muchos menos aún trabajan con Instagram, aunque sólo lo hacen para relacionarse socialmente. Ellos ven con agrado el uso de WhatsApp en el contexto de la asignatura porque favorece el contacto con el docente y con sus compañeros, y consideran que es sumamente valioso para resolver sus dudas e inquietudes. Además, quienes tienen mayor participación, logran un mejor rendimiento académico.

Palabras clave— *WhatsApp, Física, blended learning, interacción.*

Introducción

La utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como una herramienta que favorece el aprendizaje de las ciencias básicas, es uno de los principales temas de estudio del Programa de Investigaciones Interdisciplinarias para el Aprendizaje de las Ciencias (PIIAC), del que participan docentes – investigadores de las facultades de Ingeniería, Ciencias Exactas y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). En el área de Física de Ingeniería se trabaja bajo la premisa de que las TIC y fundamentalmente las redes sociales, tienen un gran potencial para favorecer las habilidades explicativas de los alumnos y, por lo tanto, inciden en su aprendizaje promoviendo mejores

rendimientos académicos. La premisa fue seguir siempre las tendencias tecnológicas de los jóvenes, de manera de utilizar siempre la herramienta preferida por ellos.

Como docentes universitarios de una disciplina que requiere de una fuerte conceptualización por parte de los alumnos, entendemos que si las TIC están definitivamente incorporadas a nuestra vida diaria, no pueden permanecer ajenas al aula. Tanto en los aspectos sociales cuanto académicos, hoy resulta muy difícil pasar un día sin acceder a Internet para corroborar algún dato o utilizar el correo electrónico. De hecho, las TIC modificaron las relaciones interpersonales pudiendo definirse como una nueva manera de interactuar con el medio. Batista y otros [1] señalaron la importancia de las TIC tanto en la producción de bienes y servicios como en los procesos de socialización que se dan en una instancia educativa. A su juicio, la importancia de las TIC radica en el poder para mediar en la formación de opiniones, valores, expectativas sociales, modos de sentir, pensar y actuar sobre el mundo. Y en este contexto social, sostienen que la escuela (y la educación en general) debe también garantizar la alfabetización digital de niños y jóvenes, permitiendo el ingreso a los lenguajes digitales.

Puestos a destacar las virtudes facilitadoras de las TIC, estos autores enumeran que su utilización posibilita: procesar datos de manera rápida y fiable, automatizar tareas, almacenar grandes cantidades de información, establecer comunicaciones diacrónicas y sincrónicas, aprender y trabajar colaborativamente, producir contenidos y publicarlos en la Web y participar en comunidades virtuales de aprendizaje.

Varios son los autores que describen la fuerte expansión de las TIC en los últimos tiempos y cómo se han convertido en un elemento de simpatía entre los jóvenes por lo que es posible utilizarlas para potenciar su aprendizaje. De hecho, en todo el mundo se realizan importantes inversiones en computadoras e insumos, como también fuertes esfuerzos en la introducción de propuestas educativas que incorporen TIC como recursos para el aprendizaje [2]. Basta mencionar las inversiones realizadas en la Argentina para la puesta en marcha de la ya mencionada propuesta Conectar Igualdad, que proveyó de netbooks a los alumnos de escuelas públicas en un proceso que ya está siendo estudiado por numerosos grupos de investigación.

Por otra parte, gran parte de los docentes utilizan las TIC para comunicarse con sus alumnos por correo electrónico, para bajar materiales educativos de Internet, para crear blogs con sus materiales o para trabajar con sus alumnos en plataformas virtuales rentadas o de libre acceso, como Moodle o Claroline. Existe entonces un marcado interés por el tema y una preocupación por capacitarse y capacitar a sus alumnos también, ya que –como bien se establece en los fundamentos de Conectar Igualdad- la utilización de las TIC en educación no es solamente el uso de las nuevas tecnologías, sino también el aprendizaje de competencias en gestión de información, comunicación, intercambio con los demás, capacidad de innovación y actualización permanente.

En la Primera Encuesta Nacional sobre integración de TIC en la Educación Básica [3], que Unicef presentó en diciembre último, se llegó a la conclusión de que si bien hoy existe un fuerte consenso acerca de la necesidad de universalizar el acceso a las tecnologías para promover nuevos procesos de aprendizaje e integrar el uso de las TIC en el aula, al teléfono celular se lo margina y se lo excluye. El tema está en discusión en varios países de Europa y recién el año pasado se flexibilizó el uso de los celulares en el aula, en Estados Unidos.

En el estudio de Unicef dirigido por el profesor Juan Carlos Tedesco, se determinó que el 98% de los profesores y directivos de escuela tienen celulares y que el 63% de los alumnos dijeron utilizarlo como fuente de acceso a Internet, uso que hasta no hace muchos años era patrimonio de las computadoras personales (PC).

Del estudio de Unicef surge que apenas el 47% de los profesores trabaja con computadoras en clase, un 33% utiliza Internet y un 34% incorpora un televisor. De manera marginal aparece el uso del teléfono celular (11%) y videojuegos (2%).

Creemos que el tema merece estudiarse y por eso nos parece oportuno compartir nuestras experiencias.

1.1 Nuestro trayecto

El trabajo con las TIC en la Facultad de Ingeniería de la UNRC comenzó hace 15 años, inicialmente a través de páginas web especialmente diseñadas para la enseñanza de la Física, en un curso preuniversitario. Se observaba que la utilización de esos espacios de Internet, más el uso de una lista de distribución por correo electrónico, promovían en los alumnos una mejora en su rendimiento académico -medido en las evaluaciones de ingreso-, como así también una superación en sus representaciones mentales acerca del movimiento de los cuerpos. Tema éste que desde mediados de los 80 es el objeto de estudio central de los miembros del grupo que forman parte del PIIAC, subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC, y por otros organismos oficiales [4]. Esto se fue trabajando en el grupo desde el concepto de modelo representativo bajo la Psicología Evolutiva de Piaget, para pasar luego a la teoría de los modelos mentales que propone la Psicología Cognitiva, analizados a partir de las explicaciones proposicionales y gráficas a las que acuden los alumnos para argumentar acerca del movimiento de los cuerpos [5], [6] y [7]. Y se pasó de trabajar solamente con el curso preuniversitario a incluir la asignatura Introducción a la Física de primer año, que trata fundamentalmente la Mecánica de la partícula. Esto es importante para nuestro análisis porque, por definición de la Secretaría Académica de la Facultad, el Sistema de Ingreso actual incluye no sólo a las actividades propedéuticas sino también a las asignaturas de primer año.

Al mismo tiempo y con el propósito de aprovechar las potencialidades de nuevos recursos, se pasó a utilizar la plataforma virtual SIAT (creación de la UNRC) [8], luego se trabajó con Facebook ([9], [10] y [11]) y, finalmente, con la utilización de la aplicación de chat WhatsApp.

Al hacer un análisis de los resultados obtenidos en los primeros 10 años del proyecto, se determinó que la realización del curso preuniversitario por medio de las TIC derivaba en una mayor capacidad para argumentar y resolver problemas sobre el movimiento de los cuerpos y que quienes tenían una mayor interactividad virtual alcanzaban un mejor rendimiento académico [9] y [12].

2. ¿Por qué WhatsApp?

WhatsApp es por lejos la herramienta de comunicación más utilizada a nivel mundial, con más de 1.000 millones de usuarios de smartphones o iPhones. La cifra fue reconocida por el grupo Facebook (propietaria de WhatsApp) en febrero de este año, cuando se mencionó también el envío de 42.000 millones de mensajes, 1.600 millones de fotos y 250 millones de videos por día. Se han conformado, además, 1.000 millones de grupos de Whatsapp, lo que indica que cada usuario pertenece a dos o más grupos a la vez. La aplicación se ha traducido a 53 lenguajes.

En la Argentina la utilizan el 84% de los usuarios de smartphones y es, por lejos, el medio de comunicación más elegido por los jóvenes. Para corroborar estos datos y fundamentar, de alguna manera, su elección por parte de la cátedra para favorecer las comunicaciones entre alumnos y entre los alumnos y el docente, en febrero de este año se tomó una encuesta sobre

el uso de redes sociales a 115 alumnos que realizaban el curso de ingreso a Ingeniería. La idea era indagar sobre las preferencias de los jóvenes en cuanto a la gran variedad de redes sociales disponibles, las actividades que en ellas realizan, si las utilizaban o no en la escuela secundaria; si lo hacían, en qué asignatura y para qué tipo de actividades, y si estarían dispuestos a utilizarlas como un recurso más en sus estudios universitarios.

La encuesta se transcribe en el Anexo y a continuación se sintetizan los resultados obtenidos:

1.- El 91% de los alumnos eligió a Whatsapp como su red social preferida. El resto mencionó primero a Facebook, Twitter, You tube y Google+.

2.- Como se daba la posibilidad de marcar dos o más alternativas, y distintos grados de adhesión, el 50% hizo alusión a un uso compartido con Instagram, 40% con You tube, 25% con Twitter, 20% con Facebook y 16% con Google+.

3.- El 82% dice preferir el teléfono celular para acceder a las redes sociales (10% más con Iphone). Las PC, notebooks y netbooks se llevan el 20% de las preferencias y las tablets un 10%.

4.- El uso que les dan, resulta ser más variado:

Comunicarse con amigos y familiares, 85%

Comunicarse con compañeros de estudio, 59%

Publicar fotos, videos, música, 50%

Mirar lo que otros publicaron, 46%

Buscar información general, 44%

Trabajar grupalmente en actividades escolares, 28%

5.- El 80% dijo que había utilizado alguna vez las redes sociales en tareas escolares, en la mayoría de los casos en asignaturas relacionadas con las Ciencias Sociales. Sobre 25 comentarios, sólo hubo dos sobre Matemática, uno sobre Física, uno sobre Biología y uno sobre Informática.

6.- Apenas un 20% de los alumnos dijo haber utilizado alguna vez la plataforma educativa SIAT o alguna otra. Se trata, en realidad, de algunos de los que hicieron el Taller Preparatorio para el Ingreso.

7.- El 94% se mostró dispuesto a utilizar las redes sociales para formar grupos de estudio y comunicación con sus compañeros y con el profesor.

2.1 Los jóvenes y las tecnologías

La potencialidad del WhatsApp para favorecer el aprendizaje colaborativo fue destacada por Pradón [13] y se muestra en el cuadro 1.

Señalaba también Pradón algunas desventajas que en gran medida han sido ya superadas, como la imposibilidad de efectuar llamadas telefónicas gratuitas, que se implementó desde el año pasado, y cuestiones de seguridad en cuanto a privacidad y seguridad en cuanto al envío de imágenes personales. También se mencionaba que no hay un adecuado registro de las intervenciones ni se pueden realizar búsquedas por persona o por tema. Mencionaba también otro problema superado, como era la imposibilidad de enviar documentos de texto (incluida ya por el grupo en el cuadro 1).

Esta especialista venezolana rescata el concepto de mobile learning (m-learning), o aprendizaje móvil, que refiere nada menos que a la utilización de aplicaciones como el WhatsApp en el ámbito educativo. O sea, una nueva forma de e-learning basado fundamentalmente en el aprovechamiento de las tecnologías móviles como base del proceso de aprendizaje. Por tanto, son procesos de enseñanza y aprendizaje que tienen lugar en distintos contextos (virtuales o físicos) y/o haciendo uso de tecnologías móviles.

A su juicio, los teléfonos móviles dejaron hace tiempo de ser meros mediadores comunicativos para convertirse en centros de información, comunicación, registro y edición de audio y video, depósito de recursos y contenidos, entre otros. Principalmente, en el proceso de enseñanza y aprendizaje, donde tienen potencialidades que aún no podemos imaginar y que están más al alcance de nuestra mano de lo que cabría pensar.

Destaca algo que muchos saben y que a esta altura parece una verdad de Perogrullo: cuál es la aceptación que estas tecnologías, corporizadas por los smartphones, tienen entre los jóvenes.

CUADRO 1: Principales ventajas del WhatsApp

<ul style="list-style-type: none">• Evita una conversación telefónica. No hay contacto visual, proporcionando más tiempo para pensar lo que se quiere decir y el receptor no puede sacar conclusiones del tono de voz y expresión corporal.
<ul style="list-style-type: none">• Chatear con los contactos de otros móviles que tengan instalado el programa usando la conexión 3G/EDGE o Wi-Fi, de forma gratuita (comunicación directa en tiempo real) a nivel regional e internacional.
<ul style="list-style-type: none">• En el plano educativo, comunicación entre alumnos y entre estos y profesores para alguna duda, recordatorio de tareas y fechas significativas para entregar informes u otras tareas.
<ul style="list-style-type: none">• Crear grupos, y usarla como herramienta de multimedia: enviar entre ellos un número ilimitado de documentos (nuevo), imágenes prediseñadas, fotos, videos y mensajes de audio en tiempo real, músicas y emoticonos. Intercambiar y reenviar información, ideas, noticias, chistes, entre otros.
<ul style="list-style-type: none">• No hay necesidad de log in/out: No más confusión acerca de cómo cerrar la sesión desde otro equipo o dispositivo
<ul style="list-style-type: none">• Enviar tu posición geográfica y añadir contactos desde la agenda.
<ul style="list-style-type: none">• WhatsApp trabaja con el número de teléfono, al igual que SMS, y se integra sin problemas con la libreta de direcciones existentes en el teléfono. No es necesario recordar nombre de usuario ni contraseña.

Fuente: Pradón [13] y elaboración propia.

También Cantillo Valero y otros [14] hablan de m-learning y sentencian: “...el uso de dispositivos móviles en educación es un elemento fundamental en la construcción de conocimiento, ya que con la utilización de estas tecnologías se incrementan las posibilidades de interactuar con los miembros del grupo, se mejora la comunicación; por lo tanto, se difumina la barrera que separa a docentes y discentes. La tendencia actual hacia el uso de dispositivos móviles en educación está enfocada a que, en el futuro, cada vez más se utilicen estos aparatos en las aulas y en los centros educativos y culturales”.

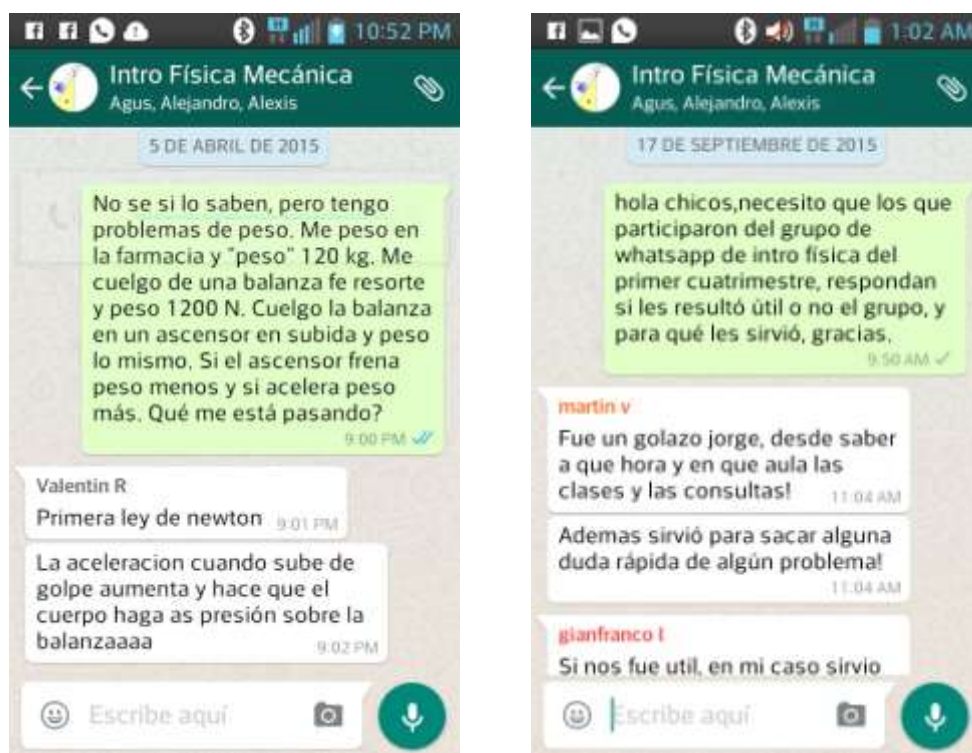
Señalan también que los miembros de la comunidad universitaria están desarrollando más competencias digitales que les permiten utilizar herramientas colaborativas y de participación en la construcción del conocimiento

3. Discusiones con WhatsApp

El trabajo con WhatsApp comenzó a mediados de 2014, al observarse que eran cada vez menos los alumnos de primer año que adherían a los grupos de Facebook (que se mantiene como herramienta alternativa y en el ingreso). Esto fue recibido con entusiasmo y se observó una mayor adhesión al trabajo grupal y una nueva dinámica en las interacciones. De los 80 alumnos que componían el curso de Introducción a la Física para la carrera de Ingeniería Mecánica en 2015, 21 participaron en la discusión de algunas situaciones físicas planteadas en el grupo -otros lo hicieron en otras instancias-, de los cuales 8 de ellos terminaron promocionando la asignatura con una calificación mayor o igual a 7 puntos sobre 10 (esto los exime del examen final); otros regularizaron con calificaciones iguales o mayores a 5, pero menores a 7 (situación que los habilita a rendir el examen final), y 10 quedaron libres (deben cursar nuevamente la asignatura). Estos 11 que promocionaron o regularizaron representan el 52,4% de los 21 que tuvieron participación [15]. El porcentaje mencionado es claramente superior al del promedio de la asignatura, donde el porcentaje de aprobación y regularización fue del 29%.

Por otra parte, la participación en estas discusiones o al compartir cualquier tipo de información en el grupo tiene un gran potencial para la socialización del alumno con sus compañeros, refuerza el sentido de pertenencia y esto incide, de alguna manera, en sus posibilidades de permanencia en la carrera elegida [16].

Se muestra a continuación el comienzo de una de las discusiones que, sostenidas a través de Whatsapp, resultaron productivas para los alumnos y enriquecedoras por el análisis argumental que realizan, como así también el inicio de un relevamiento informal sobre el grado de aceptación de la propuesta entre los alumnos del curso 2015.



En el actual ciclo lectivo (2016) el grupo de Introducción a la Física para Ingeniería Mecánica tiene 107 participantes (89% del total). El comportamiento de los alumnos responde

directamente a lo expresado en la encuesta, en cuanto a que todos están utilizando mayoritariamente sus celulares para participar en el grupo y lo hacen demostrando interés por discutir sobre los temas planteados por el profesor (sobre vectores y sobre leyes de Newton, por ahora) o bien para mantenerse informados sobre cuestiones administrativas no sólo de Física sino también de Cálculo o de Química, que intercambian entre ellos.

Este primer semestre 2016 estuvo signado por conflictos gremiales que incluyeron paros de actividades por un total de tres semanas, situación que fue propicia para evaluar otra característica positiva del grupo de discusión: la posibilidad de mantener el contacto permanente entre los alumnos y con los docentes, de manera de no perder el hilo del cursado de la asignatura.

Tal como se notara el año anterior, la utilidad del recurso se potencia cuando son los propios compañeros los que dan respuesta a alguna duda conceptual o de resolución de problemas que alguno de ellos plantea.

Se muestran a continuación los comienzos de dos diálogos sobre leyes de Newton y fuerza de rozamiento, en el primer semestre de este año.



En el anexo se transcribe una parte de cada diálogo.

Tal como ocurriera en el grupo 2015, algunos alumnos participan activamente en las discusiones, generándose un interesante intercambio que revela no sólo el nivel de manejo de los conocimientos sino también sus estrategias para la resolución de problemas y, en línea general, sus hábitos de estudio. Llegando ya al final del semestre, 15 de los 107 alumnos participaron en las discusiones conceptuales propuestas por el docente. Ocho de ellos van regularizando o promocionando la asignatura cuando falta todavía tomar un examen parcial y los correspondientes recuperatorios. Además otros 41 alumnos utilizaron el grupo para consultar lugares y horarios de consulta o de laboratorio, notas de parciales, la resolución de

actividades que les resultaban complicadas y hasta información sobre otras asignaturas como Cálculo o Química cuyos docentes no participan de este grupo. A la espera, lógicamente, de la respuesta de algún compañero de curso.

Al requerírseles una opinión sobre el trabajo el grupo por WhatsApp, se obtuvieron las siguientes opiniones, que se transcriben sin modificaciones ni correcciones:

Mariano M.: “Para mi esta bueno para sacar dudas rapidas y no tener que esperar a la consulta, me gusto”.

Ignacio C.: “Para mi esta bueno tambien es mas fácil sacarte las dudas y sirve para que no solamente tu grupo de estudio sean quienes intercambian opiniones además que te pasen las notas por aca es mas rapido que por el sial”.

Adrian C: “Muy bueno”.

Ivan G: “Si esta bueno para sacar dudas rapidas”.

Santiago M: “Bastante eficiente para muchas cosas, seria bueno emplearlo en otras materias, solucionas dudas rápido para poder seguir con lo que estas haciendo, muy buena la idea del grupo”.

Brian B: “Pecha”.

Al final del cursado se hará una evaluación más formal de los resultados obtenidos, que se computarán con lo que pase en el segundo semestre, donde la asignatura se dicta para aquellos alumnos que quedaron libres en el primero. Este análisis será muy interesante porque se verá si la propuesta obtiene resultados más significativos entre aquellos alumnos que presentan mayores dificultades para el aprendizaje de la física que el promedio del curso.

4. Conclusiones

La predisposición de los alumnos a utilizar las redes sociales, especialmente el Whatsapp como un recurso que puede favorecer el aprendizaje de la Física, es ya de por sí un hecho auspicioso.

De acuerdo con la evaluación del grupo en el cursado 2015 se observa una relación directa entre la mayor participación de los alumnos en los diálogos y su rendimiento académico, resultado que se pretende corroborar a lo largo de este año con un grupo mucho más numeroso que el anterior y con una mayor cantidad de diálogos analizados. Se mencionaron ya los diálogos referidos a leyes de Newton, pero los hay también sobre vectores y se espera realizar otras discusiones sobre cinemática y sobre dinámica del movimiento circular, para abarcar todos los temas planificados para el semestre. La practicidad de esta herramienta supone también una mayor dedicación del alumno a la asignatura, ya que su contacto con el WhatsApp es permanente y por lo tanto participa cuando quiere y desde el lugar en donde se encuentre. Y se supone que los alumnos que no tuvieron participación directa con consultas o comentarios, recibieron también toda la información ofrecida en el grupo.

Cabe destacar, además, la participación de algunos de los docentes auxiliares de la asignatura y de especialistas en Pedagogía que forman parte del grupo de investigación, de manera de ir formando tutores capacitados para orientar a los alumnos en el uso de las TIC, como así también en el aprendizaje de los contenidos propios de la asignatura.

Por otra parte, de los diálogos registrados surgirá un importante material para analizar en otro de los proyectos de investigación del que participan integrantes del grupo, relacionado con la lectura y la escritura sobre contenidos disciplinares específicos.

Se agradece, finalmente, el apoyo de las facultades de Ingeniería y de Ciencias Humanas, como así también de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC, para la realización y la difusión de estas actividades de investigación.

5. Referencias

- [1] Batista, M. A. y otros (2007). *Tecnologías de la información y la comunicación en la escuela*. Buenos Aires, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Disponible en www.me.gov.ar/curri-form/publica/tic.pdf (Marzo 2013).
- [2] Valeiras N. (2006) *Las tecnologías de la información y la comunicación integradas en un modelo constructivista para la enseñanza de las ciencias*. España: Universidad de Burgos Ed. pp 17-39.
- [3] *Primera Encuesta Nacional sobre integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación Básica de Argentina* (2015). Disponible en http://www.unicef.org/argentina/spanish/media_31778.htm. (Marzo de 2016).
- [4] Vicario, J.; Amieva, R.; Scoppa, A.; Cerutti, M.; Fernández, A.; Lecumberry, G. (1994) El aprendizaje como superación de modelos representativos. *International Conference "Science and Mathematics Education for the 21 st. Century"*. Concepción (Chile). Páginas 599-607
- [5] Moreno Marimón, M. (1988) *Imaginación y Ciencia. Ciencia, aprendizaje y comunicación*. Barcelona: Editorial Laia, Cuadernos de Pedagogía.
- [6] Johnson Laird, P. (1990) *El ordenador y la mente*. Barcelona: Paidós.
- [7] Gardner, H. (1993) *La mente no escolarizada*. Barcelona-Buenos Aires: Paidós.
- [8] Vicario, J.; Amieva, R.; Fernández, A.; Ortiz, F. (2006) Del hipertexto a la plataforma virtual: una experiencia de aprendizaje en Física preuniversitaria, en *Experiencias Docentes en Ingeniería. Desde el ingreso a la práctica profesional supervisada*. Argentina: Editorial Universidad Nacional de San Luis.
- [9] Fernández, A.; Vicario, J.; Amieva, R.; Ortiz, F. (2012). Avances y limitaciones de una propuesta de aprendizaje virtual de la Física. *Terceras Jornadas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico – Tecnológicas*. San Juan (Argentina).
- [10] Vicario, J.; Fernández, A.; Amieva, R.; Ortiz, F. (2013). Del pizarrón al Facebook para la enseñanza de la Física: ¿Podemos vivir (enseñar) sin las TIC? *Memorias XVIII Reunión Nacional de Educación en Física: Tres décadas mejorando la enseñanza de la física*. 1a ed. Catamarca: Universidad Nacional de Catamarca. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. E-Book.
- [11] Vicario, J. (2013). Las TIC y el aprendizaje de la Física: interacción, argumentación y rendimiento académico. En *Entornos Virtuales y Aprendizaje. Nuevas perspectivas de estudio e investigaciones*. Editorial Virtual Argentina. Mendoza, 2013. ISBN 978-987-1792-05-4.
- [12] Vicario, J.; Chiecher, A.; Méndez, A.; Paoloni, P.; Muñoz, D.; Fernández, A.; Ceballos, C.; Allevi, C. (2015). El aporte de las TIC al aprendizaje colaborativo de la Física y a la generación de vínculos entre los aspirantes al ingreso a la Universidad. *Revista de Enseñanza de la Física* Vol. 27, Noviembre 2015, pág. 405 a 410.
- [13] Pradón C. J. (2013). Estrategias didácticas basadas en aplicaciones de mensajería instantánea WhatsApp exclusivamente para móviles ((Mobile Learning) y el uso de la

- herramienta para promover el aprendizaje colaborativo. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación* • Volumen 7, N°2. Julio-Diciembre 2013. (Mayo 2015).
- [14] Cantillo Valero, C.; Roura Redondo, M.; Sánchez Palacín, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@ción digital magazine*. N° 147. OEA, pág. 19. (Mayo 2015).
- [15] Vicario, J.; Chiecher, A.; Amieva, R.; Fernández, A.; Ortiz, F. (2015). ¿Qué pasa WhatsApp? ¿Qué onda con la Física?, Aceptado para su publicación en el *Latin American Journal Sciences Education (LAJSE)* <http://www.lajse.org> . 2015. ISSN 2007-9842.
- [16] Chiecher, A. (2015) Ingreso universitario y prevención del abandono. Usos posibles y potencialidades de los entornos virtuales. En Panaia, M. (coord.) *Universidades en cambio. ¿Generalistas o profesionalizantes?* Buenos Aires: Miño y Dávila.

ANEXO 1: ENCUESTA SOBRE EL USO DE REDES SOCIALES

Nombre y apellido.....
Carrera elegida.....

1.- ¿Utilizas habitualmente alguna de las siguientes redes sociales? Asígnale puntajes de 1 a 5, de acuerdo con tu frecuencia de uso. 1 significa que no la usas, 5 que la utilizas siempre.

	1	2	3	4	5
Facebook					
Twitter					
Whatsapp					
Youtube					
Google+					
Instagram					
QQ					
WeChat					
Weibo					
Linkedin					

2.- Si utilizas otra/s red/es social/es no mencionada/s en el punto anterior, menciónala/s aquí

3.- ¿Con qué equipo accedes a las redes sociales? Asígnale puntaje de uso, de 1 a 5.

	1	2	3	4	5
Pc (computadora de escritorio)					
Notebook					
Netbook					
Tablet					
Celular					
Iphone					
Otro dispositivo, cuál?					

4.- ¿Para qué utilizas normalmente las redes sociales? Puedes marcar más de una opción. Asígnale puntaje de uso de 1 a 5.

	1	2	3	4	5
Para informarme sobre temas generales					
Para comunicarme con amigos y/o familiares					
Para comunicarme con compañeros de estudio					
Para trabajar grupalmente en actividades escolares					
Para publicar fotos/videos/música					
Para mirar lo que otros publican					
Otros usos, cuáles?					

5.- ¿Utilizaste algunas de las redes sociales con algún profesor de la escuela secundaria? SI – NO
Si tu respuesta es sí, indica en qué asignatura y para qué la utilizaban.....

6.- ¿Utilizaste alguna vez una plataforma educativa SIAT o alguna otra? SI – NO

7.- Probablemente alguno de tus profesores te invitará a utilizar redes sociales o alguna plataforma educativa para formar grupos de estudio y comunicación. ¿Te interesa participar de una experiencia así?

ANEXO II: DISCUSIÓN SOBRE EL APOYA CABEZA Y LAS LEYES DE NEWTON

(Se respetó la forma de escribir y la ortografía de los alumnos)

[06/04/2016, 8:56 PM] jevicario: Vamos a seguir con las leyes de Newton

[06/04/2016, 8:57 PM] jevicario: Tendrán algo que ver estas leyes con los apoya cabezas de los autos?

[06/04/2016, 8:59 PM] Patricio A.: Lo veo relacionado con la inercia

[06/04/2016, 8:59 PM] Julio B.: Si si...mucho que ver..

[06/04/2016, 8:59 PM] +54 9 2336 49-3154: Si, porque sino por la inercia nos quebramos el cuello al arrancar porque nuestro cuerpo tiende a quedarse en la posición que estaba

[06/04/2016, 9:00 PM] Gonzalo O.: Tiende a seguir con la velocidad constante que llevaba anteriormente

[06/04/2016, 9:00 PM] Tomas C.: Lo relacionaría mas con un choque de atrás q por el arranque del auto

[06/04/2016, 9:01 PM] Gonzalo O.: Se aplica en algunos casos, exactamente, si el auto acelera

[06/04/2016, 9:01 PM] Santiago M.: Los apoya cabezas de los autos hacen que nosotros no estemos expuestos al total movimiento cuando se produce una aceleración

[06/04/2016, 9:01 PM] Santiago M.: Nos contiene dentro

[06/04/2016, 9:04 PM] Mariano M.: Inercia

[06/04/2016, 9:04 PM] Mariano M.: Para no quebrarnos el cuello 🤔

[06/04/2016, 9:07 PM] Facundo Z.: Claaro claro

[06/04/2016, 9:07 PM] jevicario: Por qué nos protege? Y no me digan por inercia, explíquenlo.

[06/04/2016, 9:08 PM] Mariano M.: Porque hace una fuerza contraria al efecto látigo del cabezas cuando nos chocan de atrás.

[06/04/2016, 9:09 PM] Gonzalo O.: El problema es que nos quebramos el cuello al haber un desaceleramiento brusco, sería que visto de otra forma el auto desacelere y la cabeza siga con la velocidad que llevaba anteriormente

[06/04/2016, 9:09 PM] Ezequiel Di Pi: Cuando el auto acelera, el cuerpo está en reposo y tiende a permanecer en reposo

[06/04/2016, 9:09 PM] Ezequiel Di Pi: O mantener la direccion

[06/04/2016, 9:09 PM] Santiago M.: Porque al acelerar el vehículo, nuestra cuerpo tiende a quedar en la posición que estaba, lo mismo pasa cuando vamos en el bondi y a la protección nos la damos nosotros agarrándonos de algo

[06/04/2016, 9:09 PM] Ezequiel Di Pi: Exact9

[06/04/2016, 9:10 PM] Ezequiel Di Pi: Un cuerpo que está en reposo o con una velocidad constante tiende a permanecer en reposo o con su misma dirección

[06/04/2016, 9:12 PM] Gonzalo O.: Lo importante de la primera ley es la F neta

[06/04/2016, 9:14 PM] jevicario: No me dicen nada de la cabeza. El cuerpo se mueve todo igual?

[06/04/2016, 9:15 PM] Gonzalo O.: Es que la F neta del auto se vuelve negativa y la del cuerpo sigue siendo cero

[06/04/2016, 9:16 PM] jevicario: ????

[06/04/2016, 9:17 PM] Adrian C.: La cabeza al igual que la persona van a la misma velocidad que el auto, en un cambio brusco de velocidad, el apoya cabeza reduce la velocidad del impacto

[06/04/2016, 9:17 PM] Tomas C.: El cuerpo al estar pegado a la butaca quedara en un estado de reposo

[06/04/2016, 9:17 PM] jevicario: Que le pasa al cuerpo cuando nos chocan de atrás?

[06/04/2016, 9:17 PM] Tomas C.: Anula las fuerzas a cero en el cuerpo

[06/04/2016, 9:17 PM] Ezequiel Di Pi: No, el cuerpo esta contenido por el asiento, por eso se añaden los apoyacabezas, para contrarrestar la fuerza que se ejerce sobre la cabeza cuando se trata de cambiar el movimiento de un cuerpo

[06/04/2016, 9:18 PM] Tomas C.: El auto tendria tendencia a avanzar y el cuerpo a quedar a la velocidad a la q venia

[06/04/2016, 9:18 PM] jevicario: Quien ejerce fuerza sobre la cabeza hacia atrás?

[06/04/2016, 9:18 PM] Ezequiel Di Pi: Qué pregunta jajajaja

[06/04/2016, 9:18 PM] Tomas C.: El avance brusco del auto

[06/04/2016, 9:18 PM] Ezequiel Di Pi: Viento no es

[06/04/2016, 9:19 PM] Tomas C.: El mismo asiento

[06/04/2016, 9:19 PM] Santiago M.: Cuando nos chocan de atrás es como que nos aplican una fuerza con sentido contrario a al sentido de la fuerza que venimos teniendo constante..

[06/04/2016, 9:19 PM] Ezequiel Di Pi: Claro, al empujar a todo el cuerpo cuando avanza el auto

[06/04/2016, 9:19 PM] Facundo Z.: Che no es por nada, pero podrían escribir eso en su hoja y mañana debatimos no?

[06/04/2016, 9:19 PM] Facundo Z.: Porque si no se hace re denso el grupo

[06/04/2016, 9:20 PM] Ezequiel Di Pi: Ponelo en silencio

[06/04/2016, 9:20 PM] Gonzalo O.: Justamente eso. Si un auto esta en reposo, viene otro a una velocidad x y choca de atras al primero, este aceleraría repentinamente y la cabeza seguiría con el estado que llevaba inicialmente sería en reposo.

[06/04/2016, 9:21 PM] jevicario: Para esto es el grupo Facu. Si no te interesa debatir, borrate por un rato. Son unos minutos, nomás

[06/04/2016, 9:22 PM] Angel P.: 🚗👉

[06/04/2016, 9:22 PM] jevicario: Ves?, gonza batió la justa

[06/04/2016, 9:23 PM] jevicario: El cuerpo se acelera, pero la cabeza no

[06/04/2016, 9:25 PM] jevicario: Entonces el apoya cabeza la "obliga" a acelerar junto con el cuerpo y evita que nos desniquemos

[06/04/2016, 9:25 PM] Tomas C.: No lo habia pensado de esa forma 👍

[06/04/2016, 9:25 PM] Gonzalo O.: 🍌

[06/04/2016, 9:26 PM] jevicario: Muy bien chicos, no los distraigo mas. Sigán estudiando, mañana lo hablamos

[06/04/2016, 9:26 PM] Ignacio D.: El apoya cabeza ayuda a que la cabeza acompañe el movimiento del cuerpo?

[06/04/2016, 9:27 PM] Tomas C.: Claro

[06/04/2016, 9:27 PM] Tomas C.: Lee más arriba q está bien explicado.

ANEXO III: DISCUSIÓN SOBRE ROZAMIENTO EN UN PLANO INCLINADO

(Se respetó la forma de escribir y la ortografía de los alumnos)

[25/05/2016, 7:41 PM] jevicario: Te puedo hacer una pregunta?

[25/05/2016, 7:42 PM] +54 9 3468 52-7486: Si digame

[25/05/2016, 7:44 PM] jevicario: Cómo será más fácil empujar un cuerpo: subiendo o bajando un plano inclinado, o en una superficie horizontal? El coeficiente de roce es siempre el mismo.

[25/05/2016, 7:45 PM] +54 9 3468 52-7486: Depende para el lado que se desee empujar

[25/05/2016, 7:45 PM] Brian T: Bajando en el plano inclinado?

[25/05/2016, 7:46 PM] jevicario: Primero quiero subir, despues bajar y despues horizontalmente

[25/05/2016, 7:48 PM] +54 9 3468 52-7486: Si lo empujas bajando, el peso tiene una componente que te esta a favor del empuje.. caso contrario si quisiera subir un plano inclinado, el peso tiene una componente que esta en contra del empuje, por ende se necesita mas fuerza.. finalmente el plano horizontal solo depende de la fuerza que uno le aplique..

[25/05/2016, 7:48 PM] +54 9 3468 52-7486: ConCluyo en que es mas facil bajando el plano incliNado

[25/05/2016, 7:49 PM] +54 9 3468 52-7486: Obviamente los rozamientos van contrario al movimiento, pero se puede despreciar para hacer el analisis anteriormente mencionado.

[25/05/2016, 7:51 PM] jevicario: No quiero que lo desprecien, quiero que me lo demuestren

[25/05/2016, 7:51 PM] +54 9 3468 52-7486: Suponiendo que la fuerza aplicada es la misma en todos los casos

[25/05/2016, 7:51 PM] +54 9 3468 52-7486: Y el roce es el mismo como dijo usted, no haCe falta tenerlo en cuenta

[25/05/2016, 7:52 PM] jevicario: No, pregunto cuándo hay que hacer menos fuerza

[25/05/2016, 7:52 PM] Facundo Z: Bajando

[25/05/2016, 7:52 PM] +54 9 3468 52-7486: Ahhh, entiendo

[25/05/2016, 7:52 PM] jevicario: El roce NO puede ser el mismo nunca

[25/05/2016, 7:52 PM] Brian T: Bajando

[25/05/2016, 7:53 PM] +54 9 3468 52-7486: La normal es menor en los planos inclinados

[25/05/2016, 7:53 PM] Nicolas G: Claro

[25/05/2016, 7:53 PM] Brian T: Claro

[25/05/2016, 7:53 PM] Santiago M: Porque la normal no es la misma

[25/05/2016, 7:53 PM] Facundo C: Noo, el μ es el mismo

[25/05/2016, 7:53 PM] +54 9 3468 52-7486: Por ende el roce tambien..

[25/05/2016, 7:53 PM] +54 9 3468 52-7486: Asi que analizando los planos inclinados, es mas facil bajando

[25/05/2016, 7:54 PM] +54 9 3468 52-7486: Si la normal es menos, la fuerza de roce tambien!!!!

[25/05/2016, 7:54 PM] +54 9 3468 52-7486: La formula lo dice!

[25/05/2016, 7:55 PM] Brian T: Claro

[25/05/2016, 7:55 PM] Santiago M: En horizontal porque la f peso y la normal se anulan

[25/05/2016, 7:55 PM] Facundo C: Seguro es $N = W \cdot \cos(x)$

[25/05/2016, 7:56 PM] +54 9 3468 52-7486: Como sea

[25/05/2016, 7:57 PM] jevicario: No se les ocurrió comparar los diagramas de cuerpo libre?

[25/05/2016, 7:58 PM] +54 9 3468 52-7486: Yo creo y sostengo lo que dije 🤔👍👏👏👏

[25/05/2016, 8:02 PM] jevicario: Puede ser, pero quiero que lo demuestres.

[25/05/2016, 8:03 PM] Brian To: Bajando en un plano inclinado te ayuda la componente del peso en x y la normal es menor por lo tanto la fuerza de roce es menor

[25/05/2016, 8:03 PM] jevicario: Si estás estudiando, esto es un repaso.

[25/05/2016, 8:04 PM] jevicario: Y comparando con la superficie horizontal?

[25/05/2016, 8:06 PM] Brian T: La fuerza de roce en la superficie horizontal el es mayor porque la normal es igual al peso no una componente y comparando con el plano inclinado no te ayuda la componente del peso haciendo una fuerza a favor del movimiento

[25/05/2016, 8:08 PM] jevicario: Está bien, pero me gustaría que lo trasladaras a una expresión matemática que permitiera comparar las fuerzas.

Desarrollo Regional. Vinculación Universidad, Empresa y Estado





III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE ENTRADA EN EL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN LA CALIBRACIÓN DE UN FRENÓMETRO.”

Dr. Oscar Greco, UTN-FRSF, ogreco@gmail.com

Ing. Fabián R. Gon, UTN- FRSF, fgon@frsf.utn.edu.ar

Ing. Walter Imhoff, UTN-FRSF, walterimhoff_13@hotmail.com

Ing. Dario Lattanzi, UTN-FRSF, Dlattanzi@frsf.utn.edu.ar

Santiago Marinaro, UTN-FRSF, santimarinaro7@hotmail.com

Resumen:

El laboratorio Calibra I, de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (FRSF-UTN) realiza las calibraciones que habilitan el funcionamiento de los Frenómetros de los Talleres de Revisión Técnica Vehicular (TRTV) de la República Argentina.

Las calibraciones están avaladas por el OAA (Organismo Argentino de Acreditación) que evalúan la competencia del laboratorio.

El OAA, exige el cumplimiento de la norma internacional ISO 17025:2005 que a su vez dicta que toda medición deben ser acompañada por una declaración de su incertidumbre, es por ello que esta magnitud es el motivo de presente desarrollo.

El calibrado de un frenómetro consiste en comparar la fuerza de frenado con un patrón de fuerza conocido y evaluar su incertidumbre como medida de la calidad de la calibración.

Esto generó una discusión entre los auditores del OAA y el laboratorio acerca de si estaban contemplados todos los factores que influyen en la medición y en particular uno de ellos que no había sido contemplado, que era la rugosidad de los rodillos.

Para dilucidar esta diferencia se investigaron todas las variables que influyen en la medición, para luego realizar un modelo matemático de las fuentes de incertidumbres. Estas se buscaron en el equipo de medición, en el mensurando, en las condiciones ambientales y en la pericia del operario. Entre las incertidumbres del mensurando se modeló la proveniente de la rugosidad mencionada.

El resultado fue un modelo matemático asistido por pc, basado en la serie de Taylor, que permite calcular la incertidumbre de medición de la fuerza de frenado, la cual, se le puede cargar las mediciones realizadas durante la calibración de un frenómetro en el TRTV .

Palabras clave— *frenómetro, incertidumbre, rugosidad del rodillo.*

1.Introducción

Este trabajo expone como se vinculan actividades de investigación y de extensión que se realizan en el laboratorio de calibraciones “Calibra I”, de la UTN-FRSF.

El problema a resolver surge del conflicto de opiniones en el valor de la incertidumbre combinada a partir de la consideración de todas sus fuentes y el nivel de incidencia de cada una de ellas. En especial aquella que no se tiene en cuenta y que fue señalada por el OAA, la rugosidad de adherencia entre el rodillo y los neumáticos, y otra como la correlación entre la longitud de los brazos de palanca que forman parte del modelo propuesto detectada por el laboratorio.

También se han estudiado la influencia en la incertidumbre combinada de la temperatura, ángulos de trabajo, errores de paralaje y calidad de los patrones utilizados. Para así obtener la ecuación completa de evaluación de la incertidumbre y su aplicación a un equipo estándar.

El resultado fue un modelo de evaluación que contempló las nuevas fuentes de incertidumbres y estableció su incidencia.

2.Materiales y Métodos

La metodología de trabajo fue revisar los aspectos teóricos del procedimiento de calibración de un frenómetro, que el laboratorio tiene acreditado ante el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) y aplicarlos al caso práctico de una calibración en un TRTV.

A partir de los datos medidos en el rodillo izquierdo, tomado como elemento de análisis, junto con la medición de repetibilidad del diámetro de este rodillo, se realizó el cálculo de la influencia de cada una de las variables del modelo.

Las variables de la incertidumbre combinada consideradas son: la longitud de cada palanca, el radio del rodillo, la longitud de la palanca de torque del motorreductor, las masas, la acción de la aceleración de la gravedad y las lecturas entre otras. Todas ellas medidas expresadas como varianza del modelo de medición aplicado $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ según los lineamientos de la guía para la expresión de la incertidumbre GUI-LE-01[1]

2.1 Desarrollo del cálculo de la incertidumbre.

Definición del mensurando

El frenómetro de rodillos es un dispositivo que evalúa la fuerza de frenado cuando se aplica el freno de un vehículo inmovilizando las ruedas que están siendo impulsadas por un par de rodillos del frenómetro, como se puede apreciar en la

Figura 1. Este brinda una eficaz verificación del estado de funcionamiento del sistema de frenado, midiendo con precisión su frenada máxima en cada uno de los ejes tanto al aplicar el freno de pie, como el de mano, así como la variación en la circunferencia existente en los discos ó tambores de freno y el desequilibrio que hay entre ruedas del mismo eje.

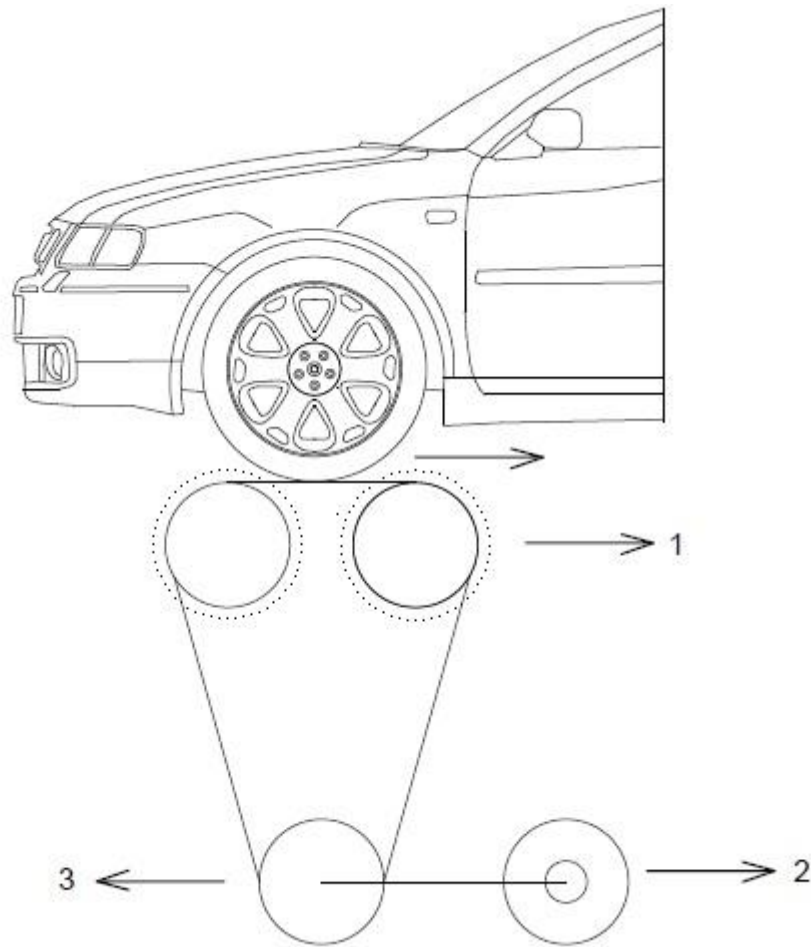


Figura 1. Esquema Frenómetro.

Fuente: elaboración propia.

1. Rodillos frenómetros
2. Celda de carga
3. Motorreductor

El instante donde se realiza la medición es cuando la fuerza de frenado, paraliza los rodillos del frenómetro los cuales son movidos por el torque que genera un motorreductor ejerciéndose una fuerza que a su vez es medida por una celda de carga, en este caso que funciona a la tracción. En ese momento el frenómetro acusa una fuerza que es calculada a través del sistema por las relaciones que existen entre la palanca L del motorreductor y el radio R del rodillo.

El procedimiento de medición es aplicar una fuerza conocida a la celda de carga y contrastarla con el valor amplificado que acusa el “display” del frenómetro. Esto da origen al siguiente modelo físico de medición, que podemos observar en la Figura 2.

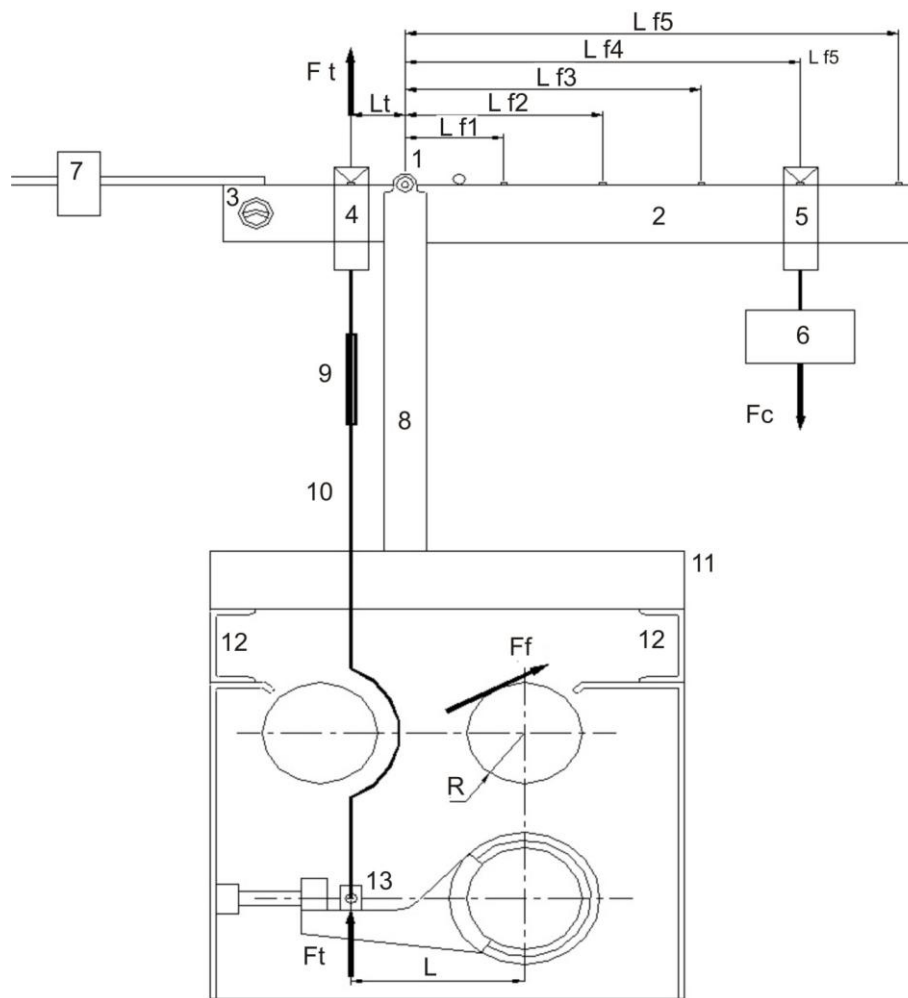


Figura 2. Esquema del método de medición.

Fuente: elaboración propia.

- | | |
|---|--|
| 1. Sistema de rotación central (eje y porta rodamientos). | 8. Pedestal. |
| 2. Barra acotada. | 9. Registro de longitud de barra tensora. |
| 3. Nivel de burbuja. | 10. Barra tensora curva. |
| 4. Ménsula con pivote cónico izquierda. | 11. Bancada de apoyo y guía para patas y pedestal. |
| 5. Ménsula con pivote cónico derecha. | 12. Patas de fijación o apoyo. |
| 6. Pesa patrón. | 13. Perno para ensamble a celda de carga. |
| 7. Contrapeso cilíndrico para nivelación. | |

Para llegar a la expresión que represente a la fuerza de frenado es necesario plantear una serie de igualdades que a continuación se detallan. La fuerza de frenado y la fuerza de tracción están vinculadas mediante la igualdad.

$$F_f = F_t \cdot \frac{L}{R} \cdot C \quad (1)$$

Donde:

F_f : es la lectura en el “display” correspondiente a la fuerza del frenómetro cuando se aplica la pesa patrón sobre la ménsula (pieza número 5 en la Figura 2) en alguna de las posiciones pre establecidas en la barra acotada.

F_t : Fuerza que actúa a la tracción.

L : es la Longitud del brazo de palanca de la leva del motorreductor, entre el centro del motorreductor y el punto de aplicación de la fuerza por la barra tensora.

R : es el radio del rodillo.

C : Relación entre la cadena de transmisión y el brazo de palanca, donde se aplica la fuerza de contraste y el rodillo tractor.

Por otro lado tenemos que la fuerza ejercida F_t se puede expresar:

$$F_t = m \cdot g \quad (2)$$

Donde:

m : es la masa patrón aplicada a la celda de carga (pieza número 6 en la Figura 2).

g : aceleración de la gravedad

Reemplazando F_t en (1) tenemos:

$$F_f = m \cdot g \cdot \frac{L}{R} \cdot C \quad (3)$$

Que es el modelo básico de medición sin las fuentes de repetibilidad en el frenómetro. La ecuación que corresponde a este modelo matemático y desde el cual se obtiene la incertidumbre es la siguiente:

$$F_f = \frac{l_{Fn}}{l_t} \cdot m \cdot g \cdot \frac{L}{R} + \delta F_{reso.Lo.repet} + \delta F_{desalin} + \delta F_{paral} \quad (4)$$

Donde:

l_{Fn} : es la Longitud del brazo de palanca entre el puntal o pedestal de la barra acotada y la pesa patrón en sus posibles y acotadas ubicaciones.

l_t : es la Longitud entre el puntal o pedestal de la barra acotada y la vertical por donde pasa barra tensora.

$\delta F_{desalin}$: es la Diferencia en la fuerza de frenado por desalineación con la vertical de la barra tensora.

$\delta F_{\text{reso.lo.repet}}$: es la Diferencia de la fuerza de frenado por resolución del instrumento o por errores de repetibilidad.

δF_{paral} : es la Diferencia por error de paralaje en caso de frenómetros analógicos (en el caso de la marca empleada en este caso la lectura es digital y no se tiene en cuenta esta diferencia).

Para evaluar la incertidumbre combinada en función de la suma de sus contribuciones se usa la expresión indicada a continuación que corresponde a la GUI-LE-01 [2].

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{k=i+1}^N c_i \cdot c_k \cdot u(x_i, x_k) \quad (5)$$

En la ecuación (5), la primer sumatoria son las contribuciones a la varianza combinada, por parte de las variables de entrada del modelo matemático y la segunda sumatoria representa las contribuciones de la covarianzas de dichas variables que surgen cuando existe una correlación entre las variables de entrada en el modelo de medición. En el modelo matemático planteado las únicas variables correlacionadas son l_{Fn} y l_t .

Partiendo de la planilla de datos primarios obtenidos del TRTV, junto a los datos de las mediciones de R y L, se evaluaron las componentes de la incertidumbre que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Componentes de la incertidumbre

N°	Variables de entrada x_i	Fuente de Incertidumbre	Valor estimado	Incertidumbre estándar o típica $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad $c(x_i)$	Contribución a la incertidumbre $c(x_i) \cdot u(x_i)$	Contribución a la varianza $u_c(y)^2 \text{Lab}$	Contribución a la varianza combinada $u_c(y)^2 \text{Lab}$
1	l_{Fn}	Brazo de palanca del peso de contraste	1132,38 mm	0,1/2 = 0,05 mm	16,0 N/mm	0,8N	0,7 N ²	0,7 N ² (despreciable).
2	l_t	Brazo de palanca Longitud barra tensora-centro rotación de barra	73,7 mm	0,01/2=0,005 mm	-245,2 N/mm	1,2 N	1,5 N ²	1,5 N ² (despreciable)
3	m	Masas patrones	40 kg (nominal)	(0,5+0,8)g= 1,3x10 ⁻³ kg	451,7 m/s ²	0,6 N	0,4 N ²	0,4 N ² (despreciable)
4	g	Gravedad	9,79 m/s ²	0,00049 m/s ²	1844,0 kg	0,9 N	0,8 N ²	0,8 N ² (despreciable)
5	L	Brazo de palanca de la fuerza tracción. Y del motoreductor	397,5 mm	0,34 mm	45,5 N/mm	15,6 N	----	242,4 N ² (1,7%)
6	R	Radio del rodillo	132,5 mm	0,87 mm	-136,4	-118,6 N	----	14059,6 N ² (97,9%)
7	Rptbd Rrslcn	Repetibilidad Resolución de la fuerza medida en el frenómetro	17,75 N (promedio 3 mediciones)	6,66 N	1	6,66 N	----	44,4 N ² (0,3%)
8	d	Desalineación Ft (nivel de burbuja)	0	0,25 N	1	0,25 N	0,06 N ²	0,06 N ² (despreciable)
9	u_c	Correlación l_{Fn} y l_t	-1,956 N ²				-1,9 N ²	-1,9 N ² (despreciable)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2 Resultados obtenidos

Totales	Contribución a la varianza $u_c(y)^2_{Lab}$	Contribución a la varianza combinada $u_c(y)^2_{Lab}$
Contribución a la varianza del laboratorio	1,56 N ²	
Varianza que corresponde al cuadrado de la incertidumbre combinada de la medición de la fuerza aplicada por el frenómetro : Ff		14347,96N ² (100%)
Incertidumbre expandida del laboratorio con $k=2$	0,004 kN	
Incertidumbre combinada del frenómetro (redondeada a su valor superior)		119,78 N=120 N
Incertidumbre expandida con $k=2$		240 N

Fuente: Elaboración propia

Fuente de incertidumbre: En todos los casos se obtiene de los certificados de calibración de los equipos, excepto en el caso de la gravedad que se obtiene de la planilla de Geodesia.

Distribución de probabilidad: En todas las variables la distribución es normal, exceptuando la desalineación F_t que es distribución Rectangular.

2.2 Cálculo de las contribuciones de cada una de las fuentes de incertidumbre del modelo considerado.

A continuación se detallan dichos cálculos y las consideraciones teóricas para efectuarlos, teniendo en cuenta las diferentes contribuciones que realizan cada una de las variables consideradas en este análisis.

2.2.1 Contribución correspondiente a la Longitud del brazo de palanca del peso de contraste l_{Fn}

A partir del certificado de calibración de la barra acotada se obtuvieron los siguientes valores de incertidumbre expandida:

En el ejemplo consideramos un frenómetro que trabaja a la tracción $l_t=L1=73,3$ mm.

$$\{contribución.de.x_1\} = [c_1.u(l_{Fn1})]^2 = 0,6364N^2$$

2.2.2 Contribución correspondiente a la Longitud entre el puntal o pedestal de la barra acotada y la vertical por donde pasa la barra tensora l_t

A partir del certificado de calibración de la barra acotada obtenemos:

$$\{contribución.de.x_2\} = [c_2.u(x_2)]^2 = [c(l_t).u(l_t)]^2 = 1,5028N^2$$

2.2.3 Contribución correspondiente a la Varianza de la masa patrón aplicada a la celda de carga m

Se aplican dos masas patrones de 20 kg cada una. Las incertidumbres se suman a pesar de que están correlacionadas. Por lo tanto sería $m = m_1 + m_2$. Aplicando la ecuación (6) general de propagación de la incertidumbre [3]

$$u(m)^2 = \left[\frac{\partial m}{\partial m_1} u(m_1) \right]^2 + \left[\frac{\partial m}{\partial m_2} u(m_2) \right]^2 + 2 \cdot \frac{\partial m}{\partial m_1} \cdot \frac{\partial m}{\partial m_2} u(m_1; m_2) =$$

$$\left[\frac{\partial m}{\partial m_1} u(m_1) \right]^2 + \left[\frac{\partial m}{\partial m_2} u(m_2) \right]^2 + 2 \cdot \frac{\partial m}{\partial m_1} \cdot \frac{\partial m}{\partial m_2} u(m_1) \cdot u(m_2) \cdot r_{1,2} = \quad (6)$$

$$[u(m_1)]^2 + [u(m_2)]^2 + 2u(m_1) \cdot u(m_2) = [u(m_1) + u(m_2)]^2$$

De los certificados de las dos pesas patrones empleadas de 20 kg (EQ003 y EQ004) se obtuvieron las respectivas incertidumbres y sus desvíos (errores). En este caso se aplica el criterio recomendado por el CENAM [4]. A la incertidumbre expandida del instrumento, se le suma aritméticamente el desvío de su valor nominal que figura en el certificado de calibración y que no está corregido (esto se denomina calibración contra nominales).

$$u(m_1) = \text{Max.Desvio} + U(m_1) \quad (7)$$

$$u(m_1) = \text{Max.Desvio} + U(m_1) = 0.2g + 0.3g = 0.5g$$

(error e incertidumbre del certificado de calibración de la Masa patrón EQ003)

$$u(m_2) = \text{Max.Desvio} + U(m_2) = 0.5g + 0.3g = 0.8g$$

(error e incertidumbre del certificado de calibración de la Masa patrón EQ004).

Finalmente la incertidumbre de las masas (40kg) es la suma aritmética de las incertidumbres de las masas (20kg) individuales considerando el hecho de que estas están correlacionadas.

$$u(m) = u(m_1) + u(m_2) = 0.5g + 0.8g = 1.3g$$

Luego de calcular el Coeficiente de sensibilidad de las masas

$$m = m_1 + m_2 = 20\text{kg} + 20\text{kg} = 40\text{kg} \text{ derivado de la ecuación 1:}$$

$$c_3 = c(m) = \frac{\partial(F_f)}{\partial(m)} = g \cdot \frac{L \cdot l_{Fn}}{R \cdot l_t} = \frac{9.8m}{s^2} \cdot \frac{397.5mm \cdot 1132.38mm}{132.5mm \cdot 73.7mm} = 451.7228 \frac{m}{s^2}.$$

$$c_3 \cdot u(x_3) = c(x_3) \cdot u(x_3) = c(m) \cdot u(m) = 451.7228 \frac{m}{s^2} \cdot 0.0013kg = 0.5873N$$

$$\{contribuci3n.de.x_3\} = [c_3 \cdot u(x_3)]^2 = [c(m) \cdot u(m)]^2 = 0.3449N^2$$

2.2.4 Contribuci3n correspondiente a la Gravedad g

El fren3metro est3 ubicado en la ciudad de Santa Fe, en funci3n de las coordenadas de latitud y longitud de la zona, los siguientes valores de incertidumbres son los correspondientes a la gravedad.

$$\{contribución.de.x_4\} = [c_4 \cdot u(x_4)]^2 = [c(g) \cdot u(g)]^2 = \left[1843,7666 kg \cdot 0,00048972 \cdot \frac{m}{s^2} \right]^2 = 0,9029^2 N^2 = 0,8153 N^2$$

2.2.5 Contribución correspondiente a la longitud L (distancia entre la celda de carga donde se ejerce la fuerza de tracción y el motorreductor).

Esta magnitud genera incertidumbre en el modelo de la fuerza pero a su vez está influenciada por la incertidumbre de su medición, por la variación de temperatura, por la variación debida a la calibración de la cinta métrica con la cual es medida, por la variación debida a la repetibilidad y resolución.

El modelo que se utiliza para evaluar estas magnitudes es:

$$L = L_{\text{instrumento}} + d + (\delta_{\text{repetibilidad}} \cdot \delta_{\text{resolución}}) + \delta_{\Delta T} + \delta_{\alpha} \quad (8)$$

L : Valor de la medición de la distancia L (mensurando).

$L_{\text{instrumento}}$: Lectura de longitud con la cinta métrica (EQ024), calibrada.

d : Desvío del instrumento (diferencia con el patrón con el cual fue calibrado, el cual en algunos casos se consigna como Error junto con la incertidumbre en los certificados de calibración).

$(\delta_{\text{repetibilidad}} \cdot \delta_{\text{resolución}})$: Diferencias debida a la repetibilidad o a la resolución [5]

δ_{paralaje} : Error de paralaje por la posición del operario.

$\delta_{\Delta T}$: Diferencia o error debido a la diferencia entre la temperatura de trabajo y la de referencia a la que fue calibrado el instrumento.

δ_{α} : Diferencia de temperatura posible entre la cinta métrica y el mensurando L (palanca del motorreductor –celda de carga).

En el modelo propuesto para el mensurando L: las magnitudes de entradas no están correlacionadas y además están asociadas por un modelo lineal del tipo $y = \sum_{i=1}^5 x_i$, si a este modelo [6] se le aplica la ecuación general de propagación de la incertidumbre los términos de los coeficientes de sensibilidad son $c_i = 1$. Luego para el cálculo de la incertidumbre combinada la ecuación:

$$u(y)^2 = \sum_{i=1}^5 u(x_i)^2 \quad (9)$$

si se reemplaza la variable y por L la expresión de la incertidumbre será:

$$u_c(L)^2 = u_{\text{instrumento}}^2 + (u_{\text{repetibilidad}} \cdot \delta_{\text{resolución}})^2 + u_{\Delta T}^2 + u_{\delta_i}^2$$

Los términos de esta ecuación se analizan a continuación.

a. Incertidumbre correspondiente al instrumento:

$$u_{\text{instrumento}} = \text{Desv.Max} + U_{\text{instrumento}} \quad (10)$$

Fuente de información: Para la cinta métrica EQ024 calibrada, se extrajeron los siguientes valores: $Desv.Max = 0,10mm$; $U_{instrumento} = 0,15mm$

$$u_{instrumento} = 0,10mm + 0,15mm = 0,25mm$$

b. Incertidumbre correspondiente a la Repetibilidad o Resolución[5]:

La información fue adquirida por el procedimiento de calibración correspondiente para este equipo, se midió el valor de L en 10 mediciones tomadas por distintos operadores, se tomó la desviación estándar s del operador que tuvo mayor dispersión en sus mediciones cuyo desvío estándar fue $s = 0,74mm$. Luego la incertidumbre se calcula por el desvío estándar de las medias en el muestreo para $n = 10$ arrojando los siguientes resultados.

$$u_{repetibilidad} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,74mm}{\sqrt{10}} = 0,2340mm \quad (11)$$

La cinta métrica tiene un resolución de 1 mm y se considera que un operador puede apreciar la mitad de ese intervalo, luego a este intervalo se considera que la variable tiene la misma probabilidad de caer en ese entorno por lo tanto se considera que la distribución rectangular expresa esa probabilidad y la incertidumbre típica $u_{resolución}$ está dada por la siguiente ecuación:

$$u_{resolución} = \frac{resolución.del.instrumento}{2 \cdot \sqrt{12}} = \frac{1mm}{2 \cdot \sqrt{12}} = 0,1443mm \quad (12)$$

Luego $u_{repetibilidad} > u_{resolución}$ siendo la mayor $u_{repetibilidad} = 0,2340mm$ el valor elegido para el segundo sumando de la incertidumbre combinada $u_c(L)$.

2.3 Incertidumbre correspondiente a la diferencia de temperatura de medición en el taller y la de referencia de calibración de la cinta métrica.

Se estudia además el efecto de la temperatura en la medición donde la incertidumbre por temperatura tiene dos componentes: una debido a que la medición se ejerce a una temperatura diferente con cual el instrumento fue calibrado, la otra componente tiene en cuenta el hecho de que los materiales del instrumento y del mensurando tengan diferentes temperaturas, por lo tanto dilatan de diferente forma generando una incertidumbre mayor en la medición.

Para realizar una estimación aproximada de esto se supone la siguiente expresión de la incertidumbre por diferencias de dilatación entre el instrumento y el mensurando[5]:

$$u_{\Delta T} = \frac{L \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

$u_{\Delta T}$: Incertidumbre debida a la diferencia de temperatura de medición con la de referencia.

$\Delta\alpha$: Diferencia entre el coeficiente de dilatación del acero de mensurando L y la cinta métrica.

ΔT : Diferencia de temperatura entre el lugar donde se realizan las mediciones (calibración en el TRTV) y la temperatura de referencia a la que se calibró la cinta métrica.

Cuando $\Delta\alpha = 0$ se reemplaza en la ecuación anterior por $\Delta\alpha = 2 \cdot u_\alpha$ donde u_α es la incertidumbre del coeficiente del acero.

Si suponemos que el coeficiente del acero es $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C}$ luego

$$u_\alpha = 0,1 \times 10^{-5} . ^\circ C^{-1}$$

$$\Delta\alpha = 2 \cdot u_\alpha = 2 \cdot 0,1 \times 10^{-6} . ^\circ C^{-1} = 0,2 \times 10^{-6} . ^\circ C^{-1}$$

$$L = 397,5 mm$$

$$\Delta T = (20,3 - 15,5) ^\circ C$$

$$u_{\Delta T} = \frac{L \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}} = \frac{397,5 mm \cdot 0,2 \times 10^{-5} . ^\circ C^{-1} \cdot (20,3 - 15,5) / 2 ^\circ C}{\sqrt{3}}$$

$$u_{\Delta T} = 1,10 \times 10^{-3} mm$$

2.4 Incertidumbre debida a la diferencia de temperaturas entre el instrumento y el mensurando u_{δ_i}

La estimación para esta influencia sería aproximada por la ecuación siguiente:

$$u_{\delta_i} = \frac{L \cdot \alpha_{promedio} \cdot \delta t}{\sqrt{3}} = \frac{397,5 mm \cdot 1,2 \times 10^{-5} . ^\circ C^{-1} \cdot (t_{cta.metrica} - t_{equipo}) ^\circ C}{\sqrt{3}} \quad (14)$$

Dado el tiempo que les toma a los operadores armar el sistema de palanca se puede estimar que las diferencias de temperaturas entre el equipo y la cinta son prácticamente iguales o sea $(t_{cta.metrica} - t_{equipo}) ^\circ C \rightarrow 0$ con lo cual esta contribución se considera despreciable.

La contribución por temperatura en ambos casos resulta despreciable frente a la incertidumbre de medición de la cinta y del instrumento.

Finalmente la incertidumbre combinada de la longitud de la palanca del motorreductor es:

$$u_c(L)^2 = u_{instrumento}^2 + (u_{repetibilidad} \phi u_{resolución})^2 + u_{\Delta T}^2 + u_{\delta_i}^2 = (0,25^2 + 0,234^2) mm^2 \quad (15)$$

$$u_c(L)^2 = u_L^2 = (0,0625 + 0,0548) mm^2 = 0,1173 mm^2$$

$$u_L = 0,3425 mm$$

El coeficiente de sensibilidad de la incertidumbre c_L

$$c_L = c(L) = \frac{\partial(F_f)}{\partial(L)} = m \cdot g \cdot \frac{l_{Fn}}{R \cdot l_t} = 40 \text{ kg} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1132,38 \text{ mm}}{132,5 \text{ mm} \cdot 73,7 \text{ mm}} = 45,4564 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\{\text{contribución de } x_5\} = [c_5 \cdot u(x_5)]^2 = [c(L) \cdot u(L)]^2 = \left[45,4564 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 0,3425 \text{ mm} \right]^2 = 15,5688^2 \text{ N}^2 = 242,3879 \text{ N}^2$$

2.5 Contribución correspondiente al Radio del Rodillo R

El radio del rodillo se calcula a través de la medición de su diámetro: $R = D/2$

Este aporte es uno de los más cuestionados dado que por la estructura del rodillo en contacto con la cubierta de caucho de la rueda genera un incertidumbre extra por la indefinición del mensurando. Esto se debe a que a la superficie del rodillo se le agrega unos puntos de soldadura para evitar el deslizamiento entre el rodillo y la cubierta, mejorando así la fuerza con la cual se inmoviliza el rodillo en el momento de frenar. Este fenómeno se intenta abordar mediante la suma de un término por indefinición de R , a los valores convencionales tenidos en cuenta cuando se mide con un calibre el diámetro del rodillo en cuestión.

$$R = R_{\text{instrumento}} + d + (\delta_{\text{repetibilidad}} \cdot o \cdot \delta_{\text{resolución}}) + \delta_{\text{paralaje}} + \delta_{\Delta T} + \delta_{\alpha} + \delta_{\text{indefinición del Mensurand}} R \quad (16)$$

$$u(x_6)^2 = u(R)^2 = u_{\text{instrumento}}^2 + (u_{\text{repetibilidad}} \cdot o \cdot u_{\text{resolución}})^2 + u_{\text{paralaje}}^2 + u_{\Delta T}^2 + u_{\alpha}^2 + u_{\text{indefinición de } R}^2$$

Observación:

Es importante destacar que el Frenómetro no permite introducir esta variable en su software. La considera como constante aportada por el fabricante, y corresponde al radio del rodillo medido en su parte lisa (no rugosa). Por lo tanto el laboratorio efectúa la medición para verificar que el rodillo no se haya cambiado, dado que esta es una operación de mantenimiento frecuente dentro de los talleres.

2.6 Contribución de la incertidumbre del Calibre pie de Rey de 600 mm x 0,02 mm

El instrumento utilizado es el Calibre Pie de Rey (EQ037).

$$u_{\text{instrumento}} = \text{DesvíoMax} + U_{\text{calibr.Inst}} \quad (17)$$

$$\text{DesvíoMax} = 0,02 \text{ mm}$$

$$U_{\text{calibr.Inst}} = 0,02 \text{ mm}$$

$$u_{\text{instrumento}} = \text{DesvíoMax} + U_{\text{calibr.Inst}} = 0,02 \text{ mm} + 0,02 \text{ mm} = 0,04 \text{ mm}$$

2.7 Contribución correspondiente a la incertidumbre de la Repetibilidad o Resolución para las mediciones con el Calibre

Fuente de información: Calibre de 600 mm x 0,02 mm y personal usuario del mismo.

$$u_{\text{resolución}} = \frac{\text{resolución.del.calibre}}{4 \cdot \sqrt{12}} = \frac{0,02}{4 \cdot \sqrt{12}} = 1,4434 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

Se divide por un factor igual a cuatro, dado que es lo que un observador con agudeza visual puede apreciar en la medición. Se realizaron 3 muestras de 10 mediciones del diámetro del rodillo con sus respectivas estimaciones de cada desvío estándar s ; de todas se tomó la mayor $s = 0,38 \text{ mm}$ de las incertidumbres. Luego el valor elegido surge de la distribución de medias en el muestreo cuyo desvío típico es la incertidumbre por repetibilidad.

$$u_{\text{repetibilidad}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,38 \text{ mm} / 2}{\sqrt{10}} = 6,0083 \times 10^{-3} \text{ mm} \quad n = \text{tamaño de la muestra.}$$

Se puede demostrar que la incertidumbre s radio es la mitad de la s del diámetro.

La contribución a la incertidumbre del rodillo, la aporta la repetibilidad dado que es mayor que el aporte de incertidumbre por resolución.

2.8 Contribución de la incertidumbre por variaciones de temperatura.

Se aplican los mismos criterios que para el caso anterior de la medición de L .

$$u_{\Delta T} = \frac{R \cdot \Delta \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}} = \frac{D/2 \cdot \Delta \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}}$$

$$u_{\Delta T} = \frac{D/2 \cdot 2 \cdot u(\alpha) \cdot \Delta T}{\sqrt{3}} = \frac{265 \text{ mm} / 2 \cdot 2 \cdot 0,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (20,3 - 15,5) ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 7,3439 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

u_{δ_i} (Incertidumbre por diferencia de temperatura de los instrumentos) se considera despreciable.

2.9 Contribución por error de paralaje debido a la posición adoptada por el observador en la medición.

En la estimación de este error se supone que el calibre tiene 0,5 mm de diferencia de altura entre la regla y el vernier, y el operario está a una distancia de enfoque de 400 mm.

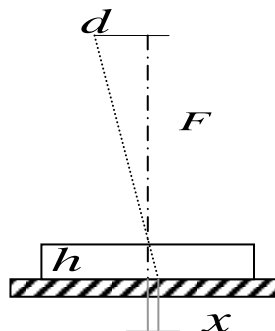


Figura 3. Error de paralaje.

Fuente: elaboración propia.

d: Desvío máximo del ojo del operario de la vertical.

h: Altura que separa el vernier de la regla.

F: Distancia focal a la regla del vernier del instrumento.

x: Posible error de lectura por desvío desde la vertical.

$$x = \frac{d \cdot h}{F} = \frac{40mm \cdot 0,5mm}{400mm} = 0,05mm \quad (18)$$

Si se supone que las lecturas se distribuyen con una función de distribución rectangular a lo largo de $2x$, luego la incertidumbre por error de paralaje es:

$$u_{\text{paralaje}} = \frac{x}{\sqrt{3}} = \frac{0,05mm}{\sqrt{3}} = 0,0288mm \quad (19)$$

2.10 Contribución a la incertidumbre combinada debido a la indefinición del mensurando R radio del rodillo.

La rugosidad de la superficie del rodillo en los frenómetros se debe a los diferentes protuberancias distribuidas sobre la superficie en forma regular para generar un mayor coeficiente de rozamiento con la cubierta del vehículo.

La importancia de esta rugosidad reside en que puede alterar el punto de aplicación de la fuerza de frenado, la cual inmoviliza el rodillo en el momento de la medición. El torque que se transmite al rodillo esta dado por la relación que se da entre la fuerza F_r y el radio R del rodillo. Pero R puede variar aleatoriamente entre el valor del fabricante (R mínimo) y la altura de la rugosidad (R máximo). Esto dependerá entre otros factores de la presión del neumático, de su dibujo, de la cantidad de partículas de suciedad que tenga la superficie del rodillo, de la temperatura del aire en el interior de los neumáticos, tener en cuenta todos estos factores implica un estudio que no se condice con la calidad del instrumento analizado en este caso el frenómetro.

Esto se debe a que un frenómetro tiene una resolución del orden de 0.01kN y mide en un intervalo de [0-30kN] aproximadamente, la relación entre la resolución y el intervalo es una medida de la exactitud y calidad del instrumento[7] siendo necesario un valor inferior a 10^{-5} kN para que un instrumento de este tipo tenga una alta precisión. En el frenómetro tomado como referencia para el análisis la relación es: $3,3 \cdot 10^{-4}$ kN, lo cual nos permite considerarlo como un equipo de baja precisión.

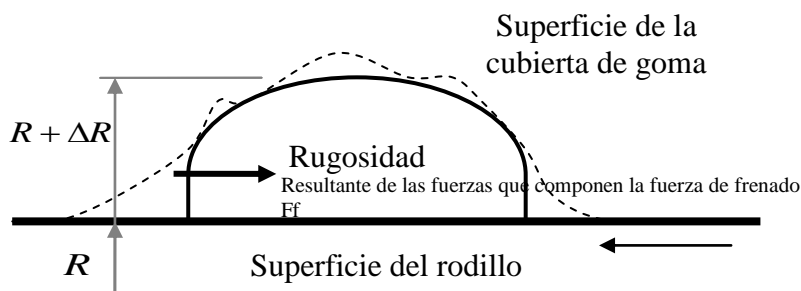


Figura 4. Rugosidad rodillo.

Fuente: elaboración propia.

No obstante se considerara la influencia de la rugosidad del rodillo en la incertidumbre aportada en la medición de la fuerza de frenado.

Si consideramos a la protuberancia como una especie de palanca que aumenta la capacidad de frenar el movimiento del rodillo (ver figura 4) es posible pensar que el Radio del rodillo es justamente esta palanca, y por lo tanto su variación estará entre los valores de $[R.; R + \Delta R]$ La altura de la protuberancia es aproximadamente de 3 mm. Si se piensa la fuerza de frenado ejercida sobre el rodillo como resultante de todos los contactos con la superficie esta debería pasar por algún punto de ΔR , si consideramos que estos puntos son iguales se le asignaría a la variable aleatoria una distribución rectangular con un intervalo total, ΔR luego la incertidumbre por indefinición del mensurando R sería:

$$u_{\text{indefinición de R}} = \frac{\Delta R / 2}{\sqrt{3}} = \frac{3 \text{ mm}}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (20)$$

$$u_{\text{indefinición de R}} = \frac{3 \text{ mm}}{2 \cdot \sqrt{3}} = 0,8660 \text{ mm}$$

Finalmente se tiene para el radio del rodillo el siguiente balance de incertidumbres:

$$u(x_6)^2 = u(R)^2 = u_{\text{instrumento}}^2 + (u_{\text{repetibilidad}} \cdot O \cdot u_{\text{resolución}})^2 + u_{\text{paralaje}}^2 + u_{\Delta T}^2 + u_{\alpha}^2 + u_{\text{indefinición de R}}^2$$

Tabla 3. Balance de incertidumbres para el radio del rodillo.

Variable	Valor de la variable	Valor de la variable al cuadrado
$u_{\text{instrumento}}^2$	$0,04^2 \text{ mm}^2$	$1,6 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$
$u_{\text{repetibilidad}}^2$	$0,06^2 \text{ mm}^2$	$3,6 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$
$u_{\text{resolución}}^2$	Se considera despreciable.	
$u_{\Delta T}^2$	$(7,3439 \times 10^{-4})^2 \text{ mm}^2$	$0,0005 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$
u_{α}^2	Se considera despreciable.	
u_{paralaje}^2	$0,0288^2 \text{ mm}^2$	$0,83 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$
$u_{\text{indefinición de R}}^2$	$0,8660^2 \text{ mm}^2$	$749,96 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$
$u(R)^2$	Incertidumbre combinada del radio del rodillo expresada como varianza.	$755,95 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$
$u(R)$	Incertidumbre del rodillo.	$0,8695 \text{ mm}$

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de sensibilidad para la variable R :

$$c_6 = c(R) = \frac{\partial(F_f)}{\partial(R)} = -m \cdot g \cdot \frac{L \cdot I_{Fn}}{R^2 \cdot I_t} = -40 \text{ kg} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{397,5 \text{ mm} \cdot 1132,38 \text{ mm}}{(132,5 \text{ mm})^2 \cdot 73,7 \text{ mm}} = -136,3692 \frac{\text{N}}{\text{mm}}. \quad (21)$$

$$\{ \text{contribución.de.}x_6 \} = [c_6 \cdot u(x_6)]^2 = [c(R) \cdot u(R)]^2 = \left[-136,3692 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 0,8695 \text{ mm} \right]^2 = 118.5730^2 \text{ N}^2 = 14059,56 \text{ N}^2$$

$$\{ \text{contribución.de.}x_6 \} = 14059,56 \text{ N}^2$$

2.11 Contribución correspondiente a la resolución del indicador del frenómetro y la repetibilidad.

Como en los casos anteriores se comparan estas contribuciones y se toma la mayor resolución.

Dado que es un indicador digital [8] la señal debe estar en el entorno de su resolución y con igual probabilidad de adoptar valores dentro de ese entorno, luego su distribución de probabilidades es rectangular.

$$u_{\text{resolución}} = \frac{\text{resolución.del.frenómetro}}{\sqrt{12}} = \frac{0,01 \text{ kN}}{\sqrt{12}} = 2,88 \times 10^{-3} \text{ kN} = 2,88 \text{ N} \quad (22)$$

Para la resolución del indicador del Frenómetro y la repetibilidad, según los datos de la planilla de datos primarios tomados del Taller de referencia. Se toman las tres lecturas correspondientes a la fuerza de frenado y se calcula su desvío estándar s .

La terna de valores es (17,77; 17,75; 17,75) kN

$$u_{\text{repetibilidad}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,01155 \text{ kN}}{\sqrt{3}} = 6,6667 \times 10^{-3} \text{ kN} = 6,6667 \text{ N} \quad (11)$$

Se considera la $u_{\text{repetibilidad}} = 6,6667 \text{ N}$ por ser superior a la resolución.

$$\{ \text{contribución.de.}x_7 \} = [c_7 \cdot u(x_7)]^2 = u_{\text{repetibilidad}}^2 = 6,6667^2 = 44,4448 \text{ N}^2$$

2.12 Contribución correspondiente a la incertidumbre de la fuerza de frenado por la desalineación de la barra tensora que transmite la fuerza de peso patrón a la celda de carga (figura N° 5).

La diferencia de fuerza generada por la carga cuando se desvía la barra de la vertical es:

$$\Delta F_f = F_f - F_f \cdot \cos \beta = F_f (1 - \cos \beta) \quad (23)$$

Como la vertical esta nivelada con el nivel de burbuja este transmite su incertidumbre al ángulo β . La incertidumbre del nivel está dada por $\text{tg} \beta = \frac{b}{a}$ luego

$$\beta = \text{arctag} \frac{b}{a} \quad (24)$$

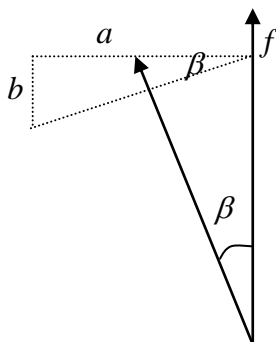


Figura 5. Desvío de la barra vertical.

Fuente: elaboración propia.

Donde la relación $\frac{b}{a}$ está dada por la incertidumbre del nivel de burbuja. (EQ.011): cuya

$$u = 0,3 \frac{mm}{m} = 0,0003 \frac{m}{m} \quad \text{luego } \beta = \arctan \frac{b}{a} = 6,899 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

El ángulo que puede adoptar la desalineación de la barra es de 2β , y tiene una distribución rectangular.

$$u_{\text{desalineación}} = \frac{F_f (1 - \cos \beta)}{\sqrt{3}} \quad (25) \quad \text{donde} \quad F_f = m \cdot g \cdot \frac{l_{Fn}}{l_t} \cdot \frac{L}{R} \quad (26)$$

$$F_f = m \cdot g \cdot \frac{l_{Fn}}{l_t} \cdot \frac{L}{R} = 40 \text{ kg} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{s^2} \cdot \frac{1132,38 \text{ mm} \cdot 397,5 \text{ mm}}{132,5 \text{ mm} \cdot 73,7 \text{ mm}} = 18068,9 \text{ N}$$

$$u_{\text{desalineación}} = \frac{F_f (1 - \cos \beta)}{\sqrt{3}} = \frac{18068,9 \text{ N} \cdot (1 - \cos(6,899 \times 10^{-3} \text{ rad}))}{\sqrt{3}} = 0,2476 \text{ N}$$

$$\{\text{contribución de } x_8\} = [c_8 u(x_8)]^2 = u_{\text{desalineación}}^2 = 0,2476 \text{ N}^2 = 0,06131 \text{ N}^2$$

2.13 Contribución correspondiente a la Correlación entre las longitudes de las palancas de la barra acotada

Está dada por la expresión:

$$\frac{\partial(F_f)}{\partial(l_{Fn})} \cdot \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_t)} \cdot u(l_{Fn}) \cdot u(l_t) \quad (27)$$

$$c_1 = c(l_{Fn}) = \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_{Fn})} = m \cdot g \cdot \frac{L}{R \cdot l_t} = 40 \text{ kg} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{s^2} \cdot \frac{397,5 \text{ mm}}{132,5 \text{ mm} \cdot 73,7 \text{ mm}} = 15,9566 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$c_2 = c(l_t) = \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_t)} = -m \cdot g \cdot \frac{L \cdot l_{Fn}}{R \cdot l_t^2} = -40 \text{ kg} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{s^2} \cdot \frac{397,5 \text{ mm} \cdot 1132,38 \text{ mm}}{132,5 \text{ mm} \cdot (73,7 \text{ mm})^2} = -245,17 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$u(x_1) = u(l_{Fn}) = \frac{U}{k} = 0,05mm$$

$$u(x_2) = u(l_t) = \frac{U}{k} = 0,005mm$$

$$\frac{\partial(F_f)}{\partial(l_{Fn})} \cdot \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_t)} \cdot u(l_{Fn}) \cdot u(l_t) = 2 \cdot 15,9566 \frac{N}{mm} \cdot (-245,17 \frac{N}{mm}) \cdot 0,05mm \cdot 0,005mm$$

$$\frac{\partial(F_f)}{\partial(l_{Fn})} \cdot \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_t)} \cdot u(l_{Fn}) \cdot u(l_t) = -1,9560N^2$$

$$\{contribución.por.correlaciónentre.la.l_{Fn}.y.l_t\} = -1,9560N^2$$

3. Resultados y Discusión

En el cálculo de la incertidumbre combinada para el modelo de variables de entrada en la medición de la fuerza de frenado en el frenómetro y recordando la ecuación del modelo de medición de la fuerza de frenado se tiene:

$$F_f = \frac{l_{Fn}}{l_t} \cdot m \cdot g \cdot \frac{L}{R} + \delta F_{reso.Lo.repet} + \delta F_{desalin.} + \delta F_{paral} \quad (1)$$

Como el equipo es digital no hay error de paralaje $\delta F_{paral} = 0N$

La incertidumbre para este modelo expresado como varianza de la variable aleatoria fuerza de frenado, a partir de la ley de propagación de la incertidumbre sería:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{K=i+1}^N c_i \cdot c_K \cdot u(x_i, x_K) \quad (2)$$

Luego para la ecuación (1) se tiene:

$$u^2(F_f) = [c(l_{Fn}) \cdot u(l_{Fn})]^2 + [c(l_t) \cdot u(l_t)]^2 + [c(m) \cdot u(m)]^2 + [c(g) \cdot u(g)]^2 + [c(L) \cdot u(L)]^2 + [c(R) \cdot u(R)]^2 + u_{repetibilidad}^2 + u_{desalineación}^2 + 2 \cdot \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_{Fn})} \cdot \frac{\partial(F_f)}{\partial(l_t)} \cdot u(l_{Fn}) \cdot u(l_t) \quad (28)$$

El valor de cada sumando de $u^2(F_f)$ se obtiene de las secciones 2.3 al 2.13 y se reemplaza en la ecuación(28).

$$u^2(F_f) = 0,6364N^2 + 1,5028N^2 + 0,3449N^2 + 0,8153N^2 + 242,3879N^2 + 14059,56N^2 + 44,4448N^2 + 0,06131N^2 + (-1,9560N^2)$$

$$u^2(F_f) = 14347,7974N^2$$

$$u(F_f) = 118,7823N$$

Luego la incertidumbre de la medición de la fuerza de frenado utilizando una cifra significativa es:

$$u(F_f) = 0,1kN$$

Y para un $k = 2$ tenemos una incertidumbre expandida de $U(F_f) = 0,2kN$

Siendo el promedio de las tres mediciones de 17,75 kN $F_f(\text{medida}) = 17,75\text{kN}$

Con una fuerza de contraste o referencia de:

$$F_f = m \cdot g \cdot \frac{l_{Fn}}{l_t} \cdot \frac{L}{R} = 40\text{kg} \cdot \frac{9,8\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1132,38\text{mm} \cdot 397,5\text{mm}}{132,5\text{mm} \cdot 73,7\text{mm}} = 18068,9\text{N}$$

$$F_f(\text{aplicada}) = 18,07\text{kN}$$

4. Conclusiones y recomendaciones.

La mayor contribución a la incertidumbre correspondió a las componentes del frenómetro R (radio del rodillo), L (Brazo de palanca de la fuerza tracción y del motorreductor), junto con la resolución y repetibilidad del frenómetro, las demás variables consideradas en el modelo no aportaron valores significativos a la varianza combinada, ver Tabla 1.

Se observó, que la contribución por correlación entre los brazos de palanca de la barra que produce la fuerza sobre la celda de carga es negativa, por los términos de la derivada matemática de la fuerza de Fricción con respecto al radio del rodillo, pero su influencia en el resultado de la incertidumbre combinada final es irrelevante.

La discusión sobre la rugosidad del rodillo quedó sellada ya que esta variable influyó, en la medición de la incertidumbre combinada del radio del rodillo, ver Tabla 3. A su vez el radio incidió en la medición de la incertidumbre de la fuerza de frenado, pero no fue un valor lo suficientemente elevado como para cambiar el alcance del nivel de exactitud y precisión que tiene el laboratorio Calibra I en la calibración de Frenómetros.

5. Referencias.

-
- [1] ORGANISMO ARGENTINO DE ACREDITACIÓN OAA (Junio de 2013). Expresión de la Incertidumbre de medidas en las calibraciones/ensayos, Buenos Aires, Argentina, v.1, p.4.
 - [2] ORGANISMO ARGENTINO DE ACREDITACIÓN OAA (Junio de 2013). *Expresión de la Incertidumbre de medidas en las calibraciones/ensayos*, Argentina, v.1, p.16.
 - [3] ORGANISMO ARGENTINO DE ACREDITACIÓN OAA (Junio de 2013). *Expresión de la Incertidumbre de medidas en las calibraciones/ensayos*, Argentina, v.1, p.16.
 - [4] CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA CENAM (Abril de 2008). *Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en Metrología Dimensional*, México, v.1, p.12.
 - [5] CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA CENAM (Abril de 2008). *Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en Metrología Dimensional*, Repetibilidad y resolución.3.4.8. México.p.13.
 - [6] ORGANISMO ARGENTINO DE ACREDITACIÓN OAA (2012). *Expresión de la Incertidumbre de medidas en las calibraciones/ensayos*.DC-LE-03.Argentina, Ec.6.13, p.10.
 - [7] CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA CENAM (Abril de 2008). *Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en Metrología Dimensional*, México. p.10, nota 9.

[8] CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGIA CEM.(1998). METROLOGIA *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. Punto F2.2.1 Resolución de una indicación digital, Guía de Expresión de la incertidumbre.España.* p.58.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ELÉCTRICO DE CADENAS DE AISLADORES EN LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EN 33 KV

Alberto Horacio Paesani, Facultad de Ingeniería - UNLPam, paesani@ing.unlpam.edu.ar

Daniel Alberto Mandrile, Facultad de Ingeniería - UNLPam, mandrile@ing.unlpam.edu.ar

Néstor Daniel García, Facultad de Ingeniería - UNLPam, ndgarcia66@gmail.com

Resumen:

Este trabajo pretende difundir los resultados de un proyecto de desarrollo realizado en la Facultad de Ingeniería de la UNLPam, que consistió en el estudio del comportamiento eléctrico de cadenas de aisladores poliméricos de compuesto EPDM de una línea de media tensión de 33 kV existente, cuya operación y mantenimiento está a cargo de la Administración Provincial de Energía (A.P.E.). El mismo se realizó en el marco de un acuerdo específico de colaboración entre ambas instituciones. La línea une las localidades de General Pico con Ojeda y posee una antigüedad mayor a 17 años. Las cadenas de aisladores han estado expuestas a diversas inclemencias del tiempo, lo que permitió realizar los ensayos previstos en materiales sometidos a un envejecimiento real.

El análisis citado consistió en seleccionar determinada cantidad de aisladores a lo largo de la línea, retirarlos, para posteriormente realizarles ensayos de hidrofobicidad, de corriente de fuga en seco y bajo lluvia y por último una inspección visual detallada.

Con los resultados obtenidos y los datos existentes, se obtuvieron conclusiones técnicas acerca del desempeño de este tipo de aisladores en la línea de 33 kV, realizando recomendaciones a la APE, motivando un nuevo estudio de mayor amplitud en la temática.

Palabras clave:

Aislamiento, redes eléctricas, ensayos eléctricos.

1. Introducción y antecedentes

Con el advenimiento de las nuevas tecnologías y materiales de última generación, comienza a utilizarse en los sistemas eléctricos de potencia las cadenas de aisladores orgánicos (antivandálicos) como una necesidad en zonas pobladas, donde el vandalismo ocasionaba problemas de interrupción del servicio eléctrico por destrucción de aisladores de porcelana y vidrio templado.

Si bien en sus comienzos sus costos eran elevados, dado que era material de importación, la fabricación nacional hizo que se equipararan éstos a los aisladores tradicionales. Sumado a ello la facilidad en el recambio, por su menor densidad, hizo que la Administración Provincial de Energía de La Pampa (A.P.E.) decidiera utilizarlos en líneas que se construían nuevas y en reemplazo de las ya existentes a medida que estas se iban averiando. Se han utilizado a través del tiempo cadenas de distintas marcas (proveedores) con distintos resultados.

Se tomó en este caso como modelo de análisis la línea en media tensión (33 kV) que une las localidades de General Pico y Ojeda, dado que la misma fue construida en su totalidad con este tipo de aislamiento y se conoce el comportamiento que ha tenido desde su puesta en servicio, en el mes de noviembre de 1994. Tiene una extensión de 47 km, con 307 piquetes, conductor de aluminio con alma de acero con una sección de 95/15 mm², y está emplazada sobre una zona de baja contaminación ambiental.

Esta línea fue la primera que se construyó con este tipo de tecnología en la provincia y la inquietud del estudio surge por sugerencia del personal de la A.P.E. de analizar el comportamiento eléctrico de las cadenas de aisladores ya que se ha observado, por inspección ocular, cierto deterioro superficial en las mismas, sumado a ello las fallas puntuales en dos cadenas que debieron ser reemplazadas. Una de estas cadenas también fue evaluada.

Por otra parte se realizaron ensayos a un aislador nuevo, de similares características, con el fin de comparar los resultados y comprobar el deterioro por el paso del tiempo.

Por lo tanto, el motivo principal de este estudio fue realizar un aporte técnico que pueda brindar a la A.P.E. un pormenorizado conocimiento sobre el comportamiento que han mostrado estas cadenas de aisladores en líneas de aislación suspendida. En virtud de ello los principales objetivos del trabajo fueron:

- Estudiar el comportamiento eléctrico de cadenas orgánicas de aislación utilizadas en líneas de subtransmisión de energía.
- Brindar los detalles de los informes de laboratorio.
- Brindar los estudios realizados y el análisis de los mismos.
- Capacitar a un estudiante avanzado de la carrera de Ingeniería Electromecánica para que se integre al grupo de trabajo.
- Satisfacer una necesidad presente en un organismo del estado y así fortalecer las relaciones de la facultad con el medio.

Para la realización del estudio se utilizaron las normas correspondientes relacionadas con los ensayos, información de otros centros de investigación y desarrollo, empresas privadas que hayan estudiado el problema, manuales e información de los fabricantes. Existen algunos estudios realizados en el país pero a nivel experiencia de laboratorio y son muy pocos los que han trabajado con elementos sometidos al envejecimiento natural, por ser ésta una tecnología de poca antigüedad.

1.1. Características de las cadenas de aisladores:

En nuestro caso se trata de un aislador de suspensión y retención a rótula cuyo núcleo es una varilla poltruída de fibra de vidrio clase “e” y resinas.; el revestimiento exterior es inyectado en una sola pieza de compuesto elastomérico (EPDM + Silicona). Posee cinco (5) aletas de diámetros iguales (Tipo L) y los herrajes terminales está fabricados en fundición de hierro nodular y galvanizados por inmersión en caliente. La tensión de servicio es de 25 kV.

Los aisladores son marca AVATOR y el modelo es RI5s (R: Rótula; I: Aletas iguales; 5: Número de aletas; s: Silicona).

1.2. Características de la línea:

Tensión de trabajo: 33 kV

Sección del conductor: 95/15 mm² Al/Ac

Disposición de los conductores de energía: Triangular (sobre ménsula y cruceta)

Conductor de protección: Acero galvanizado encima del poste

Longitud total: 47.142,55 m

Cantidad de piquetes: 307

Vano promedio: 170 m

Flecha máxima: 2,87 m

Altura del conductor: 9,40 m

Distancia mínima al suelo: 6,50 m

Tipo y cantidad de piquetes:

- Estructura Sostén: 266 (con simple cadena de aisladores)
- Estructura Terminal: 7 (con doble cadena de aisladores)
- Estructura Terminal + S.E.T.: 1 (con doble cadena de aisladores) – Piquete 205
- Estructura Retención Doble: 7 (con doble cadena de aisladores a ambos lados)
- Estructura Retención Angular: 22 (con doble cadena de aisladores a ambos lados)
- Estructura Sostén Angular: 1 (con doble cadena de aisladores) – Piquete 102
- Estructura Sostén: 3 (con doble cadena de aisladores)

En resumen hay 266 estructuras con cadena simple de aisladores (3 aisladores por poste), 12 con cadena doble (6 aisladores por poste) y 29 con cadena doble a ambos lados (12 aisladores por poste), lo que representa un total de 1.218 aisladores de E.P.D.M.

La línea parte de sala de celdas del edificio de la Estación Transformadora 132/33/13,2 kV de la A.P.E., ubicada en calle 21 y 38 de la ciudad de General Pico, La Pampa, con conductores subterráneos unipolares de aluminio de 95 mm² de sección y una tensión nominal de 33 kV. La línea fue energizada en el mes de noviembre de 1994.

Desde aquel momento y hasta la actualidad sólo hubo que reemplazar dos cadenas de aisladores, ambos debido a que fueron alcanzados por descargas de origen atmosférico. El primero de ellos ocurrió en el piquete N° 165 el día 14/03/2001 y el último en el piquete N° 257 el día 19/02/2009.

2. Metodología.

2.1. Tamaño de la muestra:

La decisión de la cantidad de cadenas de aisladores a extraer (tamaño de la muestra) se tomó en función de tratar de minimizar el impacto negativo que provoca la interrupción del servicio eléctrico a las localidades afectadas.

De esta manera se extrajeron las siguientes muestras:

- Muestra N° 1: Las tres cadenas de aisladores de la estructura N° 002 (progresiva: 86,40 m), próximo a la esquina de calles 17 y 42, correspondiente a la zona urbana de Gral. Pico.
- Muestra N° 2: Las tres cadenas de aisladores de la estructura N° 110 (progresiva: 16.150 m) en zona suburbana de la localidad de Speluzzi.
- Muestra N° 3: Las tres cadenas de aisladores de la estructura N° 236 (progresiva: 35.349 m) en zona rural entre las localidades de Vértiz y Ojeda.

Las muestras obtenidas se almacenaron en bolsas de polietileno, las cuales fueron cerradas convenientemente e identificadas por el número de piquete y fase a la cual correspondían.

No se utilizaron métodos estadísticos para determinar el tamaño de la muestra, ya que el número de ejemplares para que la misma fuera representativa iba en contra de las posibilidades técnicas y económicas de obtenerlas. Recordemos que la muestra fue de nueve (9) cadenas de aisladores sobre un total de un mil doscientos dieciocho (1.218).

3. Ensayos.

3.1. Ensayo de hidrofobicidad:

En líneas generales el ensayo se realizó de la siguiente manera:

1°- Se tomaron las muestras tal como se retiraron de la línea.

2°- Se rociaron las muestras con agua pulverizada.

3°- Se determinó el grado de hidrofobicidad en función de comparación con los estándares planteados por la norma STRI Guide 92/1, clasificando a los mismos.

Este procedimiento se llevó a cabo en las nueve cadenas de aisladores extraídos de la línea en servicio y a un aislador nuevo que posee las mismas características que los anteriores.

3.1.1. Técnica utilizada:

El ensayo se realizó siguiendo la guía de clasificación de hidrofobicidad de STRI AB (Guide 1, 92/1 Hydrofobicity Classification Guide). STRI AB es una empresa en el campo de la transmisión y distribución de energía eléctrica. STRI es propiedad conjunta de ABB, Svenska Kraftnät (la red eléctrica nacional sueca), Vattenfall AB y Statnett SF (la red eléctrica nacional noruega).

La hidrofobicidad en un aislador es la capacidad del mismo para repeler el agua. La misma varía con el tiempo, pudiendo cambiar debido a la exposición al entorno exterior y a las descargas parciales (efecto corona).

Hay definidas siete clases de hidrofobicidad (HC 1-7). HC 1 corresponde a una superficie totalmente hidrofóbica (repele el agua) y HC 7 a una superficie totalmente hidrófila (absorbe fácilmente el agua).

Estas clases proporcionan una indicación del estado de humedad y son útiles para comprobar rápidamente los aisladores en el emplazamiento.

Equipo de pruebas:

Para la realización de las pruebas se utilizó un pulverizador para vaporizar el agua, al cual se lo llenó con agua corriente exenta de productos químicos. También se utilizaron, como equipos auxiliares, una lupa, una fuente lumínica específica y una cámara fotográfica.

Procedimiento de la prueba:

La técnica utilizada fue la de pulverizar la superficie 1 ó 2 veces por segundo desde una distancia de aproximadamente 25 cm durante un tiempo de 30 segundos. La estimación de la clase de hidrofobicidad se realizó 10 segundos después de haber concluido la pulverización, de acuerdo a lo establecido por la guía (Guide 1, 92/1).

En nuestro caso se pulverizó la totalidad del aislador, teniendo en cuenta que la guía establece que el área de la prueba debe cubrir de 50 a 100 cm².

Clasificación de la hidrofobicidad:

La capacidad real de absorción de agua del aislador debe identificarse con una de las siete clases de hidrofobicidad (HC), que se identifican con los valores 1 a 7. Los criterios de las distintas clases se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1: Clases de Hidrofobicidad (HC).

HC	Descripción
1	Sólo se forman pequeñas gotas. $\theta_r \geq 80^\circ$ en la mayoría de las gotas.
2	Sólo se forman pequeñas gotas. $50^\circ < \theta_r < 80^\circ$ en la mayoría de las gotas.
3	Sólo se forman pequeñas gotas. $20^\circ < \theta_r < 50^\circ$ en la mayoría de las gotas. Generalmente ya no son redondas.
4	Se observan tanto gotas pequeñas como la estela dejada por el recorrido de las mismas ($\theta_r = 0^\circ$). Aparecen áreas totalmente mojadas $< 2 \text{ cm}^2$. El conjunto cubre $< 90\%$ del área sometida a la prueba.
5	Se observan algunas zonas totalmente mojadas $> 2 \text{ cm}^2$ que cubren $< 90\%$ del área sometida a la prueba.
6	Se observan áreas mojadas que cubren $> 90\%$. Aparecen pequeñas zonas mojadas en forma de motas/estelas.
7	Película de agua continua en toda el área sometida a la prueba.

Fuente: Norma STRI Guide 92/1.

Donde θ_r es el ángulo de contacto entre las gotas de agua y la superficie. El ángulo de contacto se define en la siguiente figura:

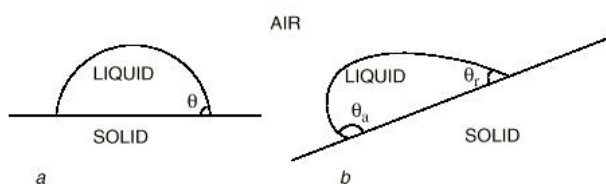


Figura 1: Ángulo de contacto para determinar clases de Hidrofobicidad.

Fuente: Norma STRI Guide 92/1.

Donde:

a = Plano horizontal

b = Plano inclinado

θ_a = ángulo de avance

θ_r = ángulo de retroceso

Existen dos ángulos de contacto, el ángulo de contacto de avance (θ_a) y el ángulo de contacto de retroceso (θ_r). Las gotas muestran estos ángulos sobre superficies inclinadas. Cuando se deben evaluar las propiedades de absorción de agua de un aislador, el ángulo de retroceso es el que se debe tener en cuenta. El ángulo de inclinación de la superficie afecta al ángulo θ_r . A continuación se muestran fotos extraídas de la Guide 1, 92/1 donde se aprecian las superficies típicas para determinar el grado de hidrofobicidad (de acuerdo a las distintas propiedades de absorción de humedad):

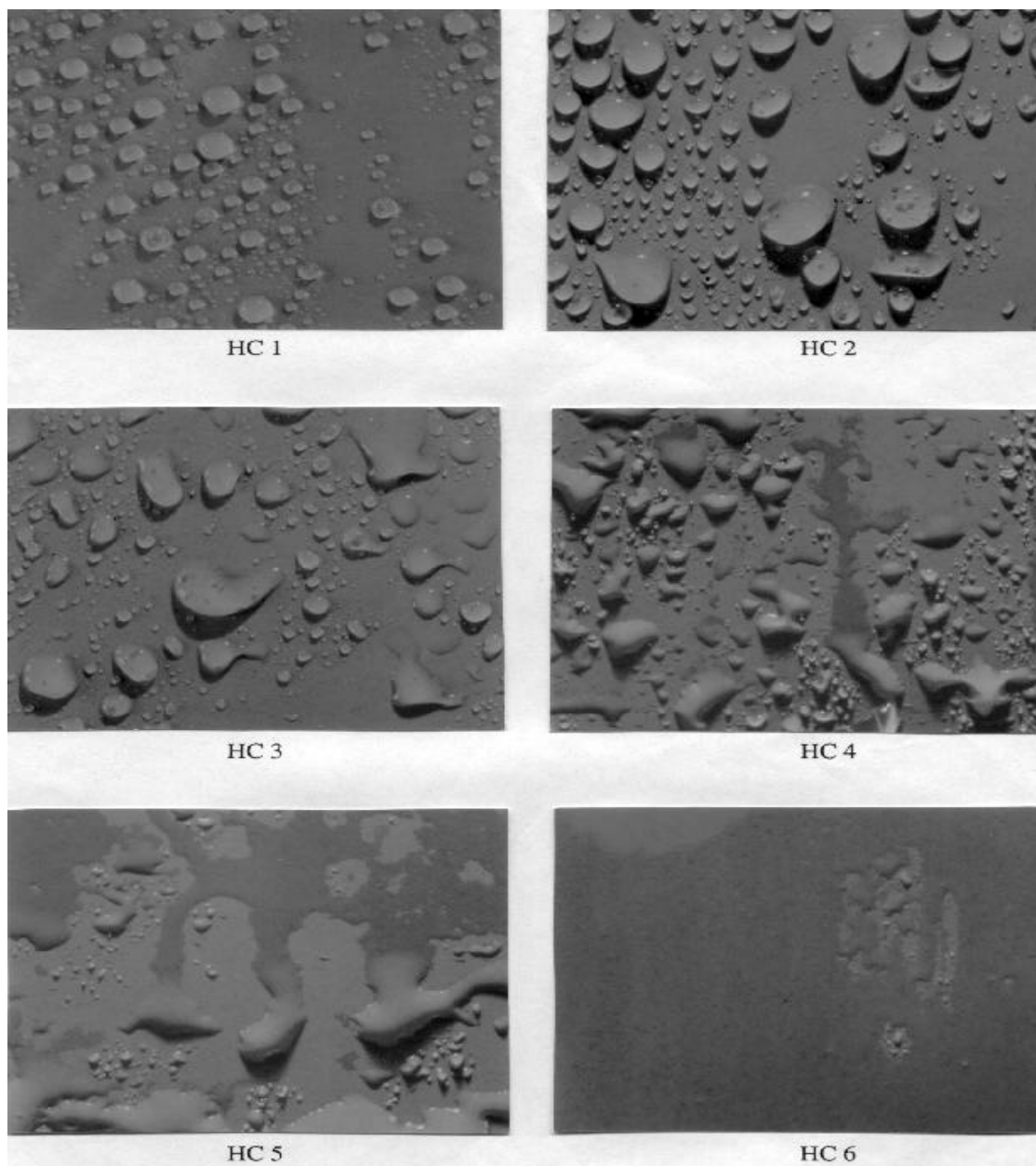


Figura 2: Superficies típicas para determinar el grado de hidrofobicidad.
Fuente: Norma STRI Guide 92/1.

3.1.2. Resultados de la prueba:

Tabla 2: Clases de hidrofobicidad – Aislador nuevo.

Aleta N°	Posición		
	T	C	B
1	HC 3	HC 2	HC 2
2	HC 3	HC 2	HC 2
3	HC 3	HC 2	HC 2
4	HC 3	HC 2	HC 2
5	HC 3	HC 2	HC 2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Clases de hidrofobicidad – Aisladores Piquete N° 002.

Aleta N°	Posición			Posición			Posición		
	T	C	B	T	C	B	T	C	B
1	HC 5	HC 4	HC 5	HC 6	HC 6	HC 5	HC 5	HC 5	HC 5
2	HC 5	HC 4	HC 5	HC 6	HC 6	HC 5	HC 5	HC 5	HC 5
3	HC 5	HC 4	HC 5	HC 6	HC 6	HC 5	HC 5	HC 5	HC 5
4	HC 5	HC 4	HC 5	HC 6	HC 6	HC 5	HC 5	HC 5	HC 5
5	HC 5	HC 4	HC 5	HC 6	HC 6	HC 5	HC 5	HC 5	HC 5
	Fase 1			Fase 2			Fase 3		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Clases de hidrofobicidad – Aisladores Piquete N° 110.

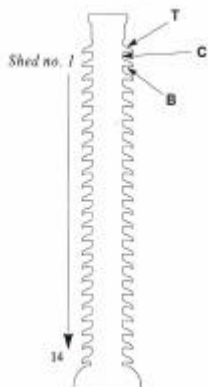
Aleta N°	Posición			Posición			Posición		
	T	C	B	T	C	B	T	C	B
1	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3
2	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3
3	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3
4	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3
5	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3	HC 4	HC 2	HC 3
	Fase 1			Fase 2			Fase 3		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Clases de hidrofobicidad – Aisladores Piquete N° 236.

Aleta N°	Posición			Posición			Posición		
	T	C	B	T	C	B	T	C	B
1	HC 4	HC 3	HC 4	HC 4	HC 3	HC 5	HC 4	HC 3	HC 5
2	HC 4	HC 3	HC 4	HC 4	HC 3	HC 5	HC 4	HC 3	HC 5
3	HC 4	HC 3	HC 4	HC 4	HC 3	HC 5	HC 4	HC 3	HC 5
4	HC 4	HC 3	HC 4	HC 4	HC 3	HC 5	HC 4	HC 3	HC 5
5	HC 4	HC 3	HC 4	HC 4	HC 3	HC 5	HC 4	HC 3	HC 5
	Fase 1			Fase 2			Fase 3		

Fuente: Elaboración propia.



Referencias:

T: Parte superior de la aleta.

B: Parte inferior de la aleta.

C: Núcleo de la aleta (porción vertical entre aletas).

Figura 3: Superficies donde se tomaron las muestras.

Fuente: Norma STRI Guide 92/1.

3.1.3. Conclusiones:

El piquete N° 002, ubicado en plena zona urbana de Gral. Pico, tiene en las tres cadenas de aisladores (fases 1, 2 y 3) una superficie entre hidrófila y moderadamente hidrófila (Grados HC 4, HC 5 y HC 6) ya sea en la parte superior e inferior de las aletas y en el núcleo. Estos valores son compatibles con el envejecimiento climático (meteorización) de las cadenas de aisladores.

El piquete N° 110, ubicado en zona suburbana de la localidad de Speluzzi, tiene en las tres cadenas de aisladores (fases 1, 2 y 3) una superficie con características intermedias entre hidrofóbica e hidrófila en la parte superior de la aleta (Grado HC 4), tendiendo a ser hidrofóbica en la parte inferior de la aleta (Grado HC 3) y en el núcleo (Grado HC 2).

El piquete N° 236, ubicado en zona rural entre las localidades de Vértiz y Ojeda, tiene en los tres aisladores (fases 1, 2 y 3) una superficie con características similares al piquete anterior (Piquete N° 110) pero tendiendo hacia una superficie más hidrófila, con Grado HC 4 en la parte superior de las aletas, Grado HC 3 en el núcleo y Grados HC4 y HC5 en la parte inferior de las aletas.

Si tomamos como referencia la cadena de aisladores nueva, su grado de hidrofobicidad es HC 2 en la parte inferior de las aletas y en el núcleo y HC 3 en la parte superior de las aletas, valores sensiblemente más bajos que los aisladores en uso.



Figura 4: Aislador piquete N° 236 – Fase 3 (Grado HC 4).
Fuente: Elaboración propia.

3.2. Ensayo de corriente de fuga:

El ensayo se realizó siguiendo lo establecido por Norma IRAM 2280-1.

El proceso se llevó a cabo en el Instituto de Protecciones de Sistemas Eléctricos de Potencia (I.P.S.E.P.) perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (U.N.R.C.). El encargado de la prueba fue el Ing. Germán Ramiro Zamanillo, responsable de la Función Técnica del Laboratorio de Ensayos y Certificaciones (L.E.C.) y docente de la Facultad de Ingeniería de la U.N.R.C. También se encontraban presentes el Ing. Néstor García, el Ing. Daniel Mandrile y el estudiante Emanuel Mansilla.

Se realizaron ensayos de tensión aplicada para medir corrientes de fuga, aplicando tensión en forma ascendente desde 0 kV en escalones de 5 kV. Para ello se utilizó equipamiento propiedad del I.P.S.E.P. Se realizaron ensayos en las siguientes condiciones:

1°- Ensayo del aislador en seco: Se le aplicó tensión a las cadenas de aisladores en las condiciones que se retiraron de la línea.

2°- Ensayo del aislador bajo lluvia: Se le aplicó tensión a las cadenas de aisladores bajo lluvia siguiendo lo establecido en las normas correspondientes.

3.2.1. Técnica utilizada:

Equipo de pruebas:

Para la realización de las pruebas se utilizó un dispositivo preparado por el personal del I.P.S.E.P. El mismo consistió de un pórtico donde pendía un aislador para separar las partes con tensión y donde se colocaron las cadenas de aisladores a ensayar. En el piso se preparó un recipiente (pileta de lona) para contener el agua utilizada en los ensayos bajo lluvia. Del mismo pórtico se colgó una manguera colocada en forma de círculo, perforada en sus laterales internos de manera de simular el efecto de la lluvia. La misma estaba alimentada desde una bomba que proveía fluido (agua corriente) al sistema, regulando su presión por medio de una válvula de mariposa. En los casos en que se utilizó agua destilada, el dispositivo fue reemplazado por un pulverizador de agua, al cual se le podía graduar el flujo a través de un pico regulable. El pulverizador estaba montado sobre una pértiga de manera de proveer de un elemento separador con aquellas partes que podían estar bajo tensión.

El instrumental utilizado fue el siguiente:

- Un transformador generador de tensión alterna regulable entre 0 a 150 kV, de corriente permanente 100 mA en 150 kV.
- Un transformador de medida de 33/0,110 kV (K= 300) 30 V.A, clase 0,2.
- Dos (2) Multímetros Fluke. Modelo 87 V. Verdadero RMS, con medida de temperatura. Escala automática de tensión alterna, uno de ellos conectado al TV de 33/0,110 kV, el otro al transformador generador.
- Dos (2) Pinzas amperométricas Digitales. Marca Kyoritsu.KEW, Modelo 2413F para pruebas de corriente de fuga. AC, 200 mA, 2 A 20 A, 200 A, 1000 A. Una de las pinzas se la utilizó para medir la corriente de fuga del aislador y la otra para la entregada por el transformador de alimentación.

Procedimiento de la prueba:

La técnica utilizada fue la de montar cada uno de las cadenas de aisladores en el dispositivo diseñado a tal fin realizando en primer lugar el ensayo en seco, elevando la tensión desde 0 kV en escalones de 5 kV hasta los 35 kV. Seguidamente se rociaba los mismos con agua corriente o agua destilada (según los casos) durante un minuto y luego se elevaba la tensión de la misma manera que para el ensayo en seco. En todos los casos, y en cada escalón, se dejaba aplicada la tensión durante 20 segundos a los efectos de evitar oscilaciones en los valores de corriente de fuga y para el último escalón se la aplicaba durante 60 segundos.

En los casos en que los valores de intensidad de corriente variaban durante el ensayo (oscilaciones entre un máximo y un mínimo muy disímiles) se continuaba aplicando tensión hasta alcanzar un nivel donde se manifestara que la descarga a tierra fuera importante, ya sea por contorno de la aislación o por perforación de la misma.

Debido a que se utilizó agua corriente y agua destilada, se realizaron ensayos para determinar su resistividad. Para ello se utilizó un conductímetro propiedad INTI La Pampa y los valores determinados fueron los siguientes:

Resistividad del agua corriente: 29 Ω .m Resistividad del agua destilada: 10.000 Ω .m

3.2.2. Informe de la prueba:

A continuación se detallan los valores obtenidos en los ensayos:

Tabla 6: Intensidades de corrientes de fuga (Aisladores nuevo y Piquete N° 002 – Fase 1).

Seco		Bajo lluvia (#)		Seco		Bajo lluvia (#)	
U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)
5,17	0,0010	5,04	0,0010	4,90	0,0015	4,80	0,0020
9,99	0,0025	10,02	0,0030	10,22	0,0030	10,20	0,0100
14,97	0,0040	15,53	0,0070	15,13	0,0060	15,57	0,0600
20,34	0,0075	20,07	0,0120	20,04	0,0090	19,71	0,0860
25,35	0,0100	24,93	0,0180	24,87	0,0120	25,05	(*)
30,39	0,0140	30,51	0,0420	30,00	0,0160		
34,62	0,0170	34,95	0,0950	35,46	0,0200		
Aislador nuevo				Aislador Piquete N° 002 – Fase 1			
(#) Ensayo realizado con agua corriente.				(#) Ensayo realizado con agua corriente. (*) El aislador muestra una fuga importante a tierra y se manifiesta visualmente con un arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Intensidades de corrientes de fuga (Aisladores Piquete N° 002 – Fases 2 y 3).

Seco		Bajo lluvia (#)		Seco		Bajo lluvia (#)	
U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)
4,99	0,0015	5,23	0,0030	5,25	0,0020	5,28	0,0020
10,16	0,0040	10,13	0,0305	10,04	0,0040	10,11	0,0050
15,08	0,0060	15,05	0,0590	15,00	0,0060	15,05	0,0570
19,86	0,0090	19,83	0,12/0,35	20,00	0,0090	20,40	0,189 (*)
24,90	0,0130	25,14	0,45/0,60	24,93	0,0120		
30,00	0,0165	30,24	0,71/1,40	30,39	0,0160		
34,83	0,0215		(*)	35,28	0,0200		
Aislador Piquete N° 002 – Fase 2				Aislador Piquete N° 002 – Fase 3			
(#) Ensayo realizado con agua destilada. (*) El aislador comienza a tener problemas en 20 kV, donde la corriente de fuga se torna inestable y aparece un pequeño arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.				(#) Ensayo realizado con agua corriente. (*) El aislador comienza a tener problemas en 20 kV. Se forma un arco eléctrico en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Intensidades de corrientes de fuga (Aisladores Piquete N° 110 – Fases 1 y 2).

Seco		Bajo lluvia (#)		Seco		Bajo lluvia (#)	
U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)
4,95	0,0030	5,01	0,0050	5,01	0,0030	5,25	0,0050
10,15	0,0050	10,15	0,0400	10,17	0,0060	10,29	0,0410
15,03	0,0085	15,03	0,42/0,58	15,10	0,0100	15,63	0,15/0,44
20,99	0,0130		(*)	19,62	0,0135		(*)
24,93	0,0170			24,90	0,0180		
29,97	0,0220			30,54	0,0230		
34,71	0,0260			35,31	0,0290		
Aislador Piquete N° 110 – Fase 1				Aislador Piquete N° 110 – Fase 2			
(#) Ensayo realizado con agua corriente (*) El aislador comienza a tener problemas en 15 kV, donde la corriente de fuga se torna inestable y aparece un arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.				(#) Ensayo realizado con agua corriente. (*) El aislador comienza a tener problemas en 15 kV, donde la corriente de fuga se torna inestable y aparece un arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Intensidades de corrientes de fuga (Aisladores Piquete N°110 – Fase 1 y Piquete N° 236 – Fase 2).

Seco		Bajo lluvia (#)		Seco		Bajo lluvia (#)	
U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)
5,16	0,0030	5,32	0,0040	5,05	0,0010	5,11	0,0020
10,16	0,0050	10,3	0,0430	10,02	0,0030	9,91	0,0080
15,09	0,0090	15,18	0,13/0,24	15,08	0,0050	15,62	0,0220
19,83	0,0120	19,05	(*)	20,28	0,0090	19,83	0,0900
25,05	0,0170			25,05	0,0115	24,99	0,440 (*)
30,06	0,0220			30,27	0,0160		
34,92	0,0260			35,16	0,0200		
Aislador Piquete N° 110 – Fase 3				Aislador Piquete N° 236 – Fase 1			
(#) Ensayo realizado con agua corriente (*) El aislador comienza a tener problemas en 15 kV, donde la corriente de fuga se torna inestable. En 19,05 kV aparece un arco eléctrico en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.				(#) Ensayo realizado con agua corriente. (*) El aislador comienza a tener problemas en 25 kV, donde aparece un arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Intensidades de corrientes de fuga (Aisladores Piquete N° 236 – Fase 2 y Piquete N° 002 – Fase 2).

Seco		Bajo lluvia (#)		Seco		Bajo lluvia (#)	
U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)	U (kV)	I _{fuga} (mA)
5,04	0,0010	5,25	0,0030			4,91	0,0150
9,84	0,0030	10,10	0,0220			10,19	0,0370
15,54	0,0060	15,17	0,0490			15,51	0,18/0,84
20,19	0,0090	20,00	0,09/0,11			20,16	3,46 (*)
25,05	0,0130		(*)				
30,45	0,0160						
35,01	0,0200						
Aislador Piquete N° 236 – Fase 2				Aislador Piquete N° 002 – Fase 2			
(#) Ensayo realizado con agua corriente (*) El aislador comienza a tener problemas en 20 kV, donde la corriente de fuga se torna inestable y aparece un arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.				(#) Se repite el ensayo anterior pero ahora realizado sólo bajo lluvia y con agua corriente. (*) El aislador comienza a tener problemas en 15 kV, donde la corriente de fuga se torna inestable y aparece un arco en la parte inferior de la aleta más cercana al punto de aplicación de la tensión.			

Fuente: Elaboración propia.

Se deja sin ensayar la cadena identificada como 236/3 de tal forma de poder realizarle una inspección detallada de la superficie y su interior sin que haya sido afectada por el ensayo de tensión aplicada.

3.2.3. Conclusiones:

Las cadenas de aisladores respondieron muy bien a los ensayos en seco. Se alcanzaron en todos los casos tensiones aplicadas muy por encima de los valores máximos (Tensión compuesta máxima: $U_{\max} = 35$ kV, tensión simple máxima: $V_{\max} = 20,20$ kV) sin que se produzcan contorneos o perforaciones. Las intensidades de las corrientes de fuga en los ensayos realizados a 5 kV (mínima tensión utilizada) oscilaron entre los 0,0010 y 0,0030 mA, mientras que los realizados a 35 kV (máxima tensión utilizada) oscilaron entre los 0,0170 y 0,0290 mA con valores medios de 0,00180 mA y 0,0221 mA respectivamente.

Sin embargo cuando los ensayos se realizaron bajo lluvia las cadenas de aisladores, en todos los casos, presentaron problemas de aislamiento en valores que oscilaron entre los 15 kV y los 25 kV.

El problema consistió, en la mayoría de los casos, en la formación de un arco eléctrico en la parte inferior de la aleta donde se aplicaba la tensión. Este arco en ocasiones aparecía como una descarga y en otras ocasiones (las menos) se iniciaba un proceso de combustión con la formación de una pequeña llama.

En las cadenas identificadas como 110/1, 110/2 y 110/3 (todas del mismo piquete) el problema de la pérdida de aislamiento empezó a notarse en los 15 kV (ya sea por fuertes variaciones en los valores de corriente de fuga o porque directamente se observaba la formación del arco eléctrico), mientras que en las restantes este hecho comenzó a los 20 kV.

Para explicar este fenómeno de la formación del arco eléctrico en la parte inferior de las aletas nos debemos remitir al valor de resistividad medido del fluido utilizado (agua de red), que fue de 29 Ω .m. Este valor es significativamente inferior al especificado por la norma (100 Ω .m), lo que representa una disminución de la aislación en la superficie de la cadena, que se manifiesta principalmente en las aletas superiores más próximas al punto de conexión a tierra y donde tiene mayor incidencia el flujo de agua aplicado en el ensayo. A esto debemos

sumarle un excesivo caudal utilizado producto de la técnica aplicada. Todo ello produjo un efecto de acortamiento de la línea de fuga del aislador, provocado principalmente por hacerse más conductoras las aletas superiores, motivo por el cual el gradiente de potencial eléctrico que soportan las aletas inferiores es mayor que aquel para el cual están diseñadas, resultando el arco eléctrico observado.

En el ensayo realizado en la cadena identificada como 002/2 se utilizó agua destilada (con una resistividad de $10.000 \Omega.m$) y los problemas aparecieron a partir de los 20 kV (fuertes variaciones de la corriente de fuga) pero sin observarse formación de arco eléctrico.

La cadena de aisladores nueva, que se ensayó utilizando agua corriente, soportó la máxima tensión empleada (35 kV) sin que aparezcan problemas de aislamiento y conservando los valores de intensidad de corriente de fuga por debajo del valor de 0,1000 mA.



Figura 5: Ensayo bajo lluvia realizado en las instalaciones del I.P.S.E.P.
Fuente: Elaboración propia.

3.3. Inspección detallada de las cadenas de aisladores:

En una primera instancia se hizo una inspección general de la superficie de las cadenas de aisladores. Las nueve cadenas muestran en su superficie superior un “tizado” moderado. El tizado es un envejecimiento climático que se manifiesta como una superficie rugosa o pulverizada debido a depósitos blancuzcos (Definición de Norma IRAM 2355). Este fenómeno es menos perceptible en el núcleo y en la parte inferior de la aleta. También se observa que, en algunas de las cadenas, comienza a producirse un desprendimiento entre la varilla poltruída que conforma el núcleo y el revestimiento exterior de compuesto elastomérico (EPDM + Silicona) que constituyen las aletas.

En ningún caso aparece cuarteo (microfisuras superficiales de profundidades entre 0,01 mm y 0,1 mm) ni grietas (fractura superficial de profundidad mayor a 0,1 mm).

Posteriormente se cortó, por medio de un cúter, el revestimiento de la cadena de aisladores de manera que se pueda observar el estado del núcleo.

En la inspección detallada, posterior al corte, se observó que la falla de aislamiento que presentaban los aisladores en el ensayo de tensión aplicada se produjo externamente (manifestada en ocasiones como un arco eléctrico acompañado de un principio de combustión en la parte inferior de las aletas) motivada principalmente por la baja resistividad del agua y por el excesivo caudal de agua aplicado, provocando la disminución de la resistividad en la superficie de la cadena con un consecuente acortamiento de la línea de fuga del mismo (gradiente de potencial elevado en las aletas inferiores, próximas al punto de aplicación del potencial eléctrico).

También se observó que el núcleo, sector interno del aislador, no había sido afectado por el ensayo de tensión aplicada, permitiendo llegar a la conclusión antes mencionada. Además se comparó con otro aislador retirado de esa misma línea, sometido a una descarga atmosférica severa, en el cual el daño ocasionado había sido notablemente mayor, afectando el núcleo, campanas, etc.

Asimismo se observó que el revestimiento exterior de las cadenas (aletas y material que recubre el núcleo) se encuentran en muy buenas condiciones, con un alto grado de elasticidad en su estructura.

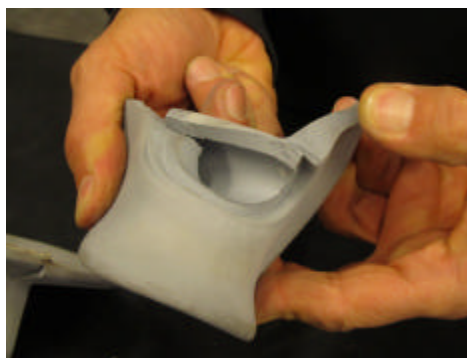


Figura 6: Aleta inferior, Piquete N° 100 – Fase 3.
Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones finales.

Por lo expresado en los puntos 3.1.3. (conclusiones del ensayo de hidrofobicidad), 3.2.3. (conclusiones del ensayo de tensión aplicada) y 3.3. (inspección detallada) podemos concluir que las cadenas de aisladores mantienen un aceptable nivel de conservación, observada en la inspección visual detallada de la cadena así como también cuando se le realizaron los cortes en la superficie. Tienen una muy buena elasticidad, puesta de manifiesto ante deformaciones aplicadas al revestimiento exterior (aletas y material que recubre al núcleo).

Si bien su nivel de hidrofobicidad bajó (la superficie se hizo más hidrofílica), las mediciones realizadas permiten concluir que se encuentran dentro de los parámetros esperados.

Las cadenas respondieron muy bien a los ensayos de corriente de fuga con el aislador en seco, apareciendo algunos problemas con el ensayo bajo lluvia, pero recordando que el mismo se realizó con un fluido (agua de red) con niveles de resistividad inferiores a los exigidos por la norma.

Por otra parte se observa que los aisladores poliméricos de compuesto EPDM no presentan caminos de fuga internos, sin embargo han sufrido algún tipo de degradación, por efecto del paso del tiempo, el sometimiento a los rayos UV y la polución en el ambiente urbano, manifestado en los ensayos realizados de hidrofobicidad y de corriente de fuga. Esto permite inferir que es necesario realizar mediciones periódicas, a muestras de los mismos, evaluando la evolución de los parámetros a los efectos de prevenir fallas en la línea.

5. Referencias

a) Normas:

- [1] STRI Guide 1, 92/1 (1992). Hydrophobicity Classification Guide.
- [2] IRAM 2234-1 (1997). Aisladores para líneas aéreas con tensión nominal mayor que 1000 V. Parte 1: Elementos de cadenas de aisladores de material cerámico o de vidrio para redes de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

- [3] IRAM 2234-2 (1998). Aisladores para líneas aéreas con tensión nominal mayor que 1000 V. Parte 2: Cadenas de aisladores y cadenas equipadas para redes de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- [4] Norma IRAM 2280-1 (1994). Técnicas de Ensayo con Alta Tensión. Definiciones y requisitos generales para los ensayos.
- [5] Norma IRAM 2280-2 (1998). Técnicas de Ensayo con Alta Tensión. Parte 2: Sistemas de medición.
- [6] IRAM 2355 (1998). Aisladores de material orgánico de suspensión y de retención para líneas aéreas de corriente alterna con tensión nominal mayor que 1000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- [7] IRAM 2360 (1996). Aisladores para tensiones alternas nominales mayores que 1000 V. Ensayos de contaminación artificial.
- [8] IRAM 2406 (1996). Aisladores soporte para líneas aéreas. Aisladores con núcleo y envoltura de material compuesto para corriente alterna con una tensión nominal mayor que 1000 V.
- [9] IRAM 2455-471 (2003). Vocabulario electrotécnico internacional. Versión Argentina. Capítulo 471: Aisladores.

b) Publicaciones:

- [10] Insulator News & Market Report (INMR):
 - (2000) Developing an Accelerated Ageing Test for Composite Polymer Insulators: Challenges and a Possible Approach. Pág. 54-59. Vol. 8 N° 6.
 - (1999) Research Program Tests Composite Insulators in Sri Lanka. Pág. 58-63. Vol. 7 N° 1.
 - (1999) Research Findings Comparing Performance of Different Insulator Designs on Distribution Lines in Tropical Environments. Pág. 47-52. Vol. 7 N° 6.
 - (2000) Research & Assessment of Insulator Performance in the Tunisian Marine & Desert Environment. Pág. 12-18. Vol. 8 N° 4.
 - (2003) New Chinese OEM Opts for Composite Insulator Technology. Pág. 34-35. Vol. 11 N° 1.
- [11] J. INSOGNA, H. PARISI, G. ALONSO y R. FERREL (2005). “Experiencias con Aisladores Orgánicos de EPDM”. Empresa TRANSBA S.A. y HANGAR SERVICIOS S.A. Pág. 1-11. CACIER 2005.
- [12] R.S. GORUR, S. SUNDHARARAJAN and O.G. AMBURGEY (1989). “Contamination Performance of Polymeric Insulating Materials used for Outdoor Insulation Applications”. IEEE Transactions on Electrical Insulation. Vol. 24. N° 4. Pág. 713-716.
- [13] R.S. GORUR y T. ORBECK (1991). “Comportamiento dieléctrico de la Superficie de Aislamiento polimérica bajo condiciones a la intemperie HV”. IEEE Trans. Aislamiento Eléctrico. Vol. 26. Pág. 1064-1072.
- [14] A.E. VLASTÓS and E. SHERIF (1990). “Envejecimiento natural de los Aislantes con compuestos de EPDM”. IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 5. N° 1. Pág. 406-414.

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Pablo Samuel Sinder, Universidad Nacional de Salta – Facultad de Ingeniería, pablosinder@yahoo.com.ar

María de los Ángeles Tinte Montalbetti, Universidad Nacional de Salta – Facultad de Ingeniería, y Secretaría de Ciencia y Tecnología - Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Gobierno de Salta, matinte@gmail.com

Alejandra Laura Peñaloza, Secretaría de Ciencia y Tecnología - Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Gobierno de Salta, alejandrалpm@yahoo.com.ar

María Soledad Vicente, Universidad Nacional de Salta- Facultad de Ingeniería; Secretaria de Ciencia y Tecnología - Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de Salta- Gobierno de Salta, masolevice@gmail.com

Resumen

Este trabajo plantea como objetivo analizar y establecer mecanismos efectivos de vinculación entre el sector productivo e industrial y el sector académico-científico en la Provincia de Salta, identificando factores que promuevan o dificulten dicha articulación.

Para ello se propuso realizar un estudio de mercado tecnológico a las empresas radicadas en el parque industrial de la Ciudad de Salta, para detectar las demandas tecnológicas del sector empresarial productivo-industrial. A su vez, se desarrollaron acciones para identificar las ofertas tecnológicas en el sistema científico-tecnológico de la provincia (universidades, institutos de investigación, INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) y UFIDET (Unidad de Formación, Investigación y Desarrollo Tecnológico Salta)), con el objetivo de vincular ambas partes.

El resultado del estudio demostró que hay desconocimiento por parte del sector privado de la existencia de un posible apoyo del sector científico-tecnológico. Esto pone en evidencia falta de promoción y difusión de sus propias capacidades por parte de todo el sistema científico-tecnológico.

En este estudio se muestran algunos vínculos logrados entre ambos sectores a partir del relevamiento realizado y la posterior gestión desde la Secretaría de Ciencia y Tecnología, poniendo de esta manera la evidencia el rol fundamental del Estado Provincial como catalizador de esta vinculación.

Palabras clave:

Vinculación y transferencia tecnológica, investigación y desarrollo, demanda tecnológica, universidad, innovación

1. Introducción

El presente trabajo consiste en un estudio de mercado tecnológico en la Ciudad de Salta. Su alcance se limita a identificar ofertas tecnológicas en el ámbito de la Universidad Nacional de

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Salta- y los institutos de investigación vinculados- y Universidad Católica de Salta, mientras que las demandas se relevan sobre una muestra definida de las empresas radicadas en el Parque Industrial de Salta. Esta información permitirá a futuro establecer lineamientos estratégicos de articulación que permitan definir las áreas de mayor potencial de vinculación y transferencia tecnológica. El resultado obtenido será de mucha utilidad para las oficinas de vinculación tecnológica de las universidades locales e institutos de investigación como así también para diferentes organismos del gobierno local.

Mejorar la competitividad y productividad del tejido productivo-industrial es posible a través de la incorporación de tecnología e innovación tanto de productos como de procesos. Para viabilizar esto, es necesario previamente profundizar el conocimiento sobre las necesidades de empresas de diferente envergadura (grandes, PyMES, Pequeñas y Medianas Empresas, microempresas y emprendimientos), detectar los problemas comunes y las posibilidades e interés por incorporar tecnología. Por otro lado, es también necesario conocer la oferta tecnológica local determinando su capacidad de cobertura actual y potencial. De esta manera se facilitará y promocionará la articulación entre el sector productivo y el sistema científico tecnológico.

Estado anterior del conocimiento sobre el tema

La Secretaría de Cooperación Técnica y Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional de Salta, ha elaborado un catálogo de los servicios tecnológicos que se prestan desde la Institución ^[1]. En el mismo se destacan principalmente los servicios ofrecidos por las Facultades de Ingeniería, Ciencias Naturales y Ciencias Exactas. Por su parte existen otros organismos dentro del ámbito universitario que ofrecen información a través de sus respectivos portales web: el Consejo de Investigación de la Universidad (CIUNSA) ^{[2][3]}, que muestra el listado de proyectos financiados y sus investigadores; el CONICET, en el que se nombran los institutos de investigación de Salta de doble dependencia (CONICET-UNIVERSIDAD), los recursos humanos, las líneas de investigación y servicios prestados por los mismos; y la Red de Vinculación Tecnológica de las Universidades Nacionales Argentinas que ofrece una base de datos de oferta tecnológica de la UNSa (Universidad Nacional de Salta) ^[4]. Por otro lado, los institutos nacionales como INTI (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) e INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), también brindan información sobre sus líneas de investigación, desarrollo y/o extensión ^{[5][6]}. Pero todos estos datos, que se encuentran dispersos, son en cierto sentido limitados y no siempre actualizados. En lo que respecta a la caracterización productiva de la provincia, se encuentran publicados los anuarios estadísticos provinciales, las cartillas gubernamentales anuales “Salta Produce” que describe los distintos sectores productivos más relevantes en la provincia, los informes del Observatorio PYME que describen algunas problemáticas en las industrias salteñas, los planes estratégicos provinciales como el agropecuario, el de pequeños municipios, el de turismo y el Salta 2030 que brindan diagnósticos sectoriales y transversales ^[7]. Todo este material fue de utilidad para llegar a identificar rápidamente los actores demandantes más importantes y las zonas a relevar, las que se definieron por su mayor potencialidad y la posibilidad de cubrir por razones de costo y movilidad.

2. Materiales y Métodos

Para poder realizar el relevamiento de ofertas y demandas tecnológicas se utilizaron diferentes métodos de trabajo.

Análisis de la oferta: Para estudiar las ofertas tecnológicas se consultó vía web y personal los proyectos de investigación realizados por la universidad en el marco de CIUNSA, los servicios disponibles en los laboratorios y plantas piloto de las Universidades. Además, la Secretaría de

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Ciencia y Tecnología de la Provincia de Salta, dispone de una plataforma de Ofertas y Demandas tecnológicas la cual también fue de mucha utilidad en este análisis ^[8]. Allí se dispone de los siguientes datos entre nombre de la oferta, tipo de oferta (servicios altamente especializados, servicios sistematizados, capacitación, maquinaria, materiales, TICs, procesos, layout, RRHH altamente calificado, etc.), descripción de la oferta, sectores donde se aplica, datos de contacto, entre otros.

Análisis de financiamiento: También fue necesario conocer en detalle los fondos de financiamientos nacionales y provinciales previos a la identificación de demandas tecnológicas para poder asesorar correctamente a las personas entrevistadas. Para ello se mantuvieron reuniones con los asesores de financiamiento de la provincia en la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Salta; y se participó de Jornadas y Talleres de formulación de proyectos de desarrollo e innovación tecnológica, además de consultar las páginas web vinculadas al tema en forma permanente.

Análisis de la demanda: La metodología aplicada fue definida en la Secretaría de Ciencia y Tecnología con ayuda del INTI - Delegación Salta y básicamente consistió en realizar una encuesta de 65 preguntas sobre infraestructura, productividad industrial y comercial, herramientas utilizadas, cadena de valor, asociación y vinculación con otras entidades. Se entrevistaron en forma personal en las instalaciones del Parque Industrial a 33 empresas productivas y de servicios seleccionadas por su trayectoria en el mercado, sobre un total de 136 empresas, de las cuales solo 86 son las que actualmente se encuentran en funcionamiento.

Matriz cruzada de ofertas y demandas tecnológicas: Se realizó una matriz de cruzamiento entre oferta y demanda tecnológica para detectar los vínculos con mayor potencial de desarrollo.

3. Resultados y Discusión

El trabajo se inició en el mes de septiembre del año 2015 y continúa hasta la actualidad. Los resultados hasta el momento se detallan a continuación.

3.1. Relevamiento de ofertas tecnológicas

Para relevar la oferta tecnológica se utilizaron fuentes secundarias y se investigaron los organismos públicos de la provincia que suelen dar solución en la actualidad a demandas tecnológicas, productivas y de servicios como ser la Universidad Nacional de Salta, el Consejo de Investigación CI-UNSa, la Universidad Católica de Salta (UCASa), el INTI Salta, el INIQUI (Instituto de Investigaciones para la Industria Química) y el INENCO (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional), siendo que estos dos últimos pertenecen tanto a la Universidad Nacional de Salta como al CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

INTI Salta realiza Investigación y desarrollo en las siguientes temáticas: energía solar, curtiembres, tecnologías de acceso al agua y tratamiento de efluentes. Además, brindan diferentes servicios como metrología y análisis de agua potable; y disponen de una variada oferta tecnológica orientada a energía renovable, asistencia en emprendimientos productivos, tecnologías para salud y la discapacidad, gestión de residuos de sólidos urbanos, asistencia a PyMEs y capacitaciones varias.^[5]

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

La UNSa posee un catálogo de servicios disponibles, los cuales se clasifican según la Facultad o Laboratorio que lo brinda: 1 Laboratorio del INIQUI, la Facultad de Ingeniería, Facultad de Cs. Naturales, Facultad de Cs. Exactas, el INENCO, el C.I.D.I.A. — Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada, el Dpto. de Física y el departamento de Energías Renovables I. Además, la Universidad cuenta con proyectos en ejecución que también pueden brindar servicios.^{[2][3]}

La Universidad Católica de Salta cuenta con un laboratorio para la extracción de aceites de semillas mediante dióxido de carbono súper críticos, el que fue probado para la extracción de oleorresinas del pimentón.

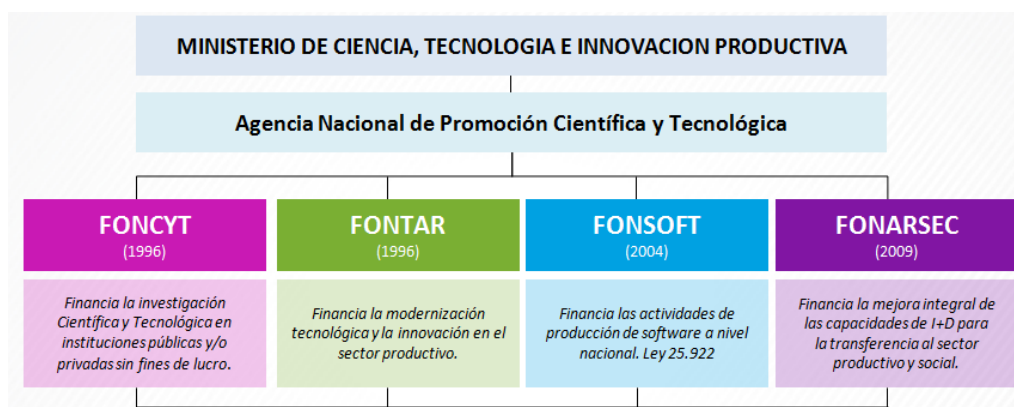
3.2. Relevamiento de las líneas de financiamiento de la Nación y Provincia

Al trabajar en conjunto con la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Provincia, fue necesario identificar las líneas de financiamiento que dispone tanto el Gobierno Nacional como el Provincial para poder asesorar a las empresas en la línea más adecuada a su necesidad. De esta manera no solo se identificaron ofertas y demandas tecnológicas, sino también la posibilidad de financiamiento de proyectos que satisfagan las demandas a partir de su articulación con el oferente.

A nivel nacional el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva mediante la **Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica** se dedica a la promoción y financiamiento de actividades relacionadas a la ciencia, la tecnología y la innovación productiva a través de sus cuatro fondos: FONCYT, FONTAR, FONSOFT y FONARSEC.

Estas líneas de financiamiento se resumen en Gráfico 1.

Gráfico 1 Líneas de Financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Nación



Fuente: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica ^[9]

Por otra parte, el COFECYT (Consejo Federal de Ciencia y Tecnología) dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Nación dispone también de financiamiento para proyectos de ciencia y tecnología con determinados fines:

- Proyectos Federales de Innovación Productiva (PFIP),
- Proyectos Federales de Innovación Productiva Eslabonamientos Productivo (PFIP-ESPRO)
- Desarrollo Tecnológico Municipal (DETEM)
- Apoyo Tecnológico al Sector Turismo (ASETUR) ^[10]

Si bien actualmente no hay convocatoria abierta, se espera que este año abran algunas de ellas

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

3.3.Relevamiento de demandas tecnológicas

Para seleccionar las empresas a relevar, se utilizó la información sobre las empresas radicadas en el parque industrial de Salta brindada por el A.P.I.S. Se entrevistó a 33 empresas radicadas en el parque Industrial de la provincia de Salta durante el periodo de noviembre y a diciembre del año 2015.

En la tabla 2 se listan las empresas que se relevaron.

Tabla 1: Empresas relevadas

	EMPRESA	ACTIVIDAD
1	Agrotécnica Fueguina s.a.	Recolección de Residuos Domésticos
2	HábitatEcológico s.a.	Recolección de Residuos Patógenos e Industriales
3	Baterplac S.R.L.	Fábrica de Baterías y Placas
4	FundiciónMetalúrgicaCamachoNGC	Fundición y Metalúrgica de Hierro en General
5	Cartoon	Fábrica de cartones, biblioratos e impresiones
6	JoséLuisMoreno Fasola - Hidromec	Fabricación de accesorios y resp. hidráulicos
7	Dist. Salta La Linda S.R.L.	Distribución de bebidas
8	Wingler - DJVS.R.L.	Fábrica de Papas Fritas
9	LópezMedina Juan Carlos	Molienda Fabricación y Envasado de Cereales
10	Distribuidora VidtS.R.L.,Rotonda Lácteos	Distribuidora de Lácteos
11	DGMArgentina S.R.L.	Tratamientos de residuos patológicos
12	Don Dante S.R.L.	Transporte de Cereales
13	Hielo Artur - PontornosS.R.L.	Fábrica de Hielos
14	IlCavallino	Elaboración de helados
15	Industria Funes	Metalúrgica
16	Jamo S.A.	Elaboración de Plantillas para Zapatillas
17	KenS.R.L.	Construcción e instalación de gas natural
18	La Americana	Fábrica de fideos Secos, Pastas Frescas y Panificadora
19	Metal Obra	Fabricación de Maquinarias y Herramientas para la Construcción
20	MetalúrgicaJabo–Barreiro,José Angel	Fundición de Metal y Hierro
21	Maderera San José	Carpintería
22	NSAEco S.R.L.	Recauchutaje y Vulcanización de Cubiertas
23	Más brillo - Productos Químicos Salta S.R.L.	Fabricación y comercialización de productos de limpieza.
24	PejinakisZacarias e hijos S.R.L.	Distribuidora de bebidas

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

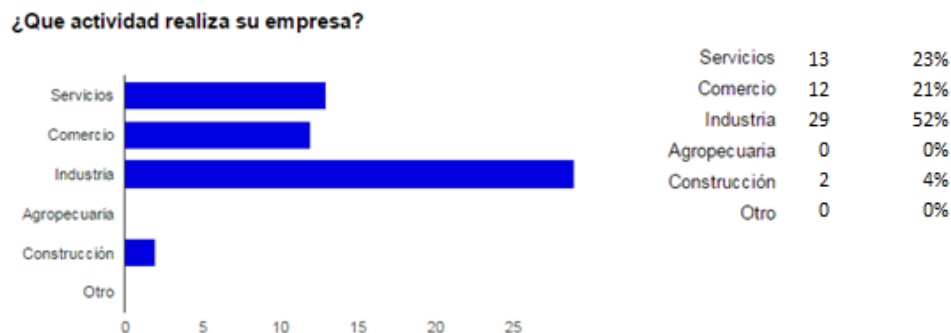
25	Santiago SaenzS.A.	Fabricación de Aerosoles Insecticidas y Desodorantes
26	SulfanorS.R.L.	Depósitos de Ácidos
27	Galloni,Armando Juan Carlos - Temet	Fabricación de Máquinas para Soldar
28	ZozzoliS.A. Colchones (Maxiking)	Fabricación de Colchones y Almohadas
29	ZozzoliS.A. Muebles (Maxiking)	Fabricación de muebles
30	PanaderíaVirgen del Valle - Establecimiento modelo virgen del valle S.A.	Panadería
31	José Gabriel Issa	Carpintería - Fabrica de adoquines
32	Eco Norte s.r.l.	Pelets compactados de material reciclado
33	FrigoríficoOrona	Distribuidora de Carne

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Análisis de las encuestas:

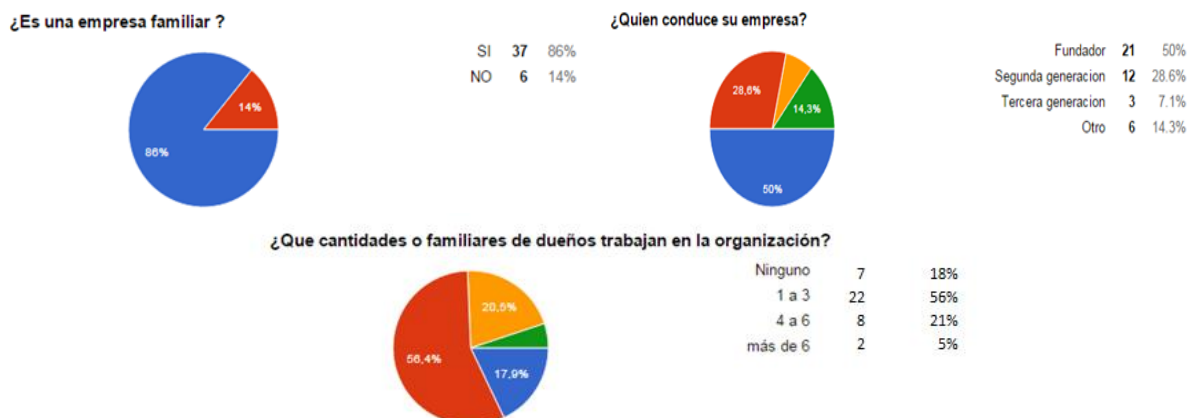
Se muestran a continuación algunos de los datos obtenidos a partir de las encuestas, cabe destacar que los porcentajes obtenidos se calculan en base a la cantidad de empresas y responden, siendo que cada una de estas puede elegir más de una opción.

Gráfico 2: Actividad que realizan las empresas



Un 52% de las empresas visitadas pertenecen al sector industrial y el resto se divide en empresas de servicios y comercio.

Gráfico 3: Cantidad de empresas familiares, Generación que maneja la misma y cantidad de familiares que trabajan en la organización.



Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Vemos que el 86% de las empresas encuestadas, son empresas familiares, conducidas en su mayoría por el fundador de la misma y con mucha participan de familiares en la organización.

De este análisis depende el tipo de asesoramiento que se debe brindar y los tipos de financiamiento que puede acceder una empresa de mayor o menor trayectoria.

Gráfico 4: Cantidad de empleados

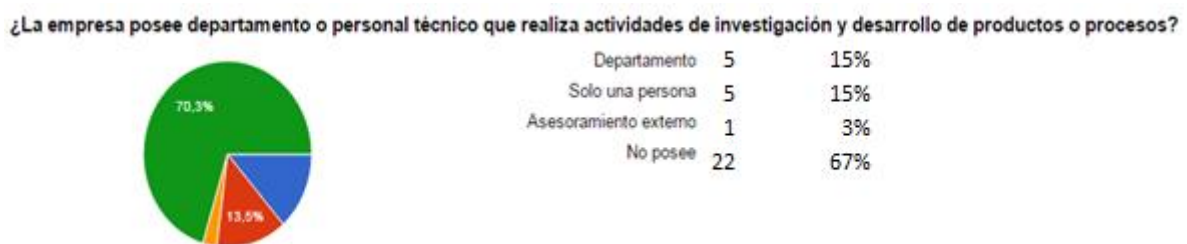


Gráfico 5: Tipo de empleado requerido



Según los datos obtenidos la mayor concentración de trabajo está ubicado en pocas empresas, las cuales son las más grandes y con mayor envergadura. El personal más solicitado es el de operarios calificados y técnicos universitarios. Además, cada empresa requiere un tipo distinto de personal.

Gráfico 6: Disponibilidad de un departamento de I+D.



Con el fin de detectar si las empresas invertían en desarrollo y tecnología, se preguntó si se disponía de un departamento de I+D, obtenido que el 70% no posee, y solo un 13% realiza investigación sobre mejora de sus producto de una forma ordenada y organizada.

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Gráfico 7: Necesidades de mejora

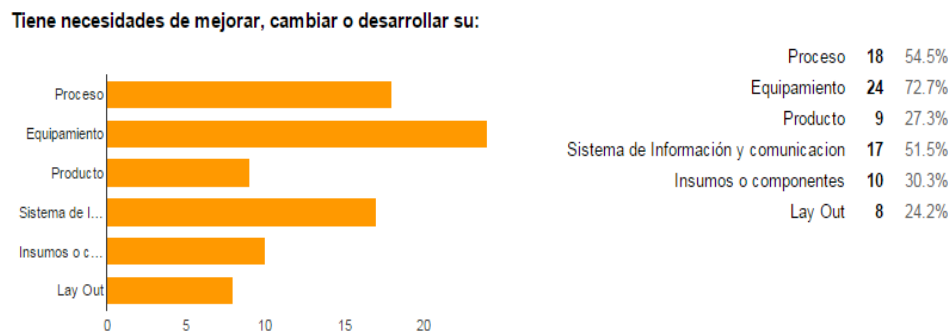
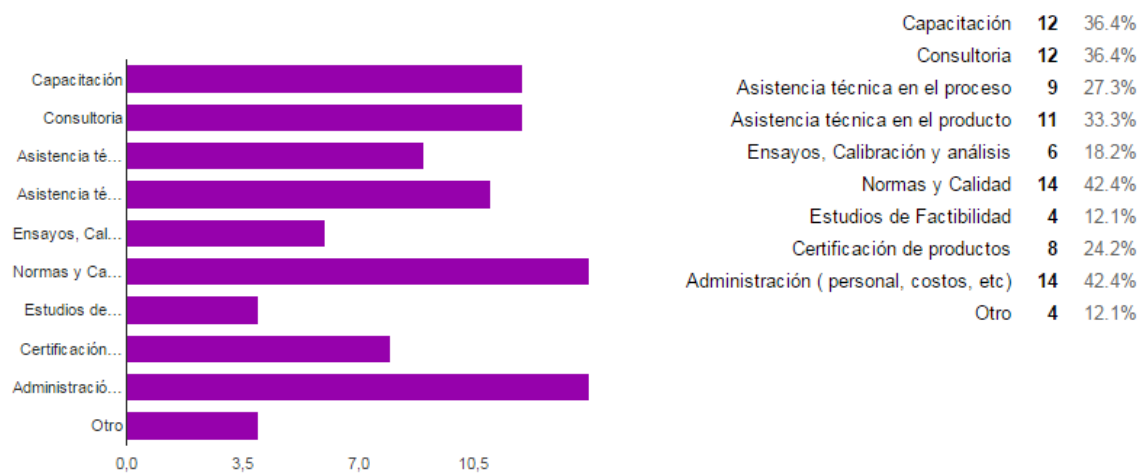


Gráfico 8: Necesidades de asistencia

En cuanto a la organización de la planta ¿necesitaria asistencia en ?



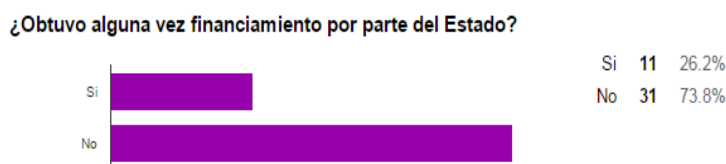
Se observa que el 72% de las empresas encuestadas desean mejorar su equipamiento, 54% desean mejorar sus procesos, 51% desean mejorar sus sistemas de comunicación y sus insumos, productos y Lay Out un 30%, 27%, y 24% respectivamente, y en muchos aspectos necesitan es necesaria la asistencia externa por parte de profesionales, como ser asesoramiento en normas de calidad (42%), en administración (42%), en consultoría (36%), en capacitaciones (36%), entre otras cosas. Con esto vemos el interés que existe por las empresas en realizar trabajos en conjuntos con otros organismos para mejorar diferentes aspectos de su organización.

Gráfico 9: Financiamiento del Estado



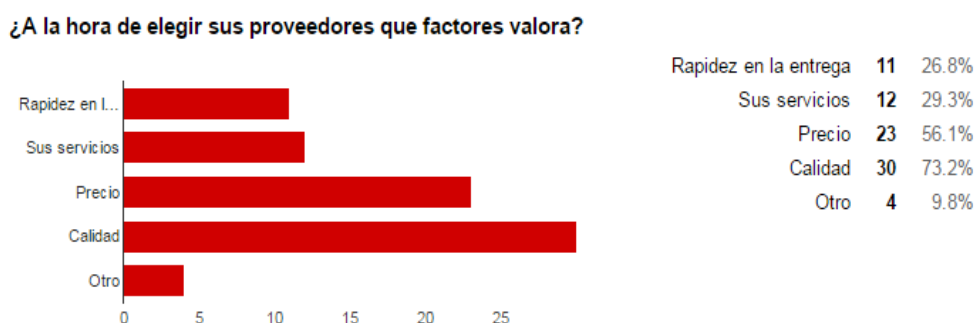
Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Gráfico 10: Empresas que obtuvieron financiamiento del estado



Una gran cantidad de empresas (41%) desconoce las líneas de financiamiento del Estado, mientras que entre las empresas que conocen de estas, solo un 26% recibió ayuda.

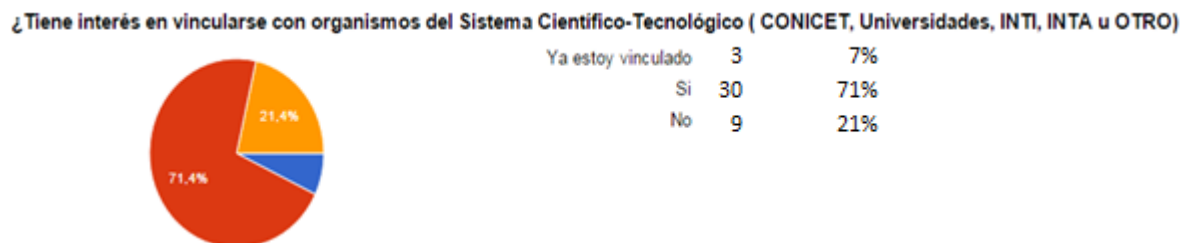
Gráfico 11: Factores que se valoran de los proveedores



Vemos que al momento de elegir los proveedores se valora, el 73% de las empresas valora la calidad (73%), además del precio, la calidad del servicio y la velocidad de respuesta.

También, en el momento de la encuesta, se dio la posibilidad de realizar otras preguntas, como ser “¿Por qué no se recurre a proveedores de insumos o servicios, ubicados en la región?”, a la que se respondía que existe desconfianza en la calidad de los servicios a prestar, además de un desconocimiento de los proveedores existentes y sus servicios. Entre otros problemas que impiden la vinculación tecnológica del sector productivo e industrial con el sector académico-científico es la falta de comunicación entre ellos, baja velocidad de respuesta frente a las problemáticas planteadas y el desconocimiento del sector académico – científico sobre las necesidades del sector industrial.

Gráfico 12: Interés por la vinculación con el Sistema Científico Tecnológico



Vemos en las entrevistas que existe un interés del 71% de las empresas encuestadas, de vincularse con el sector Científico Tecnológico, por lo que estas oportunidades deben ser más difundidas en el sector productivo e industrial.

Del espacio de diálogo en las entrevistas realizadas, se logró detectar entre las empresas una serie de demandas tecnológicas. Algunas de ellas se indican a continuación en la Tabla 2.

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Tabla 2: Demandas tecnológicas detectadas

	Título	Tipo de Empresa	Resumen
1	Software de gestión para empresa de helados artesanales	Fábrica de Helados Artesanales	Se necesita un sistema informático para control de: - Compras y suministros - Ventas / Marketing - Contabilidad/Tesorería/Administración - Recursos humanos - Planificación y Control de gestión - Producción
2	Instalación de equipo para tratamiento de agua duras-	Fábrica de Helados Artesanales	Empresa de helados artesanales necesita tratar el agua de pozo que utilizan, eliminando presencia de arsénico, microorganismos y durezas.
3	Certificación en calidad de gestión y productos, en colchones y muebles	Fábrica de colchones y muebles	Se desea certificar IRAM-ISO 9000 y en los productos que se producen-
4	Asesoramiento en instalación de fábrica de pulpa de frutas	Fábrica de Helados Artesanales	Hay una iniciativa de parte de la empresa para la creación de una fábrica de elaboración de pulpa de frutas, para esto se necesita asesoramiento en el tema por un profesional, y realizar un proyecto adecuado para aplicar en un fondo de inversión.
5	Búsqueda de un Servicio de empleo (bolsa de trabajo), para la contratación de nuevo personal.	Fábrica de snacks (papas fritas, cereales, etc.)	El personal de RRHH de la empresa tiene muchas dificultades para encontrar personal adecuado para cubrir sus puestos de trabajo, y están en la búsqueda de un servicio de empleo que tenga una amplia base de datos de personas que busquen trabajo.
6	Provisión de Agua Potable	Fábrica de hielo	En la actualidad, la empresa no posee una infraestructura adecuada en la provisión de agua potable. Recurso indispensable para desarrollar actividades varias.
7	Eliminar presencia de plomo en cajas recicladas para baterías de plomo	Fábrica de cajas para baterías	Parte del material utilizado para armar las cajas de baterías, es material reciclado de otras cajas de baterías fuera de uso, las cuales ya han estado en contacto con las baterías de plomo y por lo tanto este material reciclado contiene plomo.
8	Capacitación en reparación de equipos de refrigeración	Fábrica de hielo en rollitos	El personal de la empresa necesita capacitación constante en reparación en equipos de frío como ser aires acondicionados y heladeras. El personal ya cuenta con capacitaciones internas en la fábrica y cuenta con técnicos en equipos de frío, pero se necesita capacitaciones externas.
9	Capacitaciones para emprendedores	Metalúrgica	Capacitaciones para emprendedores. Se requiere dar un nuevo enfoque a una empresa metalúrgica para que crezca y llegue a más clientes. Enfocar sus productos y servicios a las necesidades que los clientes tienen.

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

10	Asesoramiento en Financiamiento para cambio de tecnología y modificación total de proceso de empaquetado de una panificadora	Panificadora	Interesa saber qué línea de financiamiento (ANR por ejemplo) aplica para la compra de una nueva empaquetadora, teniendo en cuenta que es una modificación total del proceso actual, ya que actualmente todo se empaqueta a mano. La misma permitiría aumentar la eficiencia en el proceso final de producción, que es el empaque, pudiendo además, utilizar materiales que permitan lograr una mejor conservación del producto hasta llegar a manos del consumidor final. Se requiere asesoramiento en la posibilidad de presentar este proyecto, y en caso de ser posible, cuáles son los pasos a seguir.
11	Mejorar la técnica de producción de cereales (tipo aritos de colores).	Fábrica de snacks (papas fritas, cereales, etc.)	Se desea lograr que el cereal sea crocante según las especificaciones requeridas por el cliente, y se deben analizar y mejorar las variables que afectan a este proceso.
12	Automatización de colocado de bornes en caja de plástico para baterías	Fábrica de cajas para baterías	Automatización de la operación de colocado e bornes de plomo en cajas de plástico para baterías, esto debe hacerse en el molde de la caja, antes de la inyección de plástico.

Fuente: Elaboración propia

En base a las Ofertas recolectadas anteriormente se vinculó Demanda y Oferta entre la disponibilidad existente en la ciudad de Salta, se contactaron a ambas partes para que realicen un trabajo en conjunto. Las vinculaciones realizadas se listan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 3: Vinculación entre ofertas y demandas

Demanda	Oferta
Eliminar presencia de plomo en cajas recicladas para baterías de plomo	Utilización de arcillas adsorbentes para eliminación de elementos indeseados
Instalación de equipo para tratamiento de agua duras	Tratamientos de agua mediante catalizadores
Capacitación en reparación de equipos de refrigeración	Formación profesional - Capacitación en oficios
Capacitaciones para emprendedores	Talleres gratuitos de capacitación para emprendedores
Asesoramiento en Financiamiento para cambio de tecnología y modificación total de proceso de empaquetado e una panificadora	Herramientas de Promoción y Financiamiento
Búsqueda de un Servicio de empleo (bolsa de trabajo), para la contratación de nuevo personal.	ProSalta Servicio de empleos
Mejorar la técnica de producción de cereales (tipo aritos de colores).	Laboratorio de Alimentos

Fuente: Elaboración propia

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Si bien el alcance del trabajo era vincular la problemática de la empresa con posibles soluciones, en algunos de estos casos, se profundizó en la búsqueda de una solución efectiva para la empresa. Se detalla los casos en los que se tuvo una mayor participación en esta vinculación.

3.4.Vinculaciones

A continuación se detalla el trabajo que se realizó puntualmente con algunas de las empresas encuestadas hasta el momento y luego se finaliza el análisis con una pequeña conclusión.

Algunas de las vinculaciones propuestas se explican con mayor detalle a continuación:

3.4.1. Fábrica de helados - UNSa

En la fábrica de helados artesanales se detectaron las siguientes necesidades:

- 1- Fábrica de pulpa: Se requiere una línea de financiamiento para desarrollar una máquina para la fabricación de pulpa de fruta que incluya una vinculación con la Universidad Nacional de Salta para trabajar en ese proyecto en conjunto con alumnos y docentes, especialmente para determinar recursos necesarios (físicos y económicos) por ejemplo a través de un proyecto final de Ingeniería Industrial.
- 2- Software de gestión: Se requiere el desarrollo de un software que ayuda a mejorar la gestión de la empresa, esto puede lograrse a través de las empresas salteñas que desarrollan software como ser Class Up o BlackFish.
- 3- Tratamiento de aguas duras y arseniosas: Se requiere el diseño de un sistema de filtración de agua subterráneas para ablandamiento del agua, eliminación de micro organismos y de arsénico, se solicitó ayuda a investigadores, especializados en el tema de la Universidad Nacional de Salta, que se dedican a análisis y diagnóstico de aguas y efluentes líquidos.

3.4.2. Fábrica de cajas para baterías -UNSa

En la fábrica de cajas de baterías se observó que le podría ser de interés mejorar las propiedades mecánica-térmicas de los productos que desarrollan y particularmente disminuir la presencia de plomo residual en las carcasas de plástico recicladas.

La posibilidad de mejora propuesta sería mediante el trabajo en conjunto con investigadores de la Universidad Nacional de Salta y de CONICET, en la investigación “Nuevos productos plásticos con propiedades diferenciales”.

Hubo en buena predisposición de ambas partes, la empresa y los investigadores, y se concretaron algunas reuniones para avanzar sobre el proyecto.

3.4.3. Fábrica de Hielo – Dirección de Educación Técnico-Profesional

En la fábrica de hielos, se detectó que la empresa requería capacitación constante de sus operarios en reparación e instalación de equipos de frío, por lo que se informó al dueño de la empresa sobre las capacitaciones que se ofrecen en esa área, organizadas por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología del Gobierno de la Provincia de Salta, a través de la Dirección de Educación Técnico-Profesional. Esta información se muestra a continuación en la Tabla 5:

Tabla 4: Cursos de capacitación brindados por el Ministerio de Educación de Salta

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

Curso	Institución	Dirección	Localidad	Dpto.
INSTALACION,MANTENIMIENTO REPARACION DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION	Y3117 E.E.T. y C.F.P. DE MAESTRO OSCAR REYES	Salta/B° San Remo	SALTA	CAPITAL
REFRIGERACION Y ACONDICIONADO	7120 CURSOS EDUCACIÓN TÉCNICA	Radio Gral. Pico N° 6-B° Intersindical	SALTA	CAPITAL

Fuente: <http://www.edusalta.gov.ar/index.php/2014-05-06-13-10-36/2014-05-05-14-48-50/2014-05-12-11-13-02>

Esta información sobre capacitaciones en oficio que dicta el Ministerio de Educación de Salta, también está disponible en un catálogo como se muestra en la figura 2. Estos cursos dependen de los Centros de Formación Profesional del Ministerio de Educación y son gratuitos.

Gráfico 13: Catálogo publicitario de los cursos de formación profesional organizados por el Gobierno de la Provincia de Salta.



3.4.4. Metalúrgica - Secretaría de Comercio, MiPyMEs y Desarrollo Local

Se detectó que la empresa metalúrgica requería capacitaciones sobre emprendedurismo para poder darle un nuevo enfoque a la empresa que le ayude a crecer y llegar a más y nuevos clientes, y así enfocar los productos y servicios a las necesidades que los clientes tienen.

La propuesta fue que el dueño de la empresa participe en los talleres gratuitos de capacitación para emprendedores brindados por la Secretaría de Comercio, MiPyMEs y Desarrollo Local que tienen como objetivo brindar herramientas de formación para emprendedores, estudiantes y profesionales.

Oportunidad de Mejora en Productividad Empresarial a partir de la Vinculación Tecnológica Salteña

3.4.5. Panificadora - Financiamiento FONTAR

En la empresa se detectó que la empresa requería información sobre líneas de financiamiento para la mejora del proceso de empaquetado de panes, el cual dejaría de ser manual para empezar a ser automático. Esta mejora permitiría eficientizar el proceso final de producción, que es el empaque, pudiendo además, utilizar materiales que permitan lograr una mejor conservación del producto hasta llegar a manos del consumidor final. Se aconsejó al dueño de empresa aplicar en las siguientes líneas de financiamiento: Línea FONTAR – CAE, y se le explicó cómo aplicar a la misma.^[9]

3.4.6. Fábrica de snacks con ProSalta, UNSa, Fundación Capacitar e INTI

Fábrica de snacks -ProSalta: En la fábrica de snacks (papas fritas, cereales, maníes, chizitos, etc.) se detectó que la empresa requería información sobre bolsas de trabajo y buscadores de personal para la empresa, ya que tenían dificultades para conseguir personal adecuado para el trabajo en la planta. Se les recomendó probar con la fundación ProSalta quienes disponen una bolsa de trabajo y ayudan a inserción de personas en el mercado laboral.

Fábrica de snacks - UNSa: Entre otras necesidades tecnológicas que surgieron de la empresa se encuentra la necesidad de mejorar la técnica de producción de los cereales tipo aritos.

La empresa necesita mejorar la técnica de producción de cereales (tipo aritos de colores) ya que no logran las especificaciones requeridas por el cliente, que el cereal sea crocante. Se debían ajustar las variables críticas (tiempos, temperaturas, humedad, etc.) en el proceso de para lograr un cereal de buena calidad (crocante suficiente). Entre los problemas existentes se encontraba la falta de una curva de secado característica para el cereal, el proveedor de harinas no entregaba siempre la misma calidad del producto y más información sobre el verdadero motivo por el cual no se llegaban a satisfacer los requisitos del cliente.

Se puso en contacto a la empresa con investigadores del INIQUI –UNSa, y se programó una reunión para trabajar sobre el tema.

La reunión se llevó a cabo y la investigadora pudo acertar en la solución del problema el cual se resume a continuación:

Viendo que ambas partes, empresa e investigador podían continuar el trabajo en conjunto se les ofreció aplicar en el programa de “Consejería Tecnológica Individual”.^[9]

La investigadora también se ofreció a armar una capacitación específica para la empresa sobre calidad de harinas, algo por lo que el personal de la empresa había manifestado interés anteriormente.

Fábrica de snacks – INTI Salta: Otra necesidad de la empresa era la de calibrar las balanzas existentes, y si bien no se pudo aún vincular esta necesidad con alguien que pueda brindar este servicio, se recomendó a la empresa comunicarse con profesionales del INTI – Salta encargados de certificar la calibración de los equipos. Además, se solicitó al INTI – Salta que envíe en forma periódica el boletín informativo del INTI "Saber cómo" a la empresa.

Fábrica de snacks – Fundación Capacitar del NOA: Se recomendó también a la empresa participar de los eventos de la Fundación Capacitar del NOA. Esta fundación tiene ayudas económicas para realizar seminarios, pasantías, cursos y carreras de postgrado.

4. Conclusiones y recomendaciones

A partir del trabajo realizado, se observó que la mayoría de las empresas en la ciudad de Salta, satisfacen sus demandas de modernización tecnológicas con empresas de servicios de mayor renombre y experiencia localizadas muchas veces en otras provincias.. Según manifiestan las empresas encuestadas, estas prefieren contratar un buen servicio, más completo y efectivo en el exterior de la provincia, aunque este sea más costoso. Pero por otro lado, los resultados de la encuesta reflejan que la gran mayoría no posee una estrategia organizada de investigación y desarrollo, que desconocen las líneas de financiamiento disponibles y puede inferirse que en realidad desconocen los servicios y capacidades disponibles en el ámbito científico tecnológico, por lo que tal apreciación puede ser un preconcepto.

Sin embargo es muy importante que el sector científico tecnológico estatal mejore la promoción y difusión los servicios que ofrece, con información permanentemente actualizada y objetiva, focalizando en mejorar la calidad y especificidad de sus capacidades.

Con la asistencia por parte del investigador y de las personas que trabajan en la Secretaría de Ciencia y Tecnología, se logró impulsar algunas vinculaciones entre las empresas y los organismos Científicos Tecnológicos Estatales. Por esto, para lograr más vinculaciones a futuro, se recomienda un seguimiento constante por parte de un organismo público de ambas partes (Sector Privado y Sistema Científico-Tecnológico Estatales). Este seguimiento consistiría en mantener comunicación constante con los interesados, coordinar reuniones, brindar asesoramiento personalizado, u organizar encuentros periódicos entre ambas partes.

5. Referencias

- [1] Universidad Nacional de Salta - Ofertas Tecnológicas — Secretaría de Cooperación Técnica y Relaciones Internacionales 2015 - www.unsa.edu.ar
- [2] Consejo de Investigación - Universidad Nacional de Salta - Listado de Programas y Proyectos en Ejecución actualmente (Actualizado al 25/02/2015)
- [3] Consejo de Investigación - Universidad Nacional de Salta - Listado de Programas, Proyectos y Trabajos de Investigación Finalizados (Actualizado al 25/02/2015)
- [5] Instituto Nacional de Tecnología Industrial - <http://www.inti.gob.ar/>
- [4] Red de Vinculación Tecnológica de las Universidades Nacionales Argentinas – www.redvitec.edu.ar
- [6] Instituto Nacional de Tecnología Industrial Sede Salta - <http://www.inti.gob.ar/salta/>
- [7] Gobierno de la Provincia de Salta. Boletín informativo Salta Produce 2013
- [8] Plataforma de Ofertas y Demandas Tecnológicas - <http://secytec.salta.gov.ar/oyd/>
- [9] Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica - <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/>
- [10] Consejo Federal de Ciencia y Tecnología – www.cofecyt.mincyt.gov.ar



ECONOMÍA SOCIAL E INGENIERÍA: LA ARTICULACIÓN INTERSECTORIAL EN LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO Y LA FORMACIÓN PROFESIONAL.

Cecilia Muñoz Cancela, Universidad Nacional de Quilmes, cmcpsi@gmail.com

Gisela Gagliolo, Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda,
giselagagliolo@gmail.com

Resumen

Las instituciones de educación superior se vinculan con el territorio principalmente de dos maneras: por un lado, a través de la transferencia de conocimientos/tecnología desde los centros de desarrollo e investigación académicos al sector privado de capital. Por otro, mediante prácticas de Extensión Universitaria que procuran atender necesidades de sectores sociales allegados a la zona de influencia de la institución en cuestión.

En este trabajo nos proponemos reflexionar acerca estas prácticas de Transferencia y Extensión Universitaria para revisar sus supuestos subyacentes y sus implicancias socio económicas y formativas. Nos interesa discutir, en este sentido, la naturaleza de las relaciones que se consolidan entre las instituciones académicas y el sector privado y el tipo de conocimiento que se produce en esos intercambios.

Para ello analizaremos una experiencia, iniciada en 2015, de articulación entre la cátedra “Ingeniería y Sociedad” de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda (UTN-FRA) y la Incubadora de Tecnologías Sociales (ITS) de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) en la que participan estudiantes y docentes universitarios y Empresas Cooperativas de primer y segundo orden. Seleccionamos esta experiencia en la medida en que entendemos que permite visibilizar el potencial que encierra la generación de espacios de trabajo intersectoriales entre universidades y el campo de organizaciones y prácticas de la economía social y solidaria (ESS).

Palabras clave: *guía, instrucciones, publicación.*

1. Introducción: Acerca de la transferencia y la extensión universitaria

Este trabajo recupera una experiencia llevada a cabo entre la Incubadora de Tecnología Social de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) y cuatro cursos la Cátedra de Ingeniería y Sociedad de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda (UTN-FRA). Nuestro propósito es invitarlos/as a debatir y reflexionar en torno a la ciertas particularidades de las actividades productivas que se desarrollan en el marco de la Economía Social y Solidaria y que, a nuestro entender, interpelan los modelos más clásicos y todavía hegemónicos de transferencia tecnológica y de extensión universitaria. Comenzaremos describiendo

brevemente los actores implicados y algunas consideraciones sobre las institución universitaria.

La Incubadora de Tecnologías Sociales (ITS) forma parte del Proyecto Universitario Construyendo Redes Emprendedoras en Economía Social (CREES) de la Universidad Nacional de Quilmes el cual tiene una larga trayectoria de trabajo en el campo de la Economía Social y Solidaria (ESS). Ha sido a partir de esta trayectoria que impulsó en 2013 el desarrollo de un Programa de Incubación Social (PUIS). La ITS, como integrante del PUIS, es un espacio de articulación de instituciones, organizaciones, redes y federaciones vinculadas al desarrollo tecnológico y Economía Social y Solidaria. Se busca, desde la incubadora, un doble objetivo: fomentar en el ámbito de la ESS el desarrollo de tecnologías sociales y, en espacios vinculados a la tecnología, acercar las ideas y los valores de la ESS. Para fortalecer ambos procesos, la ITS funciona como plataforma para el desarrollo de proyectos asociativos autogestivos que contribuyan a generar herramientas tecnológicas y prácticas socio técnicas de innovación (Muñoz Cancela y Rosas [1] [2] Altschuler, B y Muñoz Cancela, C [3]).

La materia Ingeniería y Sociedad forma parte de la currícula de las Ingenierías en todas las regionales de la Universidad Tecnológica Nacional. En el caso de la UTN-FRA se integra al conjunto de las materias básicas comunes a todas las especialidades. Forma parte del plan de estudio de primer año y es una de las pocas asignaturas del campo de las ciencias sociales y humanidades que integra la currícula. El programa de la materia toma como eje a la industria y, desde un abordaje del campo ciencia, tecnología y sociedad (CTS), se propone analizar críticamente el papel de la ciencia y tecnología, y del trabajo en la actividad industrial. Se procura estimular el pensamiento crítico y la reflexión acerca del rol de las ingenierías en el desarrollo económico local y regional.

Ahora bien, nos interesa particularmente enmarcar el análisis en el contexto de la institución universitaria en el que se produjo. Como es sabido, las funciones sustantivas de las instituciones de educación superior son: extensión, docencia, investigación y desarrollo (I+D). Lo primero que es menester afirmar es que cada una de ellas tiene un peso específico diferencial en la dinámica de dichas instituciones..

La investigación y el desarrollo son, por supuesto, las funciones que aportan la mayoría de las credenciales tanto a los académicos como a las instituciones que los emplean determinando, en gran medida, la sostenibilidad y el reconocimiento tanto de unos como de otros. La docencia, por su parte, aunque podría considerarse el alma mater de la práctica universitaria se organiza con los mismos criterios de acreditación que la I+D (por ejemplo, publicaciones, niveles de formación, etc).

Nos queda en último lugar la extensión universitaria, la función que sin duda surge de la reivindicación del compromiso ineludible de las instituciones de educación superior con la sociedades que las contienen pero que, llamativamente, no tiene los recursos ni el reconocimiento de sus compañeras de terna.

2. Una relación “exitosa”: Neoliberalismo y transferencia Universitaria

Según varios autores (Tarapuez Chamorro [4]; López [5]) en la década de 1990 se inició una revisión de las funciones de la universidad en relación a dos fenómenos generales. Por un lado, el financiamiento de las universidades públicas se vio amenazado por las políticas neoliberales hegemónicas de estas décadas, que pusieron en crisis a gran parte de la educación superior de la América Latina. Por otra parte, se señalan cambios en la vinculación con las sociedades industriales caracterizadas ahora como Sociedad del Conocimiento, aludiendo a la

centralidad que cobró el conocimiento y la innovación tecnológica en la generación de valor (Cohen [6]). Estos autores sugieren que, en esta coyuntura, se promueven prácticas de transferencia de tecnología / conocimiento de la universidad al sector industrial / productivo como una forma de procurar otras fuentes de financiamiento para la investigación y en respuesta a la demanda del sector industrial que cada vez más requería de innovaciones para la generación y apropiación de la riqueza.

En ese contexto, se desarrollan varios debates referidos a la transferencia de conocimiento y tecnología de las universidades al sector productivo. Esquemática y brevemente podemos señalar algunos modelos de innovación y transferencia de tecnología que se vinieron debatiendo desde los noventa hasta hoy.

Una de estas modalidades de transferencia suele ser referida como lineal o clásica. En este esquema la universidad desarrolla tecnología a partir de otra de sus funciones sustantivas, la investigación, y lo hace de manera completamente independiente y autónoma. Una vez alcanzada la innovación la universidad negocia con el sector industrial la patente o comercialización del desarrollo a través de su actividad de transferencia. Los modelos llamados interactivos (Siegel [7]) señalan que esta actividad comercial que se desarrolla en el marco de la transferencia genera fuentes de financiamiento que estimulan el desarrollo de algunas líneas de investigación en desmedro de otras con menor potencial de comercialización. Así, estos modelos advierten que el aparente intercambio neutro, en el sentido de que no impacta sobre las otras funciones sustantivas de la universidad, en realidad impacta orientado y condicionando la investigación hacia necesidades, no sociales, sino de mercado.

Para comienzos de 2000 Henry Etzkowitz [8] acuñó el conocido modelo de la triple hélice en el que se plantea la interacción universidad-empresa-estado como unidad mínima de análisis para los procesos de transferencia. La propuesta reconoce tres modalidades de organización de estos actores en relación a la transferencia: uno alude a un estado con fuerte intervención en la economía por lo que regula y contiene a los otros dos sectores, otro en el que los tres actores mantienen autonomía y establecen articulaciones puntuales, y por último un tipo de articulación singular entre organizaciones que da en llamar híbridas que podrían formar parte de los tres sectores. En cualquiera de estos casos el modelo de la triple hélice plantea siempre, al igual que los dos modelos antes señalados, que transferencia se da desde la universidad hacia la empresa; tal vez lo distintivo de estos análisis refiere a la especial atención prestada al Estado quien mediaría en cada caso de forma diferencial.

A modo de síntesis podemos decir que si bien cada uno de estos modelos proponen diversas modalidades de interacción / articulación, básicamente analizan y caracterizan a los actores de la misma manera. Se refieren a los/as investigadores/as y científicos/as de las universidades como productores primarios de conocimiento y tecnología. Refieren también a lo que López [5] da en llamar “administradores de la tecnología universitaria” quienes representan los intereses de la universidad en su intercambio con el sector productivo / la industria y suelen ser oficinas de transferencia. En cuanto a las empresas con las que se comercializan la tecnología se las identifica como fuente de recursos. Eventualmente se reflexiona acerca del origen del capital (nacional o multinacional) y el tamaño de estas compañías (Pymes, grandes empresas, etc.). Algunos autores reflexionan sobre las dificultades en la posibilidad de realizar transferencia, en los términos que se vienen planteando, cuando las empresas no cuentan con unidades de I+D o personal formado en ciencia y tecnología. En ese sentido, se señala como un actor central en la transferencia a los/as científicos/as y tecnólogos/as de las empresas, quienes se encargarían de analizar e incorporar las innovaciones producidas por las universidades. Por último, estos estudios suelen abordar el papel del Estado como regulador o

en algunos casos como un actor interviene activamente en el proceso de transferencia (Sábato [9]) y el papel de las políticas de C y T en relación con estos procesos.

3. Analizando un desencuentro: Transferencia y Economía Social y Solidaria

Ahora bien, es dable señalar que estos estudios no suelen detenerse demasiado respecto de la heterogeneidad del sector industrial / productivo / empresarial. Como ya mencionamos anteriormente, en términos generales algunos autores sí hacen referencia a la nacionalidad del capital, el tamaño de la empresa y eventualmente la participación del estado como accionista; sin embargo no se dedica ningún análisis especial a las organizaciones productivas pertenecientes a la Economía Social y Solidaria (ESS). Incluso algunos referentes locales que reconocen la importancia de la economía social o popular (Martínez [10] [11]) clasifican a estas empresas como “sectores sociales” diferenciándolos de las “industrias” y señalando las dificultades particulares que presentan estos actores de la economía en materia de transferencia de tecnología. El autor caracteriza a la industria y a lo que da en llamar “sectores sociales” de manera ostensiblemente diferenciada: En sus propias palabras: “Se habla de los dos campos. La diferencia es que en el primer caso, las industrias pueden tener necesidades subjetivas razonablemente claras. Por el contrario, los sectores sociales suelen tener necesidades objetivas, que a veces se perciben con claridad desde dentro de la comunidad y otras veces no. Por lo tanto, en el segundo plano es normalmente necesario transitar primero por una etapa de identificación del problema a resolver, que es más laboriosa e interdisciplinaria que la que se plantea cuando el interlocutor es un industrial.” [10]

De este modo las actividades productivas de la economía social son o bien homólogas a empresas de capital o identificadas como actores con dificultades para recibir / apropiarse de la producción de ciencia y tecnología de la universidad. En este punto es necesario subrayar que en términos generales todos los modelos plantean como fuente de innovación y de generación de conocimiento a la universidad, es por ello que el debate se plantea respecto de la adecuación en la forma de trasladar ese saber al sector productivo. Nos interrogamos entonces por la naturaleza de estos desencuentros.

Lo que damos en llamar Economía Social y Solidaria, constituye un campo en construcción que contiene una diversidad de conceptualizaciones, organizaciones, perspectivas y prácticas en torno a la satisfacción de necesidades individuales y colectivas, orientadas a la reproducción de la vida (Pastore [12]; Coraggio [13]). En nuestro país se utiliza la expresión para designar un espacio plural que incluye a las cooperativas y mutuales, en tanto experiencias más institucionalizadas, así como a la diversidad de iniciativas que surgen más recientemente como respuestas a la crisis del empleo y el retiro del Estado entre los años 70 y 90. Por ejemplo las empresas recuperadas por trabajadores, las iniciativas de producción, consumo y servicios comunitarios y asociativos vinculadas a movimientos y organizaciones sociales, las finanzas solidarias, las redes de producción y comercialización, entre muchas otras.

Tomando en consideración solamente al sector más formalizado, el de las cooperativas y mutuales, la información disponible (INAES [14]) registra 17 mil organizaciones de diversa escala que agrupan unos 14 millones de asociados (más de un tercio de la población argentina) y abarcan un 10% del PBI. El mayor crecimiento de esta década se observa en el cooperativismo de servicios públicos (electricidad, telefonía, internet, agua potable, etc.), comunicaciones (televisión por cable, radiofonía, periódicos, imprentas, software libre, etc.), y en particular el cooperativismo de trabajo, que actualmente representa casi el 60% del total de entidades registradas y más del 75% de los puestos de trabajo generados en el sector. El

crecimiento de este último fue motorizado por tres grandes vías: cooperativas impulsadas por grupos asociativos autogestionados; aquellas vinculadas a procesos de recuperación de empresas y fábricas; y las inducidas por el Estado a través de distintos programas públicos de inclusión social con trabajo (Pastore [15]).

En la medida en nos referimos a organizaciones del mundo económico, sería esperable suponer que la articulación se daría en clave de transferencia de conocimiento y/o de tecnología. Pero ese no es el caso.

Podemos inferir, además, que las dificultades en articulación de procesos de transferencia tecnológica entre universidades y el campo de la ESS no podría deberse a una cuestión de escala, ya que se trata de un sector productivo de gran significación para la industria de bienes y servicios a nivel nacional.

Ahora bien, ¿qué vinculación tiene el sector de la ESS con la universidad? Cuando ponemos la mirada en la relación entre empresas u organizaciones de la economía social y la Universidad la conexión no se vincula a las actividades de investigación (a excepción de los casos en los que las organizaciones se constituyen en objetos de estudio) y tampoco a la transferencia. Sin embargo, nos encontramos con una gran proliferación de proyectos y programas de extensión dedicados a la temática.

Es precisamente en relación extensión que las organización de la ESS parecen mantener su vinculación con la Universidad donde, en la mayoría de los casos, se desarrollan actividades de apoyo y acompañamiento frente a la identificación de una serie de dificultades o por la pertenencia de esos colectivos a sectores vulnerables. Sin embargo se omite o minimiza un aspecto que nos parece central; que se trata de organizaciones productivas que integran el mundo económico y cuya actividad es la de generar valor mediante procesos y artefactos tecnológicos. Claramente estas organizaciones difieren de las empresas de capital respecto de la apropiación del este valor, ya que son empresas cuyo propósito no es el lucro sino, por ejemplo, la generación de empleo, el consumo organizado, etc.

4. Enfoque socio técnico y responsabilidad social universitaria

Frente a este primer avance del análisis que, a nivel descriptivo, parecía encontrar su límite, se presenta la necesidad de revisar los supuestos y el enfoque metodológico para el estudio de este fenómeno.

En primer lugar, es preciso revisar la idea misma de innovación tecnológica. Abordar la dimensión socio técnica en la construcción de saberes, organizaciones y artefactos nos permite aportar una nueva perspectiva de análisis. Perspectiva especialmente relevante en la medida que nos permite poner de manifiesto reduccionismos, tensiones y contradicciones, que nos dan herramientas para explicar el fracaso de muchas iniciativas de transferencia tecnológica por fuera de la lógica de la reproducción del capital. En este sentido, diferentes autores (Bijker [16]; Dagnino [17]; Thomas [18][19]) han planteado una discusión sobre las formas hasta ahora existentes de entender las tecnologías y han propuesto nuevos conceptos para superar falsas dicotomías y abordar la complejidad de los fenómenos implicados.

El enfoque socio-técnico nos permite reenmarcar (reframe) nuestro análisis tanto sobre las tecnologías, como sobre la transferencia tecnológica. Considerando, por un lado, la no neutralidad de las tecnologías y por otro, la interdependencia entre las construcciones tecnológicas y las construcciones societales. En ese sentido, no es posible considerar a los artefactos y sistemas como meros derivados del progreso tecnológico (determinismo tecnológico) o simples consecuencias de los cambios económicos, políticos o culturales (determinismo social), sino como resultados de un proceso auto-organizado de adecuación

socio técnica. Esto implica, que en determinados contextos sociales, en una situación histórico temporal concreta, se construye el funcionamiento de determinados artefactos, conocimientos o sistemas tecnológicos. Y es, en estos entramados, en el tejido sin costura socio técnico, en el que se inscriben las dinámicas de cambio social. Este enfoque dio lugar al desarrollo de algunas herramientas conceptuales y metodológicas. Se propone el constructo Tecnologías Sociales (TS), entendido como: “una forma de diseñar, desarrollar, implementar y gestionar tecnología orientada a resolver problemas sociales y ambientales, generando dinámicas sociales y económicas de inclusión social y de desarrollo sustentable.” [19]. Las TS, en tanto que objeto complejo y multidimensional, alcanzan un amplio abanico de producciones de tecnologías de producto, proceso y organización. Esta perspectiva, es potencialmente más fecunda para abordar problemas sistémicos, superando las limitaciones de concepciones lineales. También re posiciona a los actores científico-técnicos, desde la confortable neutralidad del escritorio y el laboratorio al centro de la puja de intereses sociales en conflicto. En la perspectiva de la tecnología social, ya no se trata de “transferencia y difusión” de soluciones preconcebidas en laboratorios, sino de procesos participativos de co-construcción y resignificación de tecnologías y grupos sociales. Las TS para ser tales deben ser las impulsoras y el resultado de dinámicas locales de producción, cambio tecnológico e innovación socio-técnica. Abordar la relación entre universidad y el sector de la ESS desde el recorte de las TS permite orientar la mirada sobre la relación construida y superar la mera descripción de los componentes.

Estos mismos estudios del campo de la Ciencia, Tecnología y Sociedad advierten, tal como ya hemos mencionado, que el tipo de innovación producida a partir de estos modelos de intercambio entre universidades y empresas, orienta la producción de tecnología hacia un sector: “las políticas dirigidas a atender los procesos de innovación mainstream tienden a focalizarse (casi exclusivamente) en la obtención de renta por parte de empresas en mercado convencionales (globalizados) a través del desarrollo de nuevo productos y procesos en colaboración con institutos científicos y tecnológicos e inversores institucionales”[20]. Debemos entonces interrogarnos sobre cómo se construye el no funcionamiento de la relación entre Universidad y ESS en clave de innovación tecnológica.

Existe, sin embargo, una relación que sí ha resultado fructífera, la vinculación entre organizaciones de la ESS y proyectos y programas de Extensión universitaria.

Desde el hito fundacional de la reforma universitaria de 1918 a la actualidad las prácticas y los debates sobre la extensión se han agudizado y diversificado. A un siglo de los primeros postulados es adecuado preguntarnos cuál es el impacto de la extensión universitaria.

En ese sentido, diversos autores comprometidos con la temática (Arocena [21] ; Muñoz Cancela [22]) desde disciplinas y enfoques diferentes parecen coincidir en la necesidad de un abordaje integracionista, complejo y articulado de las funciones sustantivas al servicio de la potencia transformadora de la institución universitaria. Abordaje que requiere un posicionamiento político y un enfoque estratégico contra hegemónico. Partiendo desde y poniendo en valor a la extensión pero sin limitarse a ella. En ese sentido, el Programa Universitario de Incubación Social al que pertenece la ITS es una respuesta institucional a este enfoque que se plantea explícitamente superar la lógica fragmentada de la gestión de proyectos para fomentar procesos de innovación tecnológica con impacto económico.

Pensando en hacer un aporte concreto a lo que proponen estos enfoques desde nuestros espacios de pertenencia institucional, se realizó la experiencia de intercambio que relatamos a continuación.

5. La experiencia: Incubadora de Tecnología Social UNQ y estudiantes de ingeniería de UTN-FRA

Se trató de la participación de organizaciones de primero y segundo orden en el marco de la cursada de la asignatura. Desde el punto de vista pedagógico, tenía como objetivo estimular a los/as estudiantes a realizar sus informes finales de integración (instancia central de evaluación de la materia) analizando la experiencia de alguna empresa de la ESS, prestando especial atención a las características de las tecnologías requeridas por estas empresas. Una diferencia, que en términos conceptuales, los/as estudiantes podían suponer era que, si bien estas empresas se integran a la economía de capital y en ese sentido requieren ser competitivas en los términos más clásicos, como cooperativas de trabajo la generación de riqueza está al servicio del fin primario de generación de empleo.

Sin embargo, entendimos que la propuesta podía ir más allá de la presentación de una experiencia aislada y encontramos significativo que los/as estudiantes pudieran identificar y valorar el conocimiento y las tecnologías que estos actores producen y con los que generan valor. En este sentido, recuperaremos aquí algunos momentos de la presentación que realizaron dos compañeros de una cooperativa de cartoneros/as para ilustrar la complejidad que encierra este proceso y para mostrar cómo contribuyó a este objetivo.

Reciclando Trabajo y Dignidad es una cooperativa de trabajo radicada en la zona sur de la ciudad de Buenos Aires. El origen de esta como otras cooperativas de recuperadores urbanos se remonta a unas primeras experiencias de asociación de personas que durante la crisis del 2001/02 perdieron sus empleos y procuraron su subsistencia buscando alimentos entre la basura y materiales que pudieran comercializar. Reciclando Trabajo y Dignidad se originó a partir de una capacitación sobre armado y reparación de PC y se constituyeron formalmente como cooperativa de trabajo en 2010. En el año 2012 pudieron presentarse por primera vez a una licitación de la Ciudad de Buenos Aires para la recolección de residuos sólidos urbanos. Actualmente la cooperativa está integrada por aproximadamente 60 socios/as, 25 de los/as cuales trabajan en sus dos plantas de procesamiento y los/as restantes hacen la recolección con los carros. El secretario de la cooperativa, Armando, nos explicaba: “cuando arrancamos con esta cooperativa nos dedicamos a hacer RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos). La cooperativa se crea con compañeros cartoneros que no tenían idea de qué era este material (RAEE), por lo que se ofrecieron cursos de capacitación en relación al armado y desarmado de las computadoras, para conocer cuáles eran los componentes. El reciclado que se hacía era el desguace de la computadora: chatarra, plástico, cable, los metales que tienen las plaquetas electrónicas, aluminio. Todo lo contaminante se guardaba clasificado en cajones de madera en un cuarto oscuro.”

Cuando consiguieron la licitación y ampliaron la cooperativa fueron los mismos socios/as cartoneros/as que capacitaron a los nuevos socios respecto de cómo clasificar papel y RAEE. “Esto costó años”, nos explicaba Luis, el presidente. La cooperativa tiene dos plantas para la clasificación y el procesamiento del material y un centro de formación profesional. Cabe destacar de la presentación que hicieron Luis y Armando que se subrayó la importancia que los/as cooperativistas le asignan al conocimiento en la medida en que se vincula directamente con la generación de valor.

Para profundizar el análisis de esta presentación, nos interesa en este punto recuperar algunos estudios etnográficos que han analizado las trayectorias y actividades de cooperativas de cartoneros/as. Algunos de estos trabajos han dado cuenta detallada de las innovaciones tecnológicas producidas en cooperativas de cartoneros/as y empresas recuperadas (Carenzo [23][24][25]). Más aún, estos estudios dan cuenta de que es la forma asociativa la que ha

posibilitado a producciones de innovaciones que impactan directamente en la generación de valor.

Los estudios realizados en el campo de las ciencias sociales sobre las cooperativas de cartoneros/as coinciden respecto de que esta actividad productiva se caracteriza básicamente por la comercialización de los materiales recolectados -en la vía pública u a través de algún tipo de acuerdo / donación de instituciones. Este comercio se caracteriza por tener muchos intermediarios, por tener muchos vacíos de regulación y por la formación monopólica u oligopólica de los precios (Ibáñez [26]).

Tal como nos explicaban durante la presentación, los/as socios/as de cooperativa que se ocupan de la recolección dejan el material recolectado en la planta de la cooperativa y: “(...) ahí se prensa el material, y después en la semana se hace la liquidación de lo que es la venta. Porque la cooperativa tiene la prensa. En la prensa entra todo el material, se compacta y vos le estás agregando valor ahí, y al venderlo a la industria lo vendes a otro valor. El galponero ponele te está pagando alrededor de \$1,30 el kilo de cartón y a la industria, vos lo llegás a vender con ese agregado de valor que es la prensa donde vos clasificás el material, lo que es cartón y lo que es segunda, lo podés llegar a comercializar cerca de los \$3. Estar organizados en cooperativas significa esto, vos te parás de otro modo frente a la industria.”

En esta intervención se hace alusión clara a la estrategia utilizada por la cooperativa para agregar valor al “material” que sería comercializado: la disponibilidad de la prensa por un lado, pero también el conocimiento necesario para realizar la clasificación. Desde un enfoque económico clásico uno podría suponer que se trata de una “cadena de valor” en la que las cooperativas de cartoneros/as son un eslabón más, agregan valor en la medida en que disponen de artefactos tecnológicos que les permitan procesar ese material (presas, molinos, extrusoras, pelletizadoras, despulpadoras). Este tipo de análisis encierran el supuesto de que la tecnología proviene de un aporte externo. En consonancia con los modelos de transferencia antes desarrollados, la tecnología sería provista por algún actor especializado en el campo de la ciencia y de la técnica. Sin embargo, especialistas en este tipo de cooperativas señalan que: “A más de diez años de la emergencia del fenómeno cartonero en Argentina, el proceso de trabajo, así como las tecnologías y maquinarias empleadas, no registran transformaciones significativas. Salvo pocas excepciones, la mayoría de las experiencias desarrolladas por cartoneros/as concentran sus actividades en la clasificación de los materiales recolectados y/o recuperados, antes que en su procesamiento.”

Ahora bien, esto no significa que no se produzcan innovaciones en el marco de esta actividad. Precisamente este autor afirma que estas organizaciones producen y adaptan tecnología constantemente. Tal vez la clave para poder dar cuenta de esto está en el enfoque que adoptan este tipo de estudios. Nos referimos a un enfoque constructivista de la tecnología, que antes mencionábamos, que permite analizar la práctica tecnológica y de este modo apartarse de aquellas ideas más deterministas o instrumentales. Por ello que este tipo de estudios permite hacer visibles aquellos procesos de innovación producidos al interior de estas organizaciones en estos complejos entramados de relaciones. Asimismo nos permite corrernos de esa mirada estrecha sobre la innovación que sólo nos permite reconocer el grado de aplicación o no de innovaciones producidas por “expertos” o “técnicos”, claramente externos a las organizaciones y usuarios de las mismos.

El trabajo de Carenzo [24] da cuenta de una “(...) una profusa elaboración de taxonomías, procesos fisicoquímicos, artefactos y dispositivos materiales (maquinaria y herramientas) desarrollados con relativa autonomía del sistema científico-tecnológico de producción de conocimiento y transferencia, pero no por ello menos sistemáticos y complejos.”

Retomando esta idea podemos analizar lo que Luis nos decía durante la presentación a los estudiantes de ingeniería: “Hoy en día aparecieron los chinos que te compran esto ((señala un pet transparente)) para hacer el polar. Las botellitas de color te pagan menos, pero estas se llaman cristal. Si vos las vendes suelta te están pagando \$ 2, pero si vos la metes en un molino, las chispeas a grano de arroz, como la llaman, los chinos te está comprando casi a \$5 el kilo y vos vendes toneladas. Entonces vos le agregás valor siempre al material que vos recolectás.”

A lo largo de la presentación los cooperativistas siguieron ejemplificando con procesos, técnicos y conocimientos puestos en juego para optimizar la clasificación y eventualmente procesar algún material. Asimismo siempre hicieron una referencia explícita respecto de que es la incorporación de saberes y tecnología lo único que les permite agregar valor a sus “materiales” recolectados.

Es interesante notar, que estos procesos de innovación socio-técnica, que se producen puertas afuera de los centros de I+D, tiene la enorme potencia tanto en su dimensión técnica y económica como respecto de la pertinencia social de los resultados obtenidos: “Acá por ejemplo se produce mucho tetra-brick (...) Hace unos años atrás había una sola cooperativa que se dedicaba a comprar el tetra-brick. De eso estaba inundado por la ciudad porque no lo juntaba nadie. Cuando lo empezaron a comprar... ¡te imaginás! Los compañeros hacían chapas, chapas para los techos de las casas. (...) Hay empresas en otras partes del mundo que tienen la tecnología para separar el cartón del aluminio con el que está hecho el tetra-brick, acá todavía no se consiguió separar esos materiales. Entonces esta cooperativa empezó a fabricar chapas. Lo fundían de alguna manera, lo mezclaba con algún tipo de pegamento químico, hacían todo como una pasta, las ponían en los moldes en calor y las sellaban. Así las viviendas de barrios carenciados que tenían chapa de cartón tenían la posibilidad de tener este tipo de chapa que era un poquito más cara pero en el tiempo más resistente que la de cartón.” (Luis, Coop. Reciclando Trabajo y Dignidad.

Resulta interesante interrogarse respecto del proceso de producción de estos conocimientos. Se mencionaron capacitaciones ofrecidas por agencias estatales y también las generadas por la misma organización su propio centro de formación profesional. Sin embargo, retomando los estudios socioantropológicos antes mencionados, es posible señalar que gran parte de estos saberes son producidos informalmente, a partir del propio trabajo, de analizar las prácticas que otros actores de la “cadena de valor” realizan. De hecho en el relato antes citado parecen ser “los chinos” con su demanda los que orientan la innovación.

El siguiente testimonio de un socio de otra cooperativa de cartoneros/as analizado por Carenzo [23] ilustra con claridad el proceso mediante el cual estas cooperativas han ido generando sus propios saberes.

“Nosotros al principio juntamos todo el plástico junto y le decíamos PVC. No sé por qué le decíamos PVC. Bolsitas, polietileno, eso no se juntaba nada. Se juntaban cosas grandes y lo que hoy nosotros llamamos bazar, o polietileno de alta o polipropileno, en aquel momento le decíamos PVC todo junto. Porque donde lo vendíamos lo compraban todo junto y nos decían plástico, plástico duro. (...) O sea lo que hacía el tipo que nos compraba era comprarnos a lo que valía más barato, lo paga más barato y después separaba ganando el doble o el triple con la separación. Tuvimos que aprender a separar. (...) Yo fui siempre el más hinchapelotas en algunas cosas, entonces iba y le decía a compañeros de otras cooperativas que quizá conocían un poquito más de plástico. ¿Este que plástico es? Y me decían PP. Entonces yo agarraba un fibrón, le ponía PP y me lo traía. ¿Y este...? Cuando logre tener todo más o menos esos plásticos vine acá y les dije: compañeros, esto tenemos que empezar a ver. Yo lo que veía es que todos agarraban y prendían fuego y quemaban el material y después fuimos entendiendo

que los materiales reaccionan de forma distinta. Hay uno que, por ejemplo, vos lo querés prender fuego y no se prende fuego. El PVC por ejemplo, vos lo prendes fuego y se hace un carbón, no hace llama. Bueno, si prendíamos y no hacía llama era PVC o podía ser algún derivado del PVC pero bueno, más o menos estábamos más cerca. El polietileno tenía un olor a vela cuando vos lo prendías. El alto impacto tenía un olor medio dulzón y largaba un humo negro. El PET cuando lo prendés hace como si fuese que hierve el plástico y saltan cositas y larga un olor muy dulzón, entre dulzón y agrio, medio raro. Entonces tenías que aprender esas cosas y lo escribíamos como nosotros podíamos. Así fue que empezamos a clasificar en serio.”

Tal como lo analiza este autor, la clasificación construida por la cooperativa guarda correspondencia con clasificaciones científicas respecto de estos materiales. Lo que resulta sumamente interesante es el proceso narrado en el que surge una traducción de la terminología del sistema SPI (Sociedad de Industrias del Plástico) que funciona como standard a nivel mundial a otra clasificación análoga pero resignificada dentro del sistema de clasificación de la cooperativa. Entendemos que este tipo de estudios ponen en evidencia ese complejo entramado en el que se produce la innovación y es por ello que encontramos oportuno retomarlo para reflexionar acerca de la posibilidades de participación de las Universidades en estas particulares dinámicas sociotécnicas.

A lo largo de la toda la presentación de los integrantes de la cooperativa Reciclando trabajo y dignidad los ámbitos universitarios así como los “expertos técnicos” no fueron prácticamente mencionados, excepto en relación a un experiencia de “estudiantes de la UBA que hicieron un horno para fundir las plaquetas electrónicas”, sin embargo esa novedosa y tal vez muy valiosa innovación, al menos en término de economía de mercado, no generó ninguna expectativa en esta organización. Por otra parte, así como resultó llamativa la ausencia de articulación con universidades, se mencionaron múltiples y variadas demandas al Estado. De hecho, estas organizaciones tienen una larga trayectoria de negociación con agencias estatales sobre las que han construido experiencias muy significativas y valiosas para garantizar su continuidad y eventualmente su crecimiento. En ese sentido, si aplicáramos aquellos modelos de transferencia denominados “triple hélice”, los interrogantes nos llevarían a reflexionar acerca de la ausencia de articulación, o tal vez de intervención del Estado para la producción de tecnología, pero nunca permitirían visibilizar el hecho de estas organizaciones aún sin intervención explícita del sector universitario producen saberes y técnicas en diálogo con los modelos de la ciencia, como por ejemplo en la clasificación de los plásticos. Aún más, perderíamos la posibilidad de analizar, una relación efectivamente existente entre estas organizaciones y el Estado. Las cooperativas son contratadas para brindar un servicio de gran importancia como es la gestión de residuos pero esa relación no implica el apoyo al desarrollo (en clave C y T) de estas organizaciones.

6. Debate y nuevos interrogantes

Cuando nos propusimos traer organizaciones de la ESS a compartir sus saberes a estudiantes de ingeniería asumimos que estas organizaciones producen conocimiento y tecnología adecuadas a sus realidades. Sabemos que los modelos de transferencia que antes describimos se orientan a la producción de tecnología adecuada a las empresas de capital, y que en general la ausencia de producción de tecnología específica para el sector de la economía social está prácticamente ausente en la universidad; por eso entendimos que los conocimientos de estos cooperativistas serían novedosos para los/as estudiantes de ingeniería. En ese sentido, y a la luz de la escasa valorización de la función de extensión en comparación con la de formación y de investigación, entendimos que era significativo que estos actores entraran a la universidad

de otra manera: a compartir sus saberes en el marco de un trayecto la formación profesional de ingenieros e ingenieras que esperamos que puedan ampliar su horizontes de inserción profesional con este tipo de actividades.

La experiencia es limitada pero logra dos objetivos relativamente ambiciosos: a-inverte la relación clásica entre las organizaciones de la ESS y la universidad: el dispositivo ubica a las cooperativas como productoras de conocimiento y con un saber específica.b- Muestra la especificidad del conocimiento orientado a la ESS: las experiencias presentadas describen tecnologías que no funcionan con la lógica de reproducción del capital.

En la descripción de la experiencia, quedó planteada la centralidad del conocimiento y la tecnología en la generación de valor para esta actividad que se desarrolla en el marco de la ESS. Saberes y tecnologías que allí se producen en algún sentido dialogan con las clasificaciones de la ciencia. Por supuesto que reconocer que las empresas cooperativas producen conocimiento y tecnología no implica negar que requieren, también, soluciones tecnológicas. Producir conocimiento que de cuenta de la especificidad de este sector amplía el campo de conocimiento y la inserción profesional de la ingeniería. Ahora bien, tan cierto que la universidad tiene mucho para aportar en este campo como que ese aporte debe enmarcarse en un proceso de recuperación y valoración de saberes y, a partir de allí, allanar el camino cultural y metodológico que permita dar cuenta de su especificidad sociotécnica. Consideramos que la articulación intersectorial y transdisciplinaria es vital para construir este nuevo nicho productivo.

En este sentido, esta experiencia supone la construcción de espacios intersectoriales en dos aspectos. Por un lado, la Incubadora de Tecnologías Sociales es, en su misma, un espacio interactoral. Ya en su primera convocatoria se aprobaron 8 incubadoras, articuladas a 11 federaciones nacionales, 4 redes regionales, más de 30 organizaciones de la ESS, 5 universidades nacionales, 13 proyectos de extensión, 9 espacios de formación y varios proyectos de investigación que forman parte orgánica de cada incubadora. Por otro, el dispositivo concreto de las conferencias en aula, articula al sector cooperativo y la profesionales en formación invirtiendo la relación tradicional entre productores de saber y destinatarios del mismo.

Ahora bien, el potencial de esta articulación intersectorial es enorme pero encierra problemas a los que es necesario atender: la asimetría de poder entre ambos actores (universidad - cooperativas) que condiciona la calidad y cualidad de los intercambios; el imaginario social de la universidad proveedor de conocimiento y receptor de demandas (no se trata de "escuchar mejor" sino de construir capacidades para trabajar conjuntamente); la lógica de reproducción académica que no permite que estas experiencias sean acreditadas ni valoradas adecuadamente; los intereses del mercado capitalista que está siempre en mejores condiciones de condicionar las agendas de I+D.

7. Referencias

- [1] MUÑOZ CANCELA, C. y ROSAS, G. (2015). Tecnologías, Universidad y Sociedad: procesos de construcción social de artefactos y posibilidades. *Revista de Investigación en Psicología Social*, Publicación de las Cátedras Psicología Social y Sociología de la Infancia, Facultad de Ciencias Sociales / Universidad de Buenos Aires (UBA), ISSN: 2422-619X.
- [2] MUÑOZ CANCELA, C., y ROSAS, G. (2015). Tecnologías para el fortalecimiento de la Economía Social y Solidaria (ESS): desafíos del Programa Universitario de Incubación Social (PUIS). *IX Congreso RULESCOOP* (La Plata, 2015).

- [3] ALTSCHULER, B y MUÑOZ CANCELA, C (2015) De la extensión a la formación y la incubación. El desarrollo de prácticas académico territoriales en Economía Social y Solidaria en la Universidad Nacional de Quilmes. *Revista de Extensión Universitaria +E* - Año 5 (5) - ISSN 2250-4591 -
- [4] TARAPUEZ CHAMORRO, E. OSORIO CEBALLOS, H., PARRA HERNÁNDEZ, R. (2012) Burton Clark y su concepción acerca de la universidad emprendedora. *Tendencias* Vol. XIII. No. 2 – pp. 103-118
- [5] LÓPEZ G., MS; MEJÍA C., SCHMAL S., (2006) Un Acercamiento al Concepto de la Transferencia de Tecnología en las Universidades y sus Diferentes Manifestaciones. *Panorama Socioeconómico*, Vol. 24, núm. 32, julio, pp. 70-81
- [6] COHEN D. (2007) *Tres lecciones sobre la sociedad postindustrial*. Buenos Aires: Katz
- [7] SIEGEL, D.; WALDMAN, D.; LEANNE, A.; LINK, A. (2004) Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Research Policy*, N° 32 pp. 27-48.
- [8] ETZKOWITZ, H., y RANGA, M. (2010). A Triple Helix system for knowledge-based regional development: from “spheres” to “spaces”. *VIII Triple Helix Conference*. Madrid, Octubre 2010.
- [9] SÁBATO, J. (2004) *Ensayos en campera*. Bernal: Editorial UNQ.
- [10] MARTÍNEZ, E (2012) Tendría poco sentido que la universidad no tenga como meta el vínculo con la comunidad. *La universidad* Año IX N° 57 Mayo 2012
- [11] MARTÍNEZ, E (2014) *Una que podamos todos. Reflexiones y experiencias de la producción popular*. Buenos Aires: Ediciones construcción colectiva
- [12] PASTORE, R. (2010). Un panorama del resurgimiento de la economía social y solidaria en la Argentina. *Revista de Ciencias Sociales*, N° 2 Vol. 18.
- [13] CORAGGIO, J. L. (2007). Una perspectiva alternativa para la economía social: de la economía popular a la economía del trabajo. In: CORAGGIO, J. L. (organizador) *La Economía Social desde la periferia. Contribuciones latinoamericanas*, Buenos Aires: Altamira.
- [14] INAES (2008), Las Cooperativas y las Mutuales en la República Argentina, *Informe de Reempadronamiento Nacional y Censo Económico Sectorial de Cooperativas y Mutuales*, Buenos Aires: INAES
- [15] PASTORE, R. (2006). Diversidad de trayectorias, aproximación conceptual y pluralidad de proyectos de la Economía Social. Buenos Aires, documento del Centro de Estudios de Sociología del Trabajo, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

- [16] BIJKER, W. (1995). *Bikes, Bakelite, and Bulbs: Steps Toward a Theory of Socio-Technical Change*. Massachusett: MIT Press
- [17] DAGNINO, R. y THOMAS, H. (2000) Elementos para una renovación explicativa normativa de las políticas de innovación latinoamericanas. *Revista Espacios*. Vol. 21 (2)
- [18] THOMAS, H. (2009). De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales. Conceptos/estrategias/diseños/acciones. Ponencia presentada en la 1ra *Jornada sobre Tecnologías Sociales*, Programa Consejo de la Demanda de Actores Sociales-Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires.
- [19] THOMAS, H. (2009). *Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina. Notas para un proyecto de investigación sobre Tecnología Social a escala regional*. Edición: GAPI-UNICAMP y IESCT-UNQ.
- [20] THOMAS, H. (2015) De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales: algunos dilemas persistentes de los movimientos alternativos de innovación. In: THOMAS H., ALBORNOZ M. B. y PICABEA F. (organizadores) *Políticas Tecnológicas y Tecnologías Políticas: Dinámicas de Inclusión, Desarrollo e Innovación en América Latina* Universidad Nacional de Quilmes -p 14-66
- [21] AROCENA, R. (2010). Curricularización de la extensión: ¿por qué, cuál, cómo? In AROCENA et alt. *Integralidad: tensiones y perspectivas*, Cuadernos de Extensión p 9-18
- [22] MUÑOZ CANCELA, C. (2012) Responsabilidad Social Universitaria: Aportes al enriquecimiento del concepto desde la perspectiva de las prácticas. *Documento de Trabajo No23*. IUDC-UCM. ISSN: 2253-8542 –Madrid.
- [23] CARENZO, S. (2014) Creatividad (socialmente) dislocada: Sociogénesis de un proceso de “innovación” desarrollado en torno al reciclado de residuos. En actas del *XI Congreso Argentino de Antropología Social*. Rosario, 23 al 26 de Julio de 2014
- [24] CARENZO, S. (2014) Lo que (no) cuentan las máquinas: la experiencia sociotécnica como herramienta económica (y política) en una cooperativa de “cartoneros” del Gran Buenos Aires. *Antípoda Revista de Antropología y Arqueología* No. 18, pp. 109-135
- [25] CARENZO, S. (2011) Desfetichizar para producir valor, refetichizar para producir el colectivo: cultura material en una cooperativa de “cartoneros” del Gran Buenos Aires. *Horizontes Antropológicos*, Porto Alegre, año 17, n. 36, p. 15-42,
- [26] IBÁÑEZ J y CORROPOLI M. (2002) *La valorización de residuos sólidos urbanos*. Comodoro Rivadavia: Facultad de Ciencias Económicas, U.N.P.S.J.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

“PARTICULARIDADES DE LA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD EMPRESA EN EL NORTE ARGENTINO”

Patricia Paola Zachman, Universidad Nacional del Chaco Austral, ppz@uncaus.edu.ar

Patricia Ingrid Dupertuis, Universidad Nacional del Chaco Austral,
patriduper@hotmail.com

Resumen— En las últimas décadas, las universidades argentinas, se insertan en el entorno productivo a partir de la creación de incubadoras de empresas universitarias, convertidas en uno de los mecanismos de transferencia de tecnología de referencia. Estas empresas, conocidas como Spin-Off, surgen idealmente a partir de ese conocimiento generado en el interior de las universidades. El presente trabajo presenta, en una apretada síntesis, las conclusiones de un estudio de las principales características y el estado actual, en el grado de vinculación tecnológica de las universidades argentinas geográficamente ubicadas en el norte del país, respecto de la conversión de la investigación científica en valor empresarial y comercial.

La creación de empresas nacidas de la universidad es un fenómeno complejo de estudiar por los razones multifactoriales que intervienen en el mismo. Este estudio exploratorio puede dar cierta dirección para que universidades no copien un sistema, sino que adecuen las mejores prácticas a sus necesidades regionales, a sus infraestructuras académicas e inversiones económicas y poder obtener resultados óptimos en la creación de empresas de base tecnológica.

Palabras clave— *I+D+i universitaria, incubadoras de empresas de base tecnológica, spin-off, caracterización.*

1. Introducción

Un componente importante en el desarrollo de la educación superior universitaria es el énfasis en el vínculo de las siguientes dimensiones: las demandas del mercado laboral-empresarial-profesional, los requerimientos de la sociedad, y la gestión de la autorrealización humana. La Universidad, el sector productivo y los gobiernos regionales son los actores principales en la dinámica de la relación Universidad - Mercado – Estado.

La transferencia de tecnología es entendida como un proceso mediante el cual la tecnología es cargada a través de los límites de dos entidades que bien pueden ser países, empresas e incluso individuos, dependiendo del punto de vista del observador o investigador [3]. El objetivo de la transferencia de una determinada tecnología es posibilitar que el receptor utilice la tecnología en las mismas condiciones y con los mismos beneficios que el proveedor, para sus propósitos de innovación tecnológica. De hecho, hablar de transferencia implica que exista un acuerdo consensuado (licencia, proyecto, incorporación de persona entre el proveedor y el receptor de la tecnología) para este fin.

Tomando como referencia a Pérez & Botero[9] la transferencia de tecnología puede ser de 3 modos: comercial, no comercial y creación de nuevas empresas; el modo comercial surge entre la universidad y su contraparte ya sea la industria o el estado se realiza por medio de consultorías, investigación conjunta entre otras; en el modo no comercial se desarrolla desde

la universidad por medio de publicaciones o seminarios entre otros sin ningún tipo de interés comercial y contratos y por último el modo creación de nuevas empresas con el surgimiento de las "Spin-Off" universitarias.

En la literatura académica, Conti et al [1], define a las spin-off universitarias como aquellas empresas que germinan de una universidad, donde un grupo de investigadores componen la unidad empresarial con miras a la explotación de los conocimientos y resultados de la investigación desarrollada en propia Universidad. Ahora bien, es preciso señalar que los fenómenos considerados como spin-off no son homogéneos [8]. Así, las empresas creadas por un ingeniero recién recibido, un investigador que desea explotar comercialmente ciertos resultados de sus investigaciones o un profesor que desea reorganizar sus actividades de asesoramiento a la industria, constituyen ejemplos de fenómenos que se incluyen en el ámbito de las spin-off universitarias. Por tanto, las spin-off universitarias resultan ser fenómenos heterogéneos cuyas fronteras pueden variar de manera significativa según la percepción que sobre ellas tengan los agentes implicados sobre el terreno y los autores. En el siguiente apartado se identifican diferentes criterios que permiten apreciar la diversidad de fenómenos que contiene el concepto de spin-off universitaria, para concluir con una aproximación a las características y singularidades de las spin-off universitarias argentinas.

2 Factores generales que inciden en la germinación y el desarrollo de las Spin-Off Norteñas Argentinas

Para el estudio de las spin-off se consideraron la cantidad de incubadoras con sede universitaria en el Norte Argentino. De un total de 40 incubadoras registradas en el Ministerio de Industria acreditadas por el Programa de Acceso al Crédito y la Competitividad, de mencionan las ubicadas en el norte (Tabla 1).

Al introducirse en el tema del Spin-off universitario, se observa un campo amplio, heterogéneo, que lo caracteriza con una diversidad de conceptos utilizados para nombrar un hecho también diverso, lo cual ejemplifica los múltiples enfoques que puede adquirir la instauración de este negocio. Dentro de nuestro medio científico - tecnológico, el perfil clásico del emprendedor de países desarrollados es difícil de encontrar. Puede haber creatividad, deseos, buenos proyectos, pero el espíritu y la metodología empresarial, saberse desempeñar en el mundo de los negocios, "la calle", por lo general no está presente. Eso se denota por factores como:

- Déficit de carácter emprendedor: Las instituciones científicas, por lo general, no han desarrollado una política de promoción del emprendedor ni de las características de una universidad emprendedora. No existe cultura social relacionada con el riesgo y que acepte el fracaso habitual en operaciones tipo Spin-Off de alto riesgo comercial. Desde el punto de vista personal, para la mayoría de los investigadores, la creación de una empresa a partir de sus conocimientos y resultados no sólo está alejada de sus intereses, sino que tampoco se promueve como una alternativa para encaminar a un futuro profesional o a estudiantes graduados.
- Déficit organizativo: La función genérica de apoyo a la investigación, no contempla directamente la necesidad o conveniencia de creación de los Spin-Off, si bien algunas universidades han iniciado programas experimentales que incluyen incubadoras de empresas y servicios básicos de apoyo.
- Déficit de experiencia del equipo promotor de la idea: generalmente los promotores de nuevas ideas con potencialidades comerciales no presentan conocimientos y experiencia directiva. El número de emprendedores con conocimientos empresariales y una formación sólida científica y tecnológica, es insuficiente para hacer frente a las potenciales ideas que en un futuro debieran llenar las Spin-Off.

- Déficit de capital social o de recursos económicos: El ciclo de financiamiento está poco desarrollado, con poca experiencia en algunos de sus instrumentos. Hay poca tradición en capital de riesgo, inexistencia de inversionistas, así como pocos inversores especializados en Spin-Off de alto riesgo.

	Incubadoras	Ubicación	
Tabla En El	<ul style="list-style-type: none"> • Agencia de Desarrollo del Norte Misionero • UNCUTEL • Parque Tecnológico Misiones • UNNETEC – INNOVAR • UNCAUS • INTECNOR • INCUBA SALTA • Universidad Santo Tomás de Aquino • Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. Universidad Nacional de Catamarca • Centro de Empresarios de Famaillá 	<ul style="list-style-type: none"> • Puerto Esperanza - Misiones • Parque Tecnológico de El Dorado – Misiones • Misiones • Corrientes • Pcia. Roque Sáenz Peña.- Chaco • Resistencia.- Chaco • Salta.- • Tucumán.- • Catamarca.- • Tucumán.- 	1: Incubadoras Norte De La
	Argentina (Misiones – Corrientes – Chaco – Formosa – Jujuy – Salta – Tucumán – Santiago Del Estero – Catamarca)		

- Déficit en la sostenibilidad de empresas que surgen de incubadoras. Modelos de desarrollo no consolidados implican la revisión y ajuste continuo de las variables de supervivencia empresarial

Paradójicamente, el tema de las Spin-Off no es desconocido, es citado como estrategia en muchos planes de desarrollo económico o políticas de ciencia y tecnología, no solo en países como Colombia, Perú, Ecuador y Chile; sino también como parte de Planes Estratégicos Educativos en Argentina. Ello permite inferir que existe sensibilización hacia la importancia que implica la generación de las Spin-Off para el desarrollo económico y tecnológico de los países, particularmente argentino, pero faltan elementos impulsores y sustentadores para lograr resultados satisfactorios [11].

3 Singularidades de las Spin-off

La creación de empresas de base tecnológica de origen académico viene siendo objeto de numerosos estudios al ser una actividad que engloba muchos conceptos.

De hecho, además de los tradicionales objetivos de formación de profesionales y de investigación, las universidades deben vincularse con las comunidades en las que se encuentran inmersas. Las exigencias de los sistemas socio-económicos modernos han llevado a las universidades a incorporar actividades y aplicar políticas relativamente ajenas a las tradicionales misiones de dichas instituciones: la educación y la investigación. El aspecto de comercialización toma forma entonces, como la “tercera misión” de las universidades, de las cuales se espera que tengan vínculos estrechos con la comunidad en la que se ven inmersas,

realizando transferencia y vinculación tecnológica, asistiendo a empresas locales, creando empresas de base tecnológica, etc.

Básicamente, el concepto de tercera misión propone que las universidades utilicen la investigación, los derechos de propiedad intelectual, patentes, EBTA's y la transferencia de tecnología en un sentido amplio, buscando el desarrollo económico de la sociedad [2]. Esta tercera misión puede analizarse desde tres perspectivas diferentes:

- Misión Social: La universidad ofrece servicios gratuitamente al medio. De esta forma, se mejora la imagen de la institución y se beneficia a la comunidad. Ejemplos de estos servicios pueden ser clases para adultos mayores, muestras de arte, talleres de canto y baile, entre otros.
- Misión Corporativa: La universidad ofrece servicios con el objeto de aumentar sus ingresos. Algunas actividades de este tipo son los servicios de consultoría a empresas.
- Misión Innovadora: La universidad busca activamente captar capital de riesgo (capital semilla, inversores, fondos de riesgo), asesorar al estado o provincia y realizar desarrollos e innovaciones para industrias específicas.

De lo anterior, puede observarse que la creación de EBTA, puede servir de instrumento para satisfacer tanto los aspectos corporativos como innovadores de la tercera misión, reflejado por su inclusión en las políticas nacionales de ciencia y tecnología, así como por su fomento a través de instrumentos de financiación y el apoyo brindado por las UUNN, el CONICET y otros organismos del sistema científico tecnológico argentino.

3.1. Transferencia De Tecnología

El objetivo principal de la transferencia de tecnología es hacer llegar los conocimientos generados en institutos y organizaciones gubernamentales, financiados con fondos a la sociedad, en forma de nuevos productos o servicios, de la manera más rápida posible. Para lograr esto, es necesario poner estos conocimientos en manos de compañías privadas, las cuales tienen la posibilidad de explotarlos comercialmente. Estos acuerdos usualmente toman la forma de licenciamiento de patentes y acuerdos de transferencia y cooperación, en los que las empresas abonan cánones y regalías a cambio del derecho a uso del conocimiento transferido.

3.2. Sistemas de Innovación

Los sistemas de innovación son conjuntos de relaciones entre universidades, industrias y autoridades que comparten infraestructura, conocimiento y fondos a fin de producir y distribuir productos y servicios. El objetivo principal es lograr el crecimiento y el desarrollo de la región y de sus actores. Las universidades juegan un rol muy importante en estos sistemas, actuando como “madrinas” de empresas y actuando a modo de nodos regionales de innovación. En este caso, el rol de las universidades e institutos de investigación, acompañando la creación de empresas de base tecnológica, refuerzan el tejido productivo, colaborando al desarrollo socio-económico regional.

3.3. Empresa de Base Tecnológica

Las empresas de base tecnológica (EBT) vienen cobrando cada vez más relevancia económica, dada la creciente importancia del conocimiento y la tecnología en los sistemas económico-productivos actuales. Si bien el concepto de EBT está presente desde hace unos 40 años, a partir de los trabajos de Cooper [2] y Little [4], a la fecha todavía no hay consenso sobre la definición exacta de lo que constituye una empresa de base tecnológica. Cooper

(1971) propone que son “firmas que enfatizan la investigación y el desarrollo o cuyo énfasis principal es la explotación de nuevos conocimientos tecnológicos”. Little (1977) incorpora el riesgo, definiendo las EBTs como “empresas independientes con no más de 25 años de antigüedad, basadas en la explotación de una invención o de una innovación tecnológica, implicando un riesgo tecnológico sustancial”. La incorporación del término “nuevo” ha dado lugar a distintas interpretaciones. Mientras que algunos autores [7, 8] lo utilizan para referirse a la novedad de las tecnologías utilizadas por la empresa, otros investigadores [2, 4] lo aplican a la antigüedad de la firma en cuestión. La clasificación de empresas de la OECD en función de su nivel de intensidad en investigación y desarrollo (Tabla 2) sirve también como un indicador útil para saber si una empresa clasifica como EBT. El indicador se construye como el ratio entre presupuesto de I+D y ventas.

Categoría	Intensidad de I+D [%]
Empresas de baja tecnología	0 –0,9
Empresas de media/baja tecnología	0,9 -3
Empresas de media/alta tecnología	3 –5
Empresas de alta tecnología	< 5

Tabla 2. Intensidad de I+D. Fuente: Smith, K. [12]

3.4. Empresas de Base Tecnológica Académicas

La diversidad de fenómenos que se suceden en el marco de las spin-off universitaria implica una heterogeneidad de características en cuanto a las realidades que abarcan. Se presentan, a continuación, las diversas particularidades identificadas, avaladas por la literatura, que posibilitan la apreciación de singularidades [10].

a. Según la actitud de la universidad.

- Spin-off espontáneas, pasivas o pull spin-off: spin-off universitarias creadas por miembros de la comunidad universitaria sin que hayan recibido ningún apoyo por parte de la universidad.
- Spin-off planificadas, activas o push spin-off: spin-off universitarias creadas en el marco de una política voluntaria de apoyo llevada a cabo por las universidades, con el fin de favorecer y promover la transferencia de conocimiento y las iniciativas emprendedoras de sus miembros [7].

b. Según el estatus de las personas que han dado origen a la idea.

- Spin-off académicas: spin-off universitarias creadas por uno o más miembros de la comunidad científica, o incluso personas ajenas a la comunidad universitaria, con el fin de explotar comercialmente una parte de los conocimientos desarrollados en el marco de sus actividades de investigación. Dentro de este colectivo se incluye a profesores, ayudantes, investigadores, doctorandos, etc.
- Spin-off de estudiantes: spin-off universitarias creadas por estudiantes que, al término de sus estudios universitarios, han decidido constituir su propia empresa con intención de aprovechar una parte de sus conocimientos por la vía de la prestación de servicios o a través de actividades productivas con el objetivo de explotar una oportunidad de negocio en sectores que presentan, generalmente, débiles barreras de entrada y un escaso componente tecnológico. Dentro de este colectivo se observan a actuales o antiguos estudiantes de grado o de formación continua, que se las denomina start-up.

c. Según si el investigador se convierte en emprendedor.

- Spin-off promovidas por el investigador: spin-off académicas creadas por uno o más miembros de la comunidad científica universitaria con el fin de explotar comercialmente una parte de los conocimientos desarrollados en el marco de las actividades de investigación de la universidad.
- Spin-off promovidas por emprendedores externos: spin-off académicas creadas por personas ajenas a la comunidad científica universitaria con el fin de explotar comercialmente una parte de los conocimientos desarrollados en el marco de sus actividades de investigación [9].

En esta misma línea, según cuál sea el papel que adopte el investigador que está en el origen de la idea, se distinguen entre:

- Spin-off ortodoxas: spin-off académicas en las que se produce una transferencia a la nueva empresa tanto de tecnología como del inventor.
- Spin-off híbridas: spin-off académicas en las que se produce una transferencia a la nueva empresa de conocimiento, pero el inventor permanece en la universidad, si bien participa de alguna forma en el asesoramiento científico a la empresa.
- Spin-off tecnológicas: spin-off académicas en las que se produce una transferencia de conocimiento a la nueva empresa, pero el inventor permanece en la universidad y no mantiene ninguna conexión con la misma.

También en esta línea, según quién lleva a cabo los mayores esfuerzos para que se establezca la spin-off, se distinguen entre:

- Spin-off dirigidas por el inventor: spin-off académicas en las que el esfuerzo para su creación es llevado a cabo por los inventores de la tecnología que explotan.
- Spin-off dirigidas por un comprador: spin-off académicas en las que el esfuerzo para su creación es llevado a cabo por emprendedores externos interesados en crear empresas que exploten invenciones universitarias por medio de una licencia concedida por la unidad de transferencia tecnológica de la universidad.
- Spin-off dirigidas por un inversor: spin-off académicas en las que el esfuerzo para su creación es llevado a cabo por inversores, normalmente entidades de capital-riesgo, interesados en crear empresas que exploten invenciones universitarias por medio de una licencia concedida por la unidad de transferencia tecnológica de la universidad y que buscan, posteriormente, un emprendedor que se encargue de su creación .

d. Según si se transfiere conocimiento patentado.

- Spin-off basadas en tecnología patentada: son spin-off universitarias creadas para explotar la licencia de una tecnología patentada por la universidad [4].
- Spin-off basadas en tecnología no patentada: spin-off universitarias creadas para explotar un conocimiento no patentado por la universidad, normalmente, de carácter más genérico o que puede estar basado en un expertise o en un saber hacer.

Las spin-off universitarias basadas en conocimiento codificado y, en su caso, patentado suelen estar orientadas a ofrecer un producto al mercado, mientras que las basadas en conocimiento tácito suelen estar orientadas a ofrecer un servicio. Esta diferente orientación es importante, porque el perfil de la spin-off universitaria varía considerablemente en términos de actividades, gestión de los derechos de la propiedad intelectual, necesidades financieras para el desarrollo de prototipos, recursos requeridos, perspectivas de crecimiento y relaciones con la universidad. Así, las spin-off académicas que se basan en mayor medida en conocimiento codificado desarrollan una actividad industrial de fabricación y venta de productos, o de desarrollo y venta de tecnologías. Se dirigen desde

sus inicios a mercados regionales con alto potencial de crecimiento. Las spin-off académicas que se basan en conocimiento tácito desarrollan preferentemente una actividad de consultoría. Se dirigen a mercados regionales o nacionales, dada la importancia de la proximidad al cliente para una buena prestación del servicio. El conocimiento en que se basa la spin-off es desarrollado en muchas ocasiones por un solo investigador.

- e. Según la participación de socios externos en el capital de las spin-off.
 - Spin-off con capital externo: spin-off académicas que reciben en su etapa inicial financiación de grandes empresas, business angels o entidades de capital-riesgo.
 - Spin-off sin capital externo: spin-off académicas que no reciben en su etapa inicial financiación de grandes empresas o entidades de capital-riesgo.

Aunque el apoyo financiero de las entidades de capital-riesgo es posible y deseable porque añaden credibilidad, experiencia en gestión y redes de relaciones, en la práctica resultan insuficientes y, por tanto, impactan sobre un reducido número de spin-off [5]. Una alternativa a la que recurren es la financiación mediante capital-riesgo es la búsqueda de un socio industrial o de inversores privados.
- f. Según el tipo de actividad.
 - Consultoría y servicios de investigación: spin-off académicas que explotan las competencias clave de los investigadores mediante una extensión de sus actividades de investigación.
 - Producto: spin-off académicas creadas en torno a un concepto de producto o proceso, el cual se encargan de desarrollar, producir y comercializar. Estas spin-off se corresponden con el modelo emprendedor clásico.
 - Activos tecnológicos: spin-off académicas creadas para desarrollar tecnologías que posteriormente serán comercializadas a través de diferentes mecanismos. Su modelo de negocio está basado en la creación, desarrollo y gestión de activos tecnológicos.
 - Software: tiene ciertas características comunes con el caso anterior, ya que el producto de software suele dar lugar a acuerdos de licencias, pero se distingue del anterior en que suele incluir un proceso de producción del software, ya que en este caso existen bajas economías de escala.
- g. Según el modelo de desarrollo seguido por la spin-off.
 - Orientadas al crecimiento spin-off académicas que buscan un mercado global para la tecnología. Se caracterizan por tener una fuerte capitalización, y participan en el capital instituciones externas especializadas. Poseen equipos de gestión altamente profesionalizados, tienen fuerte orientación al crecimiento y su objetivo último es la obtención de beneficios vía dividendos.
 - No orientadas al crecimiento: spin-off académicas que buscan un mercado suficiente para sostener una vida confortable del fundador y su familia. Se caracterizan por tener una baja capitalización, capital en manos del entorno del fundador, baja capacidad de gestión, escasa o nula orientación al crecimiento y su objetivo último es la supervivencia.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, puede afirmarse que el fenómeno de las spin-off abarca una amplia casuística y que los límites del concepto de spin-off son difusos [2].

3.5. Características Institucionales que influyen la creación de Spin-Offs

La creación de una empresa dentro de un ambiente académico es un proceso complejo, y como tal, se encuentra fuertemente influenciado por las características de la institución académica madrina. Dentro de estas características, las políticas institucionales suelen ser las que más influyen la creación de EBTA. Particularmente, las decisiones de la institución referidas al otorgamiento o no de licencias exclusivas de explotación de los conocimientos en ella generados, la posibilidad de tener participación patrimonial en los nuevos emprendimientos, el otorgamiento de licencias o ausencias pagas al grupo emprendedor, así como las políticas relacionadas con el uso de sus instalaciones y el reparto de regalías. Si una institución académica tiene como objetivo estratégico, fomentar la creación de EBTA, debe alinear cuidadosamente todas las políticas anteriormente mencionadas, para facilitarle a los docentes e investigadores la presentación y puesta en marcha de nuevos proyectos. Las características organizacionales de las Unidades de Vinculación Tecnológica también son determinantes a la hora de encarar un proceso de creación de una EBTA. Además de los recursos económicos con los que pueda llegar a contar, es sumamente importante tener en cuenta la experiencia del personal que integra estas dependencias en la creación de empresas [6]. Otro aspecto fundamental es la vinculación con otras redes de emprendedores y de oficinas de vinculación. El financiamiento de proyectos de investigación por parte de empresas es otro factor que contribuye a estimular proyectos de creación de EBTA. Finalmente, cabe destacar que la cultura de la institución académica tiene una fuerte influencia en el comportamiento de los docentes-investigadores, así también como la presencia dentro de la institución de role-models [8].

4 Singularidades de las Spin-off: Análisis del Contexto

Los escasos trabajos que se han realizado en nuestro país, contienen una exigua información respecto de las empresas incubadas y sus pormenores, y, se han orientado principalmente y a realizar una presentación sobre el tema o bien a considerar estudios de caso. Por otra parte se ha realizado un relevamiento completo publicable de las incubadoras de empresas y su evolución que, sistematizable, haga disponible información acerca de sus orígenes, composición y performance en el tiempo¹. La información presentada por la web del Ministerio de Industria de la Nación² remite un mapeo geográfico de las incubadoras regionales o provinciales sin explayarse en otro contenido.

Estas cuestiones llevan a profundizar en el estudio exploratorio de las mismas, a los efectos de indagar acerca de sus características, así como la existencia y utilización de indicadores de desempeño. La primer etapa del trabajo de investigación se focaliza en el análisis de las empresas incubadas, dado que ellas constituyen el resultado efectivo de las incubadoras de empresas. A tal efecto se lleva a cabo un conjunto de entrevistas a responsables: gerentes, miembros jerárquicos, encargados de áreas financiero-técnicas sobre una muestra representativa de 12 de las 38 incubadoras registradas desde el Programa INCUBAR³, a fin de copilar características generales de las empresas que incuban. Si bien hubiera sido óptimo, la realización de este trabajo en todas las incubadoras, la dispersión geográfica (Figura1) de las mismas, no permite la recopilación de experiencias completas.

¹ La SECyT inició un censo sobre las incubadoras, en 2003, no habiendo resultados difundidos sobre los resultados del mismo.

² www.industria.gov.ar

³ INCUBAR es un programa del Ministerio de Industria que permite la acreditación, registro y monitoreo de instituciones especializadas en todo el país.



Figura 1: Geografía de las Incubadoras de Empresas en Argentina (<http://www.industria.gob.ar/pacc-emprendedores/mapa-de-incubadoras>)

Las incubadoras que componen la muestra son:

Incubadoras	Ubicación
Agencia de Desarrollo del Norte Misionero	Puerto Esperanza – Misiones
INTECNOR	Resistencia.- Chaco
Universidad Santo Tomás de Aquino	San Miguel de Tucumán.-Tucumán.-
INCUBA SALTA	Salta
Agencia de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Municipalidad de la Ciudad de Paraná.	Paraná.- Entre Ríos.
IDEAR - Incubadora de Empresas e Ambiente Regional - Universidad Nacional del Litoral	Esperanza.- Santa Fe.-
UNNETEC	Corrientes.-

Tabla 3: Muestra de Incubadoras del Norte Argentino

Para la concreción de esta etapa se recurrió a fuentes secundarias de información y posteriormente a fuentes primarias, desde la aplicación de entrevistas semiestructuradas a informantes claves que se desempeñan en las incubadoras mencionadas.

En general, las incubadoras de empresas son concebidas como lugares en donde las empresas que comienzan con su actividad pueden acceder a servicios variados: capacitación, apoyo, infraestructura, acompañamiento en el desarrollo del plan de negocios, durante un tiempo que oscila en promedio los dos años. Durante este lapso la empresa tiene la posibilidad de introducirse en el mercado y establecer las vinculaciones necesarias para iniciar su desarrollo, con un riesgo a un tiempo posiblemente menor que el que resultaría de haberlo realizado por fuera de la incubadora [11].

4.1. Estudio de Caso 1: Spin-off Calidad de carne de búfalo, carpincho, yacaré y pacú del Nordeste Argentino.

Singularidades de la Spin-Off: La propuesta se genera con la conformación de un grupo multidisciplinario de docentes investigadores de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste, la Municipalidad de la ciudad de Corrientes y asociaciones de productores de carpinchos y de búfalos así como criaderos de pacú de las provincias de Formosa y Corrientes y pescadores artesanales (malloneros) del río Paraná.

Originariamente, la propuesta estaba orientada a búfalo, carpincho, pescado e iguana. Debido a que la actividad relacionada con la última especie cesó por completo, se incorporó el yacaré, especie explotada en varios establecimientos de Corrientes y Formosa.

Como parte de las actividades realizadas, se capacitó a los diferentes actores que integran la cadena de valor de las carnes de las especies estudiadas en la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura, incluyendo la elaboración de subproductos comestibles derivados de las actividades principales, tales como elaboración de hamburguesas y chacinados y la aplicación de tecnologías de preservación de alimentos (ahumado y salazón), además de la utilización de subproductos incomedibles (rendering) para la elaboración de alimentos balanceados.

Apoyando la consolidación de las actividades ejecutadas en el Proyecto, la Facultad de Ciencias Veterinarias inició la construcción de un Laboratorio de Tecnología de Alimentos, que fue equipado con instrumental de última generación adquirido con fondos aportados por el COFECYT, donde puede realizarse el análisis y el procesamiento de carnes y subproductos, un valioso aporte a las tareas de docencia, investigación y extensión de la Facultad.

Dentro de las actividades realizadas, se destaca el Primer Taller de evaluación de reses de búfalo, denominado “Juzgamiento de Animales en pie, evaluación en playa de faena y despostada”, llevado a cabo con animales cedidos por la Asociación Argentina de Criadores de Búfalos (AACB), que fue jerarquizado por la participación de técnicos de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA), organismo dependiente de la SAGPyA, encargado de fiscalizar y fijar normas para el comercio de carnes y sus subproductos, quienes destacaron la aptitud carnicera de la especie.

La especie bufalina se incorporó a la legislación nacional dentro de los Documentos de Tránsito Animal (DTA), y está incluida actualmente en la legislación de trazabilidad del SENASA (Res. N° 867, 754 y 489 Sistema Nacional de Identificación del Ganado Bovino) y es tenida en cuenta por la ONCCA para el otorgamiento de subsidios en el marco del Plan Nacional “Más Terneros” (Res. 246/07).

Las gestiones realizadas permitieron al país obtener 200 tn de Cuota Hilton de búfalo, dentro de los denominados “cortes especiales” (special cuts) para ingresar a la Unión Europea libre de impuestos, lo que está favoreciendo fuertemente al sector de la producción primaria y alentando a continuar con la actividad.

Sectores vinculados: Empresas Productivas. Administración Pública.

Tipo de servicio: Asistencia técnica y capacitación.

Pertinencia del caso al desarrollo local: Se generan y se aplican conocimientos para formalizar y estructurar nuevas líneas de producción de alimentos. Se generan los controles de calidad y sanidad necesarios y se capacita a los productores. La asistencia contribuye también a la formación de un mercado de consumidores para los nuevos productos.

4.2. Estudio de Caso 2: Spin-off Calidad para la Adaptación de Tecnologías relacionadas para la preparación de vegetales frescos

Singularidades de la Spin-Off: La micro región oriental chaqueña es una zona productora de frutihortícolas destinadas a la comercialización de frutas y hortalizas enteras, dirigidas fundamentalmente al mercado nacional, que requiere la provisión de productos “primicia”, mientras que es baja o nula la oferta de vegetales frescos cortados (VFC) en la región. Los VFC son vegetales que han sido lavados, pelados, cortados, trozados y envasados, son 100% comestibles y retienen las características de los productos frescos en el momento de la oferta a los consumidores; están “listos para usar” con buenos niveles de calidad sensorial y microbiológica son esenciales para atraer a los consumidores hacia este tipo de productos.

El Laboratorio de Tecnología Química (FaCENA, UNNE) se contactó a los directivos de la Cooperativa Frutihortícola de Resistencia (Chaco), a fin de interesarlos en el desarrollo del proyecto. Posteriormente, se sumó un productor de la provincia del Chaco y un productor y un elaborador de la provincia de Corrientes. El INTA Centro Regional Chaco-Formosa proveyó material vegetal (pomelo) para los ensayos.

Se definieron las líneas de producción para: mandiocas frescas cortadas, pimientos cv “Cherry” descorazonados, lechugas frescas envasadas y productos mezcla a base de carbohidratos y productos vegetales de hoja mezcla.

Las memorias técnicas correspondientes fueron entregadas a los potenciales interesados, productores/elaboradores de ambas ciudades, así como también las guías de Buenas Prácticas de Manufactura y Programa HACCP pertinentes a cada producto en particular. Por medio de este proyecto, se adquirió equipamiento que permitirá responder a las demandas del medio, se inició la consolidación del grupo de trabajo, lo que dio origen a una tesina de grado y tres tesis doctorales (en ejecución), y se logró así un incremento cualitativo en la capacidad académica y de transferencia del grupo de trabajo.

Sectores vinculados: Empresas Productivas. Administración Pública Nacional.

Tipo de servicio: Investigación aplicada, desarrollo y transferencia de tecnologías y capacitación.

Pertinencia del caso al desarrollo local: Se han definido los procedimientos y los controles necesarios para la presentación a los mercados de un producto fresco envasado. Por otra parte, se ofrece servicios de consultoría y asesoramiento a los productores hortícolas zonales. La

vinculación genera nuevas líneas de investigación científica aplicables a la formalización y estructuración de nuevas líneas de producción de alimentos.

4.2. Estudio de Caso 3: Spin-off Producción semi industrial de pimientos secos

Singularidades de la Spin-Off: En el Noroeste Argentino, la mayor parte de la producción de pimiento para pimentón se seca al aire libre, puesto que la humedad del aire en la zona de los Valles Calchaquíes es baja, en un período de entre cuatro a seis semanas, sobre terrenos que se denominan “canchas”, con lo que se obtiene un producto de baja calidad debido a la contaminación con polvo, heces de roedores y pájaros, como así también pérdida de calidad por descoloración solar y formación de hongos. El pimiento se cultiva en suelo a mediados de la primavera, cosechándose desde fines de enero hasta mediados de abril. Una vez cosechado debe secarse para pasar luego a molienda y a envasado, perdiendo en la operación de secado aproximadamente el 80 % de su peso en fresco. Puesto que este cultivo es uno de los más difundidos en la zona de los valles Calchaquíes, una de las regiones con más alto nivel de radiación solar del mundo, se ha buscado mediante este proyecto incorporar tecnología solar para obtener mejores rendimientos y calidad del producto final, de modo de mejorar las condiciones de vida de la población rural, constituida mayormente por pequeños productores con menos de 5 hectáreas.

Se construyó un prototipo en el poblado de San Carlos, provincia de Salta, con ensayos y mediciones del sistema para poner a punto el proceso de secado de pimiento para pimentón. En acuerdo con los productores, se ha trabajado en la sistematización de dicho proceso. Este incluye una etapa de pre secado, lavado e introducción del pimiento en bandejas apiladas sobre carros en el interior de la cámara de secado, la cual es alimentada energéticamente ya sea solo por energía solar o complementada por la proveniente del quemado de leña, cuando el nivel de radiación solar no es el adecuado.

El objetivo general del proyecto parte del diseño, la construcción, el ensayo y la medición de un prototipo, y la transferencia de un sistema optimizado de secado solar indirecto con convección forzada y aporte auxiliar de energía de biomasa, quemado de leña, para lograr una producción continua diaria de pimiento seco con calidad de exportación.

Se ha planteado también dentro de los objetivos específicos, promover la transferencia del sistema entre los productores de los otros departamentos de las provincias que integran los Valles Calchaquíes, mediante reuniones informativas, de asesoramiento y de capacitación. Para este fin se elaborarán materiales impresos y audiovisuales del secador desarrollado, con los detalles de su funcionamiento.

La iniciativa surge de un grupo de alumnos e investigadores pertenecientes a Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (INENCO) que es una de las Unidades de Investigación de la Universidad Nacional del Salta.

Actualmente, al renacer el interés por el secado por las condiciones favorables para la exportación de productos agrícolas, se retomó el tema y se están construyendo tres equipos de este tipo: uno en San Carlos y dos en la Quebrada de Humahuaca.

Los sistemas productivos de pimiento para pimentón se encuadran dentro de dos perfiles bien diferenciados: por un lado, algunos pocos productores con grandes extensiones dedicadas al producto, y por otro, una gran cantidad de explotaciones minifundistas que no superan las 6

ha de extensión, en donde se mantiene como principal actividad la producción de pimienta para pimentón. La tenencia de la tierra en esta franja de productores es en general precaria, y la magnitud de las producciones es escasamente suficiente para el sostén familiar. Considerando los costos, superficies cultivadas y sistemas productivos, se ofrece el servicio de secado bajo medidas de calidad de producto exportable.

Sectores vinculados: Empresas Productivas.

Tipo de servicio: Servicios altamente especializados en el secado de pimienta bajo energías no convencionales.

Pertinencia del caso al desarrollo local: Se realizan actividades dirigidas a mejorar la productividad de pequeños productores rurales aplicando resultados de investigaciones sobre el aprovechamiento de la energía solar. La universidad promovió el asociativismo a fin de minimizar el esfuerzo de la inversión inicial, planteando metas mínimas necesarias para mejorar rendimientos y calidad. La implementación de la transferencia significó el desarrollo de tecnologías específicas y la capacitación de los productores. Los resultados superan en calidad las expectativas de máxima. La vinculación aborda nuevos desarrollos capaces de mejorar los volúmenes de producción.

4.4. Otros casos

El desarrollo y la transferencia de conocimientos se vuelcan a una sociedad fragmentada y hay diferencias insoslayables en la inserción de cada universidad en su región. Contribuyen a esa configuración histórica diversos factores que van desde la trayectoria y antigüedad de sus unidades académicas, hasta la inversión presupuestaria invertida en cada una de ellas desde el momento su creación hasta el presente. La transferencia de conocimientos – tecnologías presenta diferencias de acuerdo a las economías regionales, las infraestructuras sobre las que esas economías están funcionando, los niveles educativos de los ciudadanos que en ellas se desempeñan, la tecnología que utilizan sus producciones predominantes, la cantidad de valor agregado que tienen a partir de la incorporación de conocimientos en cada una.

En esta publicación se mencionan otros casos locales tales como:

- Consultoría Técnica en Seguridad y Protección contra accidentes en instalaciones de gas natural (UTN - Tucumán)
- Asistencia Técnico – Financiera para la valorización de mieles artesanales (UNS - Salta)
- Ingeniería de Procesos para la construcción de viviendas nómades autogestionadas (UNNE - Chaco)
- Procesamiento de Imágenes Satelitales mediante técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica (UTN - Chaco)
- Servicios de Estudio de Impacto Ambiental (UNCAUS - Chaco)
- Monitoreo de recursos de hidrología e hidrogeología y calibración – puesta a punto de instrumental electrónico y tecnología aplicable (UNSE - Santiago del Estero)
- Diagnósticos de Patologías oncohematológicas, inmunológicas - Análisis histológicos, citológicos y cromosómicos (UNNE- Corrientes)

El estudio sobre las spin-off del norte argentino se ha realizado considerando los siguientes criterios: a) Abarcar el mayor número posible de los fenómenos comunes, b) Los atributos o patrones de comportamiento que las distinguen de acuerdo al contexto local [14].

5. Materiales y Métodos

La investigación se realizó siguiendo un diseño no experimental cualitativo. En el desarrollo de la investigación se utilizó el análisis y síntesis de la información a partir de la revisión de la literatura especializada, el análisis comparativo, lógico y sistémico, la analogía, la reflexión, y otros procesos mentales inherentes a la investigación científica. Los métodos empíricos están relacionados con instrumentos (incluso informáticos) de búsqueda y relevamiento de información con encuestas de opinión y encuestas con cuestionarios con orientaciones específicas hacia información empresarial. Asimismo, se utilizaron entrevistas con preguntas generales, estructurales y de contraste; y se recurrió a documentos, registros, materiales y artefactos de las empresas como fuente de información cualitativa.

6. Resultados y Discusión

Algunos factores en la creación de empresa son constantes con puntos en común: El fomento a la cultura emprendedora, la protección de patentes, los conflictos de interés respecto a las regalías y la contratación, todos estos se encuentran completamente solventados con las regulaciones del gobierno en ciencia y tecnología; El tiempo de maduración de sus empresas tienen promedios de 5 años, el manejo de contratos por disolución se encuentra bien establecido, el financiamiento que ofrecen es por medio de Capital Semilla, Fundación EMPRETEC, Fondapymes, Capital Riesgo, entre otros.

Otro punto en común son los apoyos ofrecidos entre los que destacan: cursos, infraestructura, plan de negocios, descargas académicas, asistencia técnica, incorporación de valor agregado , entre otros.

Asimismo, las pequeñas diferencias están relacionadas con que cada universidad tiene su propio sistema de emprendedurismo adecuada a sus necesidades regionales, a sus infraestructuras académicas e inversiones económicas y su base tecnológica.

Aunque la información recolectada es aún insuficiente, las primeras afirmaciones respecto de las Spin-Off Universitarias se resumen en:

- 1) El papel protagónico de la Universidad en la creación de las Spin-Off en base a las economías locales y de actual crecimiento, pero la escasa referencia de modelos comparativos para el desarrollo de estas empresas,
- 2) La importancia de políticas de estímulo de emprendimiento en la Universidad como herramienta de conversión de la investigación científica en valor empresarial y comercial,
- 3) La relativa imprecisión terminológica en el uso del concepto Spin-Off, especialmente en el marco universitario, así como la escasa divulgación para dar claridad a todos los temas relacionados con la transferencia de investigación y tecnología.
- 4) La incipiente aparición de estrategias y métodos planificados empresarialmente de tipo logístico a mediano y largo plazo, en lo que respecta a transferir investigación al mercado: determinar el tamaño del mercado, convenir el aporte que generará al cliente, definir la capacidad para atender al mercado, obtener recursos financieros, entre otros. Esta situación no facilita a la institución planificar un proyecto de Spin-Off con enfoque I+D+i, con dificultades para poder advertir oportunamente las necesidades del mercado y la relación demanda – oferta.

Estas investigaciones a futuro pretenden direccionarse a una comparativa más profunda entre universidades para alentar la creación de empresas basadas en el conocimiento, donde la transferencia del conocimiento hacia al sector productivo pueda dar ventaja competitiva a países que apuestan por la generación y transferencia del conocimiento y la tecnología universitaria.

7. Referencias

- [1] Conti G., G. M., Piccaluga A., La gestione del trasferimento tecnologico. Strategie, Modelli e Strumenti. Springer, Milano. 2011
- [2] Cooper A.C. The founding of technologically-Based Firms, Milwaukee: The Center for Venture Management, 1971
- [3] De Cley.S. H., The early development of academic spin-offs: A holistic study on the survival of 185 European product-oriented ventures using a resource-based perspective. Tesis doctoral, Universidad de Antwerpen, Bélgica, 2011
- [4] Little A.D. New Technology Based Firms in the UK and the FRG, Wilton House Publications, London. 1977.
- [5] Garmendia JM & Castellano A, Tipología de las spin-off en un contexto universitario: una propuesta de clasificación, Cuadernos de Gestión Vol. 12 - N.º 1, pp. 39-57, 2011
- [6] González, R., Clemenza, C., & Ferrer, J. (2007). Vinculación universidad sector productivo a través del proceso de transferencia tecnológica. (Spanish). University-Productive Sector Connections Through the Process of Technological Transfer. (English), 9(2), 267. Rubiralta, M. 2007.
- [7] Grandi, A. Y Grimaldi, R., Academics' organizational characteristics and the generation of successful business ideas, Journal of Business Venturing, Vol. 20, n° 6, pp. 821-845.2005
- [8] Heirman, A. Y Clarysse, B. How and Why do Research-Based Start-Ups Differ at Founding? A Resource-Based Configurational Perspective, Journal of Technology Transfer, Vol. 29, n° 3-4, pp. 247-268. 2004
- [9] Pérez, J. E. A., & Botero, C. A. A. Transferencia de conocimiento orientada a la innovación social en la relación ciencia-tecnología y sociedad. (Spanish). Pensamiento & Gestión, pp .137-166, 2011.
- [10] Pirnay, F.; Surlemont, B. Y Nlemvo, F.: Toward a Typology of University Spinoff, Small Business Economics, n° 21, pp. 355-369., 2003
- [11] REDVITEC 2011. Red VITEC : experiencias de innovación e inclusión UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2011.
- [12] Smith K. 'Measuring innovation', in J. Fagerberg, D. Mowery and R. Nelson (Eds.), The Oxford Handbook of Innovation, Chapter 6, Oxford, Oxford University Press. ,2005
- [13] Zachman P, Lopez W & Redchuk A., Abordaje de Spin off universitario desde BPM y SOA pertinentes con el Desarrollo Local. SIIAN 2014. 2do Seminario Internacional para la Investigación en Administración y Negocios, Puerto Vallarta, México. 2014



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

“MODELADO DE NEGOCIOS APLICADO A DOS PEQUEÑAS EMPRESAS CHAQUEÑAS : HIELOS GOY Y AGUAS DAKI ”

Patricia Ingrid Dupertuis, Universidad Nacional del Chaco Austral,

patriduper@hotmail.com

Patricia Paola Zachman, Universidad Nacional del Chaco Austral, ppz@uncaus.edu.ar

Resumen— Este trabajo muestra una revisión de los principales conceptos relacionados con los modelos de negocio, a partir de la conceptualización de Peter Drucker. Esta conceptualización marca la manera en que las empresas presentan a su red de aliados su propuesta de valor, su estrategia y la forma en que competirá en el medio. Se realizó una búsqueda bibliográfica a fin de presentar definiciones de distintos autores y esquemas de modelos de negocios. Con datos de la experiencia profesional se analiza el caso de la empresa Aguas Daki de la localidad de Villa Ángela y otra pequeña empresa Hielos Goy ubicada en Presidencia Roque Sáenz Peña, ambas en la provincia del Chaco, Argentina, mostrando la evolución de sus modelos de negocio desde el momento de su creación hasta la actualidad.

Que las empresas tengan acordado un modelo de negocios, resulta interesante por el hecho de que un indicador de un mayor nivel de profesionalización en sus dueños/emprendedores/gerentes, lo que resultará en una mayor y mejor competitividad para las empresas. Las universidades en este sentido juegan un rol importante ya que son las encargadas de aportar conocimientos, y en el área de ingeniería gerencial se están dando las primeras vinculaciones universidad-empresas.

Palabras clave— Modelo de Negocio, Estrategia, Competitividad, Propuesta de Valor.

1. Introducción

Hoy por hoy, el concepto de Modelo de Negocio resulta ser un elemento primordial y de extremado atractivo para las empresas y muchas de ellas llegan a creer que tener un “buen” modelo de negocios es sinónimo de éxito y ganancias. Estas empresas presentan ventajas competitivas respecto de las demás.

Ser acreedor de una ventaja competitiva implica sobresalir de entre las otras empresas del medio. Ya sea porque lo que hace sobresalir a la empresa esté en su producto, en la marca, en el servicio que se brinda a los clientes, en la tecnología que se aplica, en el manejo y capacitación del personal, en la infraestructura, en los costos, en las normas de calidad aplicadas, en los mercados en cuales se opera, etc. Sea como sea, esa ventaja competitiva se hará realidad a través del modelo de negocio que determine la gerencia que la empresa llevará adelante. Ese modelo de negocio definirá como la empresa se relacionará con su entorno: los proveedores y los clientes; cómo definirá su cadena de valor y cómo hará para que su propuesta de valor llegue a los mercados elegidos. La bibliografía sobre modelos de negocios es muy

extensa, cada modelo pretende ser mejor que otro en cuanto a la propuesta que acerca, pero lo cierto es que solo pueden ser validos al momento de ser aplicados a una determinada empresa y su realidad.

Es por eso que la definición e implementación de un modelo de negocios es un proceso dinámico y circular, que marca la evolución de la empresa según el objetivo perseguido, que llevara a fijar la estrategia a seguir y esta a su vez redefinirá el modelo de negocio, mecanismo para alcanzar el objetivo.

Según la Fundación Observatorio Pyme, las pequeñas y medianas empresas son el motor que distribuye riqueza en un país, y Argentina cuenta con 1.800.000 Pymes, al 2011, de las cuales el 40% está concentrado en la Capital Federal y el conurbano. Uno de los problemas detectados por dicha Fundación es falta de profesionalización de las propias empresas. Las empresas privadas necesitan una mayor profesionalización y mucho menos gestión “familiar” de los negocios. Es decir dejar de actuar más que nada por “instinto” empresarial y volcar sus esfuerzos a un análisis formal de un modelo de negocios que las posicione competitivamente.

Al formalizar el modelo de negocio, es cuando la empresa obtiene como resultado un esquema del modelo, que puede constar en un documento, y que facilitará el entendimiento y la comunicación al resto de la organización, y así todo aquel que forma parte de la misma estará en condiciones de comprender el modelo, porque su función es significativa y como está involucrada en la cadena de valor de la empresa.

2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó siguiendo un diseño no experimental, que según [1]. En el desarrollo de la investigación se utilizó el análisis y síntesis de la información a partir de la revisión de la literatura especializada, el análisis comparativo, lógico y sistémico, la analogía, la reflexión, y otros procesos mentales inherentes a la investigación científica. Los métodos empíricos están relacionados con instrumentos (incluso informáticos) de búsqueda y relevamiento de información, modelación.

Además se utiliza información recogida en el desempeño de la actividad profesional independiente para realizar el análisis de caso de la empresa Aguas Daki y de la empresa Hielos Goy.

3. Resultados y Discusión

3.1. Modelos de Negocio

La estrategia, fue la piedra angular de la competitividad en las tres décadas pasadas, pero en el futuro, la búsqueda de la ventaja competitiva puede comenzar con el modelo de negocio [2].

Muchas son las definiciones de modelo de negocio, y aún no existe una definición de aceptación general. El modelado de negocios ha evolucionado desde los años 60 hasta convertirse en un Enfoque Integral de una representación de la empresa, pasando por la Teoría Organizacional; el Enfoque Sociológico; las Organizaciones Humanas; el Enfoque Sistémico; Enfoque de Modelado e Integración Empresarial; y el Enfoque Ontológico. El enfoque ontológico es el más

actual y consiste en modelar los objetos o elementos organizacionales y sus relaciones (objetivos, procesos, actividades, tareas, actores, recursos, sistemas de información, reglas, etc.). Existen varios métodos basados en este enfoque Ingeniería de Negocios; Modelado Empresarial (El método EKD, El método de Marshall); Modelado de Procesos de Negocios con BPMN (El método de Gestión de Procesos de Negocios –BPM); Modelado de Negocios usando UML (El método de Rational IBM; El método de Eriksson y Penker; El método BMM de Montilva y Barrios) [3].

La primera pregunta que se debe contestar es: ¿Qué es un modelo de negocios? Ya que la manipulación del concepto ha llevado a que se lo considere sinónimo de: estrategia, plan de negocio; cadena de valor; modelo de procesos de negocios, etc. La literatura es rica en definiciones sobre el tema. Ver Tabla 1: Definiciones de Modelo de Negocio.

AUTOR	DEFINICION
Timmers, 1998.[4]	Un modelo de negocios es una arquitectura de productos, servicios y flujos de información incluyendo una descripción de varios actores del negocio y sus roles, una descripción de los beneficios potenciales de diferentes actores del negocio y la descripción de las fuentes de ingreso.
Petrovic et al., 2001. [5]	Un modelo de negocio describe la lógica de un sistema de negocios para crear valor que esté por debajo del proceso actual.
Magretta, 2002.[6]	Un modelo de negocio cuenta una historia lógica que explica quiénes son sus clientes, qué valoran y cómo va a hacer dinero en darles ese valor.
Osterwalder, 2004.[7]	Un modelo de negocio es una herramienta conceptual que, mediante un conjunto de elementos y sus relaciones, permite expresar la lógica mediante la cual una compañía intenta ganar dinero generando y ofreciendo valor a uno o varios segmentos de clientes, la arquitectura de la firma, su red de aliados para crear, mercadear y entregar este valor, y el capital relacional para generar fuentes de ingresos rentables y sostenibles.
Anderson et al., 2006. [8]	Los modelos de negocios se crean con el fin de dejar claro quiénes son los actores empresariales que se encuentran en un caso de negocio y como son sus relaciones explícitas. Las relaciones en un modelo de negocio se formulan en términos de valores intercambiados entre los actores.
Casadesus-Masanell y Ricart, 2010. [9]	Un modelo de negocio consiste en un conjunto de elecciones y un conjunto de consecuencias derivadas de dichas elecciones. Hay tres tipos de elecciones: políticas, recursos, y la gestión de activos y políticas. Las consecuencias, pueden ser clasificados como flexibles o rígidas (intrínsecamente dinámico).
George y Bock, 2011. [10]	Diseño de la estructura organizacional que representa una oportunidad comercial.

Tabla 1: Definiciones de Modelo de Negocio

Fuente: Mariana Palacios Preciado, 2011. “Modelos de Negocios: Propuesta de un Marco Conceptual para Centros de Productividad

3.1.1. Modelo de Peter Druker

Es este autor [11] quien en 1954 introduce el concepto de Modelo de Negocio, al expresar que se trata de la forma en la que la empresa conduce su negocio y que lo principal es tratar de responderse ¿quién es el cliente? y ¿qué valora?

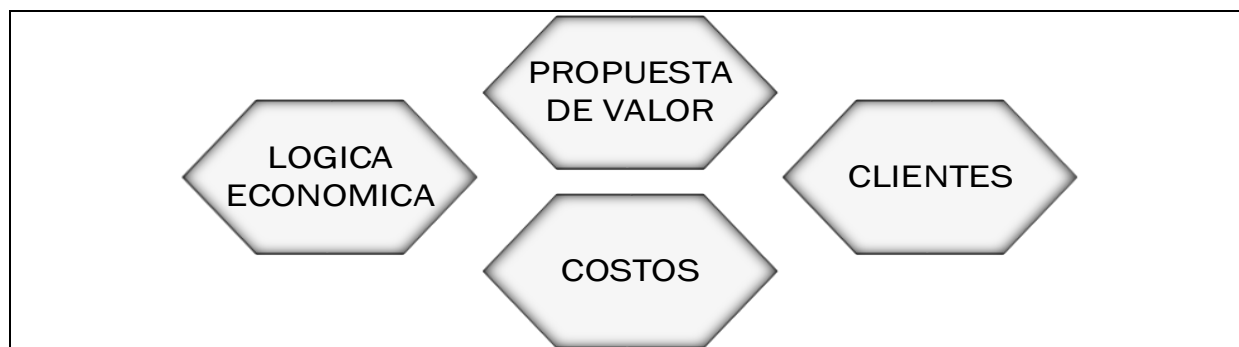


Figura 1: Modelo de Peter Drucker

Fuente: Georgy A. LLorenz Bueno, 2010. “Una perspectiva al concepto de modelo de negocios”.

3.1.2. Modelo de Alexander Osterwalder e Yves Pigneur o Modelo de Canvas.

Alexander Osterwalder en su tesis doctoral plantea un modelo descriptivo de la empresa que utiliza nueve bloques que muestra la lógica de cómo una empresa pretende hacer dinero [12]. Este modelo tiene como eje principal la propuesta de valor de la empresa, alrededor de la cual se ubican los bloques que propone y abarcan: el segmento de los clientes; los canales de distribución; el flujo de ingresos; los recursos claves; las actividades claves, la red de proveedores; la estructura financiera y la estructura de costos de la organización. De este modo, el modelo de negocios explicita la estrategia que la empresa llevara adelante a través de sus procesos y sistemas, así como también a través de toda la estructura organizativa.

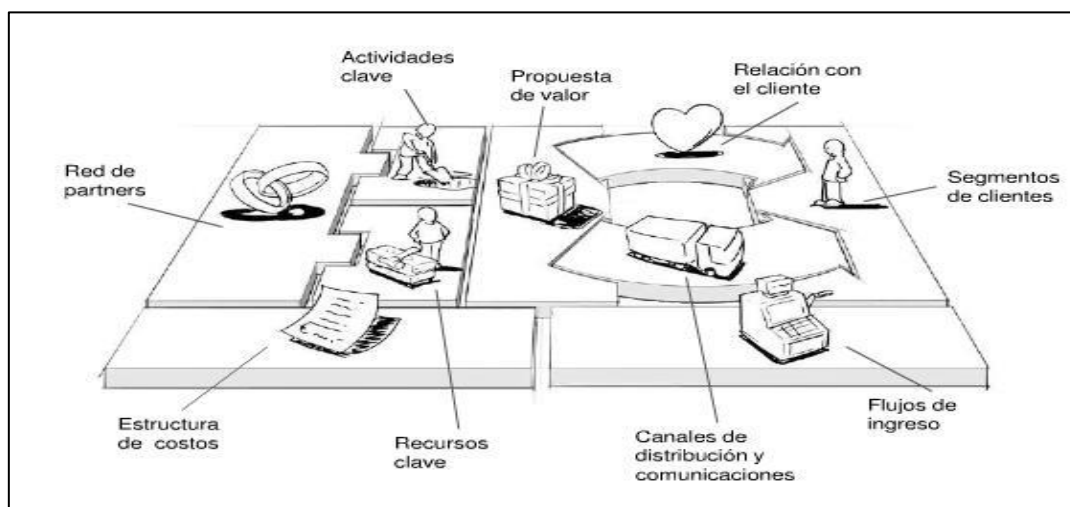


Figura 2: Modelo de Osterwalder o Modelo Canvas

Fuente: Osterwalder, A.; 2004. “The business model Canvas

El proceso de implementación del modelo consta de una fase descriptiva; una fase de evaluación y una última fase de mejora-innovación. Al finalizar la descripción detallada del modelo, se debe evaluarlo, lo que puede realizarse utilizando un análisis FODA, de modo que al contar con las interacciones entre fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas pueda identificarse si el modelo es viable, o es factible de mejoras.

Este modelo es sumamente integrador de la empresa y corresponde a un enfoque holístico en la manera de entender las organizaciones.

3.1.3. Modelo de Christoph Zott y Raphael Amit

El trabajo de estos escritores [13] plantea que el modelo de negocio es un sistema con actividades interrelacionadas que consideran factores del medio interno, así como el externo a la organización, y basan su modelo de negocio en: elementos de diseño y elementos de esquema. Los elementos de Diseño detallan las actividades que se deben desarrollar, o Contenido. Describen la Estructura, es decir cómo se afectan mutuamente las actividades y cuales son de apoyo y cuales secundarias. Y por último el elemento Gobierno define quien es el responsable de dichas actividades y donde.

Los elementos de Esquemas involucran: la Novedad innovación; el *Lock-in* o mantener a los terceros como parte integrante del modelo, los Complementarios es decir el todo genera mayor valor que las partes separadas y por último la Eficiencia a fin de reducir los costos transaccionales. Este modelo se enfoca más hacia el ámbito externo de la empresa, ya que está pendiente de la identificación y aprovechamiento de oportunidades que la empresa pueda detectar. Propone una mirada sistémica de cómo las empresas hacen sus negocios.

3.1.4. Modelo de Henry Chesbrough y Richard Resbloom

Los autores elaboran un modelo de negocios evolutivo y dinámico, susceptible de mejoras continuas y dividido en seis etapas [14]; y orientadas a la dirección estratégica para formular estrategias competitivas que giran alrededor de la propuesta de valor de la empresa. Es un modelo interesante ya que considera como se desarrollan las relaciones inter-empresas frente a la turbulencia de los mercados. La idea de este modelo es que la empresa adopte y/o adapte su modelo de negocio al que poseen los actores más relevantes de las redes inter organizativas en las que se encuentra.



Figura 3: Modelo de Chesbrough y Resbloom

Fuente: Jairo Rodríguez Mera, 2011. "Proyectos de creación de empresas. El rompecabezas del modelo de negocios."

3.1.5. Modelo de Joan Magretta

La autora puntualiza que el “Modelo de Negocio” es la manera en que la empresa cuenta las historias de cómo trabaja [5]. Para ello se referencia en Peter Druker [15]. Un buen modelo debe superar el test de narrativa, que fija si la historia tiene sentido y el test de los números, es decir si la historia genera utilidades, entonces puede decirse que el modelo de negocios es exitoso. Este modelo marca una separación con la estrategia. Trata de contestar la pregunta acerca de ¿cuál es la lógica económica subyacente que explica cómo se puede aportar valor al cliente a un costo conveniente?

3.1.6. Modelo de Afuah y Tucci

El trabajo de estos autores [16] analiza como Internet afecta a las organizaciones, y llevaron una clasificación de las empresas en base al nivel de tecnología aplicada en las mismas. Las empresas que pueden ser: *Secuenciales*, las manufactureras principalmente; *Mediadoras*, articulan clientes que son independientes, por ejemplo los bancos; y en tercer lugar están las *Intesivas* que se apropian de la tecnología para cambiar un objeto, por ejemplo una universidad.

Este modelo de negocio está íntimamente unido al uso de Internet como herramienta principal de la empresa. De igual modo cualquier nueva herramienta en una organización implicará un trabajo de reingeniería completa sobre la cadena de valor, tornando la empresa más dinámica y flexible al momento de relacionarse con nuevos mercados, nuevos elementos, nuevas tendencias de gestión, etc.

3.1.7. Modelo de Jairo Rodríguez Mera

El autor en su trabajo [17], detalla que el modelo de negocio conforma la base fundamental de la empresa para el diseño de su plan de negocios. Para esto propone un modelo muy desagregado, con quince elementos principales, que explicita parámetros que involucran el aspecto de la factibilidad y los riesgos que debe enfrentar el empresario, como así también trata de contextualizar el problema del mercado y el entorno en el cual está inserta la empresa.

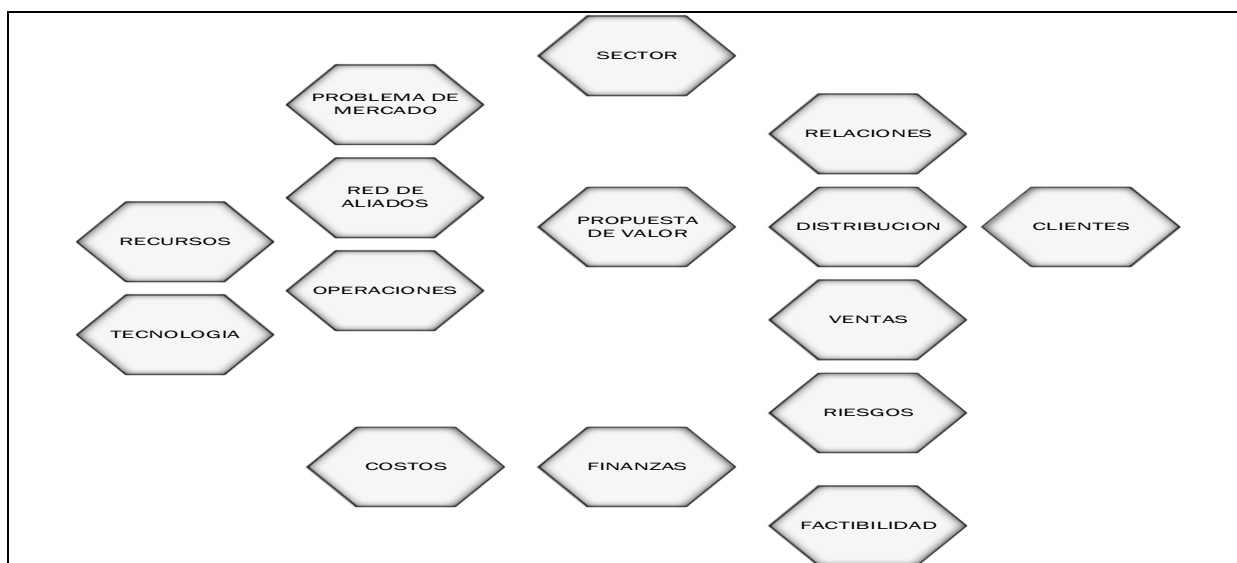


Figura 4: Modelo de Jairo Rodríguez Mera

Fuente: Jairo Rodriguez Mera, 2011. "Proyectos de creación de empresas. El rompecabezas del modelo de negocios."

3.1.8. El Caso de Aguas Daki y su modelo de negocio.

Aguas Daki es una empresa pionera en la localidad de Villa Ángela, en la provincia del Chaco, Argentina, que surge de un emprendimiento familiar. La idea de instalar una planta purificadora y envasadora de agua surge como contrapartida a la necesidad del mercado de contar con agua de calidad para el consumo humano, en zonas donde el agua potable llegaba en cantidades insuficientes. Además de aprovechar esta situación, la empresa también se beneficia de la tendencia de los mercados que buscan productos seguros y de alta calidad. Utilizar agua de red

pública potable y el volver a purificarla antes de envasarla y que llegue al cliente, le da al mismo la percepción de calidad deseada.

Aguas Daki es una pequeña empresa familiar, una Pyme, chaqueña que se benefició en sus inicios de una estructura crediticia de operatoria bancaria que otorgaba el banco provincial a una tasa de interés muy baja y con condiciones muy flexibles. Supo aprovechar la oportunidad. Esto le permitió instalarse y crecer en su etapa inicial sin mayores problemas.

Actualmente es una empresa consolidada en el medio, que ha ido ampliando su alcance de mercado desde un ámbito local hasta comercializar sus productos en la provincia vecina de Santa Fe. La empresa desde el comienzo se encargó de la distribución de sus productos; aunque hoy día ha hecho alianza con terceros que ofician de mayoristas y distribuidores en otras localidades.

Desde un punto de vista temporal, se puede apreciar que Aguas Daki intuitivamente ha evolucionado en su modelo de negocio, cambiando progresivamente su estrategia de alcance de mercados y de oferta de productos. Cabe destacar que como la mayoría de las Pymes chaqueñas, no ha hecho un planteo formal de su modelo de negocio, estrategia y/o plan de negocio. Su gestión empresarial es meramente intuitiva y familiar. Se gestiona sobre la marcha respetando las normativas de la provincia y del país. La empresa está a cargo de una dupla padre-hijo que toman las decisiones estratégicas que llevan adelante, sin mucha capacitación formal en administración pero con la expertiz de provenir de una familia de comerciantes arraigada en la sociedad villagelense.

Los dueños de Aguas Daki han sabido aprovechar la turbulenta realidad argentina y han aplicado la experiencia comercial adquirida por la familia a lo largo de una vida de actividad comercial, para adaptar su intuitivo plan de negocios hacia el crecimiento y el progreso de la empresa. Se han beneficiado de las tendencias del mercado y ajustaron sus estrategias de comercialización para ir aumentando su oferta de productos a fin de alcanzar otros clientes y mercados. Aguas Daki tiene una historia empresarial de nueve años en el medio, con utilidades registradas desde sus comienzos.

En la Tabla 2 puede apreciarse la evolución que ha sufrido la empresa Aguas Daki, desde su inicio en el año 2006 hasta la actualidad.

Tabla 2: Evolución del modelo de negocios de Aguas Daki.

	Modelo de Negocio Inicial (2006).	Modelo de Negocio Actual (2015).
Contenido Inputs / Outputs	<p>Productos: Su producto principal es el agua en bidones de 20 litros dirigido al consumidor final.</p> <p>Recursos y Capacidades distintivas. <u>Localización geográfica centralizada:</u> para la atención del mercado local de Villa Ángela, Chaco. <u>Imagen de Marca:</u> Daki es una marca nueva en busca de posicionamiento. <u>Tecnología:</u> Utilización de tecnología intermedia, con equipos semi automáticos en el área de producción. <u>Distribución:</u> Uso de vehículos propios para llegar a los clientes domésticos.</p>	<p>Productos: Mayor variedad de productos: 1. Agua purificada en bidones de 20 y 12 litros 2. Hielo en rolos envasado en bolsas de 3, 5 y 10 kg 3. Soda en sifones plásticos de ½ y 1 litro.</p> <p>Recursos y Capacidades distintivas. <u>Localización geográfica distribuida:</u> para la atención del mercado de toda la provincia del Chaco, y el norte de la provincia de Santa Fe. <u>Imagen de Marca:</u> Daki es reconocida en el ámbito provincial y está en plena expansión. <u>Tecnología:</u> Utilización de tecnología moderna con equipos automáticos en el área de producción. Incurción en el uso de Internet como herramienta para el acceso a los clientes. <u>Distribución:</u> Uso de vehículos propios para llegar a los consumidores domésticos y a clientes que ofician de distribuidores.</p>
Estructura	<p>Relaciones internas (cadena de valor). <u>Relación con el cliente:</u> Uso de un centro telefónico para atención directa del cliente y formación presencial permanente. <u>Estructura de Costos:</u> Limitada a la actividad de producción y distribución.</p> <p>Relaciones externas (sistema de valor). <u>Proveedores:</u> Etapa de inicio de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones con proveedores de tecnología intermedia. • Relaciones con proveedores de infraestructuras básicas. • Relaciones con proveedores de envases e insumos. <p><u>Clientes:</u> Solo se ocupa de clientes domésticos hogareños. <u>Estructura de Costos:</u> Pago de servicios externos financieros.</p>	<p>Relaciones internas (cadena de valor). <u>Relación con el cliente:</u> Etapa temprana en el uso de una plataforma web para la atención de los clientes. <u>Estructura de Costos:</u> Se mantiene similar.</p> <p>Relaciones externas (sistema de valor). <u>Proveedores:</u> Etapa de madurez en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones con proveedores de tecnología. • Relaciones con proveedores de infraestructuras básicas. • Relaciones con proveedores de envases e insumos. <p><u>Clientes:</u> La cartera de clientes está ampliada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes hogareños. • Clientes institucionales. • Clientes distribuidores y/o mayoristas. <p><u>Estructura de Costos:</u> Pagos por renovación de tecnología.</p>

Gobierno	Propuesta de Valor: Aguas Daki capturaba el valor fundamentalmente a través de la oferta de agua purificada envasada en bidones, producto único en la localidad, y la atención personalizada de los clientes hogareños para el recambio de los bidones.	Propuesta de Valor: Aguas Daki captura el valor a través de la mayor variedad en productos elaborados a base de agua purificada. Y a la incursión de nuevos mercados, a los cuales el agua para consumo humano es un bien muypreciado.
	El emprendimiento se inicia como una segunda unidad de negocio de un desarrollo familiar.	Se mantiene como un emprendimiento familiar, si bien ha ido ampliando sus mercados y la oferta.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.9. El caso de “Hielos Goy” y su modelo de negocios.

“Hielos Goy” es una empresa de reciente nacimiento. Lleva cuatro años operando en la localidad de Presidencia Roque Sáenz Peña. Es una pyme familiar, formada por la sociedad de hecho entre dos hermanos, con experiencia comercial en otro rubro. Como emprendedores que son, los hermanos Goy, decidieron ampliar su negocio y diversificarse y encontraron la oportunidad en la necesidad insatisfecha que detectaron, en el rubro de la producción de hielo.

Si bien el sector en el que desarrollaban sus actividades era la venta de gas en garrafas y tubos para el mercado doméstico, rubro en el que siguen operando, supieron aprovechar un beneficio crediticio de la Fiduciaria del Norte, a baja tasa que les permitió adquirir la primera máquina para fabricar hielo en rolos. Esto los impulsó en el mercado, abasteciendo a comercios mayoristas y distribuidores particulares con un producto de buena presencia, que tuvo gran aceptación entre sus clientes y los consumidores. La demanda se encontraba prácticamente insatisfecha, ya que la única competidora local del rubro atravesaba serios problemas económicos, mismos que hoy día no ha logrado superar. Maquinaria de última generación y vehículos bien acondicionados para preservar el producto, hicieron que Hielos Goy rápidamente ganará el mercado local y se posicionara también en las localidades vecinas.

El espíritu emprendedor de los hermanos no se dio por satisfecho con ese logro y avanza aún más. Empezaron a proyectar una planta de purificación y embotellado de agua en bidones. Misma que hoy ya está operativa, con todas las habilitaciones bromatológicas a nivel nacional y abastece solamente a clientes institucionales, dejando de lado los clientes domésticos por el momento. Cabe destacar que la gestión de la empresa procede de forma intuitiva, en base a la expertiz comercial de los dueños, que han sabido buscar el asesoramiento correspondiente para el área de producción que llevan adelante.

Tabla 3: Evolución del modelo de negocios de Hielos Goy.

	Modelo de Negocio Inicial (2012).	Modelo de Negocio Actual (2016).
Contenido Inputs / Outputs	<p>Productos: Su producto principal es hielo en rolos, en bolsas plásticas de 2 y 5 kg, dirigido al consumidor final, pero que se venden a clientes mayoristas/distribuidores.</p> <p>Recursos y Capacidades distintivas. <u>Localización geográfica centralizada:</u> para la atención del mercado local de Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. <u>Imagen de Marca:</u> Hielos Goy es una marca nueva en busca de posicionamiento. <u>Tecnología:</u> Utilización de tecnología intermedia, con equipos semi automáticos en el área de producción. <u>Distribución:</u> Uso de vehículos propios para llegar a los clientes mayoristas/distribuidores y prestación de equipos de refrigeración de la empresa.</p>	<p>Productos: Mayor variedad de productos: 1. Agua purificada en bidones de 20 litros 2. Hielo en rolos envasado en bolsas de 2, 5 y 10 kg</p> <p>Recursos y Capacidades distintivas. <u>Localización geográfica distribuida:</u> para la atención del mercado de toda la provincia del Chaco. <u>Imagen de Marca:</u> Hielos Goy resulta una marca reconocida en el ámbito de su ciudad y localidades vecinas, encontrándose en plena expansión. <u>Tecnología:</u> Utilización de tecnología moderna con equipos automáticos en el área de producción. Incurción en el uso de Internet como herramienta para el acceso a los clientes. <u>Distribución:</u> Uso de vehículos propios para llegar a los clientes que ofician de distribuidores. Prestación de equipos de refrigeración y dispensers para botellones.</p>
Estructura	<p>Relaciones internas (cadena de valor). <u>Relación con el cliente:</u> Uso de un centro telefónico para atención directa del cliente. <u>Estructura de Costos:</u> Limitada a la actividad de producción y distribución.</p> <p>Relaciones externas (sistema de valor). <u>Proveedores:</u> Etapa de inicio de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones con proveedores de tecnología intermedia. • Relaciones con proveedores de infraestructuras básicas. • Relaciones con proveedores de envases e insumos. <p><u>Clientes:</u> Solo se ocupa de clientes distribuidores y/o mayoristas para el producto hielo. <u>Estructura de Costos:</u> Pago de servicios externos financieros por la instalación y compra de planta productora de hielo.</p>	<p>Relaciones internas (cadena de valor). <u>Relación con el cliente:</u> Etapa temprana de diseño de una plataforma web para la atención de los clientes. <u>Estructura de Costos:</u> Se mantiene similar.</p> <p>Relaciones externas (sistema de valor). <u>Proveedores:</u> Etapa de madurez en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones con proveedores de tecnología. • Relaciones con proveedores de infraestructuras básicas. • Relaciones con proveedores de envases e insumos. <p><u>Clientes:</u> La cartera de clientes está ampliada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes institucionales para el producto agua envasada • Clientes distribuidores y/o mayoristas, para el producto hielo. <p><u>Estructura de Costos:</u> Pagos por compra e instalación de tecnología para la purificación y envasado de agua.</p>
Gobierno	<p>Propuesta de Valor: Hielos Goy capturaba el valor fundamentalmente a través de la oferta de hielo en rolos, producto con demanda insatisfecha en la localidad, y la atención personalizada de</p>	<p>Propuesta de Valor: Hielos Goy captura el valor a través de la mayor variedad en productos elaborados a base de agua purificada.. Apuesta fuertemente al marketing, con campañas radiofónicas y audiovisual.</p>

	los clientes mayoristas con el préstamo de freezers para el mantenimiento del producto y su facilidad de comercialización.	
	El emprendimiento se inicia como una segunda unidad de negocio de un desarrollo familiar.	Se mantiene como un emprendimiento familiar, si bien ha ido ampliando sus mercados y la oferta.

Fuente: Elaboración Propia

4. Conclusiones y recomendaciones

El concepto de Modelo de Negocios ha sufrido transformaciones y adaptaciones paulatinas desde la simple definición de una idea hasta conformar hoy día todo un campo de estudio dentro de las ciencias administrativas con exponentes a nivel internacional muy renombrados.

Cada autor ha propuesto una estructura esquemática de modelado para entender la empresa y explicitar cómo la misma ofrece una propuesta de valor hacia sus clientes, interrelacionándose con otros actores del medio en una forma fluida y adaptativa.

El análisis de caso de las empresas Aguas Daki e Hielos Goy, permite ver que poseer o no un modelo de negocio formal, expresado en un documento, no es una receta segura para el éxito. La intuición empresarial de los dueños emprendedores y su experiencia obtenida en otras actividades empresariales les ha permitido alcanzar una vida de nueve años en el primer caso y de cuatro años en el segundo. Sin embargo el aporte de un modelo de negocio formal puede ser de mucha utilidad para entender mejor como crear valor para la empresa y mejorar la cadena de valor y la competitividad de la empresa.

Las particularidades de cada empresa hace que aunque sus modelos puedan resultar muy similares conceptualmente, la estrategia que cada una esgrima para implementar su modelo de negocio es lo que le brindará la ventaja buscada.

La literatura sobre modelos de negocios data de los últimos veinte años, con referentes internacionales pero entre los cuales la ausencia de científicos latinoamericanos es muy marcada. Es aquí donde nuestras universidades tienen un amplio campo para intervenir y cooperar con las empresas, acercando el conocimiento formal al empírico de los emprendedores/empresarios. La ingeniería gerencial brinda un espacio de trabajo mancomunado entre las universidades y las empresas para propender al desarrollo de nuestro país.

5. Referencias

- [1] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C. Y BAPTISTA LUCIO, P. (2010): Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. México, D. F.
- [2] CASADESUS-MASANELL, R. (2004). “Dinámica competitiva y modelos de negocio”. *Universia Business Review* (04), 8-17.
- [3] MONTILVA JONÁS C., 2011. BIOSOFT CA. www.biosoftca.com
- [4] TIMMERS, P. (1998). “*Business Models for Electronic Markets*”. *Electronic Markets* 8 (2), 3-8.
- [5] PETROVIC, O. et al. (2001). “*Developing Business Models for eBusiness, Proceedings of the International Conference on Electronic Commerce*”.

- [6] MAGRETTA, J. (2002). “*Why Business Models Matter*”. Harvard Business Review, 80 (5), 86-93.
- [7] OSTERWALDER, A., (2004). Tesis Doctoral: “*The Business Model Ontology A Proposition In A Design Science Approach*”
- [8] ANDERSON et al. (2006). Towards a Reference Ontology for Business Models, International Conference on Conceptual Modeling.
- [9] CASADESUS-MASANELL, R & RICART, J. E. (2010). “*Competitiveness: Business Model Reconfiguration for Innovation and Internationalization*”. Management Research: The Journal of the Iberoamerican Academy of Management, 8 (2), 123-149.
- [10] GEORGE, G. & BOCK, A. J. (2011). “*The Business Model in Practice and its Implication for Entrepreneurship Research. Entrepreneurship Theory and Practice*”, 35 (1), 83-111.
- [11] DRUKER, P. (1954); “*The practice of management*”. Harper and Row Publishers, Inc
- [12] OSTERWALDER, A. (2010). “*Business Model Generation*”. London School of Economics.
- [13] ZOTT, C & AMIT, R. (2009). “Innovación del Modelo de Negocio: Creación de Valor en Tiempos de Cambio”. Universia Business Review (23), 108-121.
- [14] CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R.S. (2002). “*The role of business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation’s technology spin-off companies*”. Industrial and Corporate Change, 11, 529-555.
- [15] LLORENS BUENO, G. A. (2010). “Una perspectiva al concepto de modelo de negocios”. Université Libre des Sciences de l’ Enterprise et de Technologies de Bruxelles.
- [16] AFUAH, A. y TUCCI, C. (2002). “Internet Business Model and Strategies”, 2°ed. McGraw-Hill/Irwin.
- [17] RODRIGUEZ MERA, J. (2011). "Proyectos de creación de empresas. El rompecabezas del modelo de negocios." Editorial Universidad Libre Cali-Colombia ISBN: 978-958-8630-49-6 v. 1 pags. 34

MODELOS E INDICADORES DE VINCULACION Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA EN LA RELACION UNIVERSIDAD-ESTADO- EMPRESA

Marta D. Castellaro, UTN Santa Fe, mcastell@frsf.utn.edu.ar

Laura I. Zanitti, UTN Santa Fe, lizanitti@frsf.utn.edu.ar

Luciano B. Scardanzan, UTN Santa Fe, lscardanzan@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Los procesos de relación entre Universidad-Estado-Empresa son abordados en diversos trabajos, evolucionando a lo largo del tiempo pasando por el triángulo de Sábato y la triple Hélice al enfoque sistémico de la innovación. Debido a la complejidad de actores y de vínculos, existe gran interés por comprender sus características y formas de interacción, sus motivaciones y dificultades. A partir del estudio de la tercera misión de las Universidades y en particular de los procesos de Vinculación y Transferencia Tecnológica (VyTT), se pretende definir modelos de vinculación con el propósito de incentivar el trabajo asociativo y la transferencia de conocimientos entre los sectores de I+D y el sector socioproductivo, promoviendo la innovación y el desarrollo regional. La literatura indica que no existe un único modelo teórico aplicable a todos los casos de vinculación y son numerosos los documentos que intentan consensuar la terminología, como así también definir los instrumentos e indicadores para estos procesos. En este trabajo se interpela sobre la necesidad de analizar las características de cada entorno y de sus actores, estableciendo para cada Sistema de Innovación en general y para las instituciones que lo componen en particular, su propio modelo e indicadores, tanto de gestión como de resultados de la vinculación.

Palabras clave: *Universidad-Estado-Empresa, vinculación y transferencia tecnológica, indicadores.*

1. Introducción

En el presente trabajo se realiza un breve repaso de cómo los cambios en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación a nivel nacional e internacional han ido transformando la misión de la Universidad. Desde el enfoque de la Tercera Misión, las instituciones académicas han ido adaptando e incorporando prácticas de vinculación y transferencia tecnológica y de conocimiento, adquiriendo gran relevancia la relación de la Universidad con su entorno.

Se reconoce desde el Estado la importancia de dichas relaciones como factor de desarrollo social, por este motivo generan acciones para propiciar y promover la vinculación y la transferencia de I+D desde la Universidad hacia el sector socioproductivo.

Se plantean las distintas propuestas en cuanto a los procesos de innovación, dando lugar a partir de la década de los '90 a las Estructuras de Interfaz como espacios para articular las necesidades y demandas tecnológicas de los distintos entornos dentro del Sistema de Innovación Nacional con el cual interactúan.

Frente a la creciente importancia que se reconoce en las acciones de la Tercera Misión y en particular de vinculación y transferencia tecnológica, surge la necesidad de disponer de información que permita el desarrollo de estrategias y el diseño de políticas en la materia, de gran utilidad tanto hacia el interior como el exterior de las instituciones académicas.

A lo largo del trabajo se describe la necesidad de contar con modelos e indicadores para las mencionadas prácticas. Se analizan los requerimientos de información en la formulación de indicadores para la gestión de la tercera misión y se indaga sobre los instrumentos y propuestas existentes.

Finalmente, se presenta una propuesta de sistemas de indicadores para las prácticas de Extensión, Vinculación y Transferencia Tecnológica en las Universidades Argentinas.

2. La Universidad y su relación con el entorno

2.1 Misión de las Universidad, su evolución

“A lo largo de la historia, la universidad ha cambiado sustancialmente no sólo los rasgos estructurales que la definen como institución, sino también su propia finalidad. Una gran transformación se produjo a mediados del siglo XIX cuando la universidad medieval, entrada en los proceso de enseñanza, asumió su papel como institución generadora de conocimientos a través del principio de unidad entre docencia e investigación”. [1]

Entre varios autores que reflexionan sobre estos cambios, Beraza Garmendia y Rodríguez Castellanos [2] analizan la evolución de la Universidad indagando en los hechos vinculados con la modificación de la misión de la universidad desde el año 1800 hasta la actualidad, asociado con el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Entre los hechos destacados, los citados autores indican que, luego de la Segunda Guerra Mundial, se encuentra el documento “Science The Endless Frontier” de Vannevar Bush (1945) dando origen al enfoque lineal de innovación “empuje de la ciencia – technology push” en el cual la investigación básica da paso de forma secuencial a la investigación aplicada, ésta al desarrollo tecnológico (que no genera nuevo conocimiento) en la forma de un producto nuevo o mejorado, y el desarrollo da lugar a la implementación del producto o proceso, lo que luego sería considerado innovación.

Al respecto la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) define como innovación tecnológica a “el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados” [3].

Complementando al modelo “technology push” surge el enfoque del “tirón del mercado - demand pull” en el que el proceso de investigación es motivado por la demanda del mercado y no por los intereses de los científicos para hacer investigación básica.

La misión de la universidad estaba focalizada en la enseñanza (como generadora de capital humano especializado) y en la investigación (como generadora de conocimiento a partir de la investigación básica). Ante el modelo lineal (Figura 1), el sistema académico comienza a prestarle especial atención al uso que se da a los resultados de la investigación. Fernández Polcuch [4] señala que los impactos de la ciencia y la tecnología deben ser reconocidos y clasificados en función de su objetivo y destaca 3 criterios: en función del impacto en el conocimiento, del impacto económico, y del impacto social.

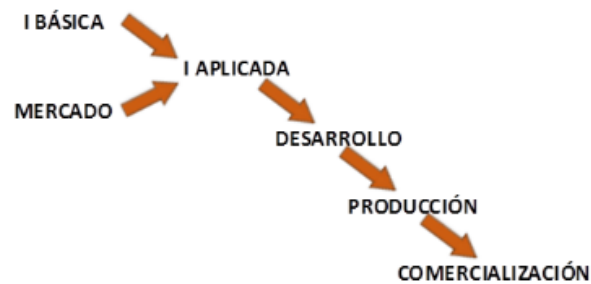


Figura 1: Modelo lineal

Fuente: CASTRO MARTINEZ y otros [5], p.2

Los cambios en el entorno, los nuevos desarrollos tecnológicos y la innovación industrial llevaron a proponer que el modelo lineal no era suficiente para explicar la innovación. De esta manera, surgen nuevos enfoques que analizaban la complejidad de dicho proceso, entre ellos el modelo interactivo o de enlaces de cadena de Kline y Roserberg (1986) quienes plantean distintos caminos (no lineales ni secuenciales), la relación con los conocimientos científicos y tecnológicos, y la diversidad de actores que interactúan en el proceso de innovación, entre ellos la Universidad, como puede verse en la Figura 2.



Figura 2: Modelo de Enlaces de Cadena

Fuente: CASTRO MARTINEZ y otros [5], p.2

Como respuesta a las transformaciones citadas, la Universidad adopta una “tercera misión” además de la tradicional docencia e investigación, potenciando la difusión del conocimiento y una relación más estrecha de la Universidad con su entorno. Esta tercera misión, como se denomina en Europa, es reconocida en América Latina como “extensión”.

La interacción de la Universidad “academia” con otros agentes económicos y sociales, también ha sido objeto de estudio entre los distintos enfoques: el triángulo de Sábato (1968), la “triple hélice” (Etzkowitz y Leydesdorf, 1995) [6], los sistemas de innovación y la economía (sociedad) del conocimiento.

El **triángulo de Sabato** y el **modelo de la triple hélice** plantean la relación entre la Academia, la empresa/industria y el Estado (la administración pública), y como a través de

dicha interacción y cooperación se dan los procesos de generación de conocimiento, I+D e innovación.

En cuanto al **sistema de innovación**, este trabajo considera el enfoque de Castro Martinez, et al. [5] quienes sobre la base de Lundvall (1992) definen al Sistema de Innovación Nacional como “el conjunto de elementos y estructuras que asumen funciones específicas en el proceso de producción, transmisión y almacenamiento de conocimientos y por su capacidad de interacción, que engloba la articulación y la difusión y utilización de los mismos”.

La **economía del conocimiento**, representada en la Figura 3, refleja un nuevo enfoque entre la interacción de los procesos de generación, distribución y utilización de conocimiento (I+D y educación) y la innovación.



Figura 3: El triángulo de la sociedad del conocimiento

Fuente: BUENO CAMPOS y CASANI FERNANDEZ DE NAVARRETE [6], p. 5

Bueno Campos y Casani Fernández Navarrete [6] mencionan la “tercera misión” de las Universidades haciendo referencia al triángulo de la sociedad del conocimiento, de tal forma que esta “tercera misión” implica una nueva forma de llevar a cabo el proceso de I+D, en cooperación y colaboración con otros agentes del sistema, así como el diseño de nuevos espacios de transferencia y creación de conocimiento, orientados a la innovación.

La misión de la Universidad frente a los cambios mencionados, continua siendo objeto de estudio en la actualidad. Beraza [2] aporta: “la misión de la universidad es desarrollar el conocimiento científico, tanto puro como aplicado, transmitirlo mediante la formación, la publicación y la divulgación, y transferirlo a las organizaciones del entorno (empresa, entidades públicas, organizaciones sociales, etc.), de forma que impulse la innovación y favorezca el desarrollo económico y social en su entorno”.

Finalmente, a las dos misiones clásicas de la universidad: “docencia/enseñanza” e “investigación”, se suma una tercera denominada de diversas formas: tercera misión, extensión, relación universidad - empresa, servicios a la comunidad o extensión, vinculación tecnológica, entre otras. Si bien se emplean como sinónimos, los términos citados hacen referencia a una gran variedad de procesos heterogéneos que involucran a las universidades y su entorno.

Tabla 1: Ampliación de la misión de la universidad

Inicio	1er. Ampliación	2da ampliación
Una misión: docencia	Dos misiones: docencia e investigación	Tres misiones: docencia, investigación y desarrollo económico y social
Preservación y transmisión del conocimiento a través de la formación	Desarrollo y transmisión del conocimiento mediante la formación, la publicación y la divulgación	Desarrollo, transmisión y transferencia del conocimiento científico a los agentes del entorno

Fuente: Beraza [2], p. 50

2.2 La Tercera Misión de las Universidades: las acciones de Vinculación y Transferencia Tecnológica

Tal como se mencionó anteriormente, frente a la Tercera Misión de las Universidades aparecen diversos enfoques:

“Se entiende por «tercera misión» de la universidad, en su visión actual de agente de transferencia del conocimiento que atesora, para ir concretando su capacidad potencial de innovación, de emprendimiento, a la vez que de compromiso social con el territorio o entorno en el que actúa e influye, así como ir considerando los problemas de su necesaria cuantificación y las líneas básicas del debate abierto sobre el alcance, las perspectivas y barreras que inciden en su desarrollo y los cambios y reformas que requiere el sistema universitario...” [6]

El Documento base para el Manual de Valencia [7] distingue entre: a): la generación de conocimiento y capacidades en colaboración con organizaciones y agentes no académicos, así como b) el uso, aplicación y explotación del conocimiento y otras capacidades existente en la universidad, fuera del entorno académico”.

Trabajos recientes indican que en la actualidad es posible identificar tres tipos “ideales” de enfoques de la extensión universitaria. Los dos primeros con un gran desarrollo en el Siglo XIX y el último, tomando mayor impulso en la actualidad:

- Como difusor cultural: vector de difusión cultural como modo de contribución a la formación de la sociedad.
- Como dinamizador del cambio y desarrollo social: acción institucional que tiene el propósito de transformar positivamente el medio social de pertenencia, promoviendo la satisfacción de las necesidades sociales de su comunidad, el acceso a los bienes públicos, la igualdad de oportunidades, la promoción y aseguramiento de los derechos humanos, de equidad social, de ciudadanía de sustentabilidad ambiental, entre otros objetivos de carácter social, político, económico, cultural y ambiental (ideario más arraigado en las prácticas de universidades latinoamericanas).
- Como dinamizador del crecimiento económico: prioriza como objetivo institucional la valorización de los conocimientos disponibles, ya sean los creados en los propios ámbitos institucionales como fuera de los mismos, a partir de promover su aplicación en los procesos de producción de bienes y servicios que tiene al mercado como destino.[8]

Estos 3 modos han dado origen a nuevas prácticas y a la reorientación de las Universidades para llevar adelante la función Extensión Universitaria (en alguno o todos los modos).

Principalmente desde la década del '90, las Universidades orientan su tercera misión hacia el modo 3, promoviendo y privilegiando su vinculación con el sector productivo. De esta forma, comienzan a tomar gran valor las acciones de Vinculación y Transferencia Tecnológica (VyTT) como forma de relación Universidad con su entorno.

“La transferencia de conocimiento mediante estudios, proyectos bajo contrato, investigación en colaboración, creación de empresas de base tecnológica resultado de investigaciones, explotación de patentes, etc. se convierte en una actividad básica de la universidad”. [2]

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina (MinCyT) en su guía de buenas prácticas en gestión y transferencia de tecnología utiliza el enfoque de González Sabater para definir a la transferencia tecnológica como “movimiento de tecnología y/o conocimiento (puede incluir tanto medios técnicos como el conocimiento asociado) desde un proveedor (Instituciones u Organismos del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: universidad, centro tecnológico, organismo de investigación, etc.; empresa) hacia un receptor (generalmente empresa), que adquiere la tecnología, a cambio de una contraprestación habitualmente económica”. [10]

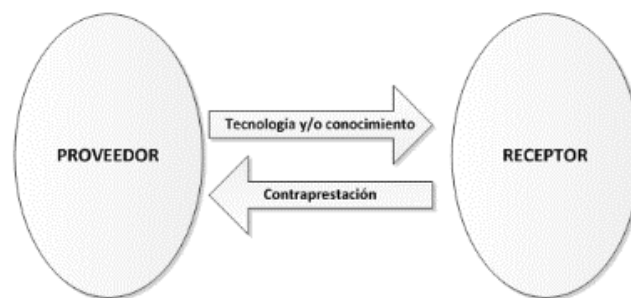


Figura 4: Transferencia de Tecnología y Conocimiento

Fuente: Manual de Transferencia de Tecnología y Conocimiento [11], p. 22

Enfocando la tercera misión desde el modo 3, antes citado, y en particular considerando las acciones de VyTT, González Sabater menciona que tradicionalmente, y en el entorno profesional de los organismos públicos de investigación, el concepto de TT “se ha referido a la administración de la propiedad industrial e intelectual creada por dichas entidades (identificación, protección, explotación y defensa de los derechos de propiedad). Más recientemente el concepto está evolucionando hacia el de transferencia de conocimiento, más amplio que el anterior, al englobar (European Commission, 2009):

- más dimensiones de transferencia, además de la tecnológica, como por ejemplo la personal, social o cultural;
- más objetos de transferencia, además de los que necesitan de una adecuada protección de propiedad industrial e intelectual, como por ejemplo el saber hacer personal o las publicaciones;
- más mecanismos de transferencia, además de las licencias, contratos de investigación o creación de empresas, como por ejemplo la formación o movilidad de personal” [11].

Retomando el enfoque de los sistemas de innovación, los vínculos entre sus componentes se *facilitan, promueven y estimulan* a partir de las acciones de las Estructuras de Interfaz (EDI).

[9]. Estas Estructuras pueden surgir en diferentes contextos, motivados por la necesidad de unir comunidades e instituciones con culturas y prácticas diversas, en la que los actores desconocen las necesidades y capacidades que la otra parte posee; es allí donde surgen las EDI articulando las necesidades y demandas de tecnologías.

Tanto a nivel mundial como en Argentina, se promueve la creación de EDI denominadas de diversos modos: En España se las conoce como Oficinas de Transferencia de los Resultados de Investigación (OTRI) y en Argentina como Oficinas o Unidades de Vinculación y/o Transferencia Tecnológica (OVTT o UVT), las cuales propician y privilegian la vinculación tecnológica con el sector empresarial.

La Universidades no son ajenas a estas transformaciones, acompañando las prácticas de extensión del tercer modo (dinamización del crecimiento económico) surgen marcos normativos y estructurales dentro de las propias instituciones académicas, permitiendo la creación de Estructuras de Interfaz Universitarias; espacios adecuados para trabajar en las estrategias de sensibilización, dinamización y cooperación del propio sector académico con actores externos en materia de innovación y vinculación tecnológica, estimulando la demanda de conocimientos y servicios tecnológicos y a consecuente relación de la Universidad y su entorno.

3. Modelos e indicadores de Vinculación y Transferencia Tecnológica (VyTT)

3.1 Medición y evaluación de la VyTT

Dada importancia creciente que se reconoce en las acciones de la tercera misión, surge la necesidad de disponer de información específica sobre el conjunto de interacciones que la universidad despliega con el entorno social, de forma tal que les permita contar con instrumentos de medición para el desarrollo de estrategias de vinculación y para el diseño de políticas asociadas [12].

En la medida que las actividades de la tercera misión y más precisamente de VyTT, como se indica en la sección 2.2 se van fortaleciendo en el ámbito universitario, resulta necesaria la especificación de instrumentos y recursos para garantizar que dichas funciones se llevan a cabo de manera eficiente y efectiva.

Según Mora [13], el uso de indicadores es, en sí mismo, una herramienta de medición que puede ayudar a establecer un cierto orden y a realizar previsiones en un sistema tan complejo como es el caso de una institución universitaria. Cada vez es más común su uso en el ámbito de la educación superior, tanto para el funcionamiento de las universidades como para la realización de comparaciones entre instituciones o países.

La literatura ofrece una diversidad de modelos e indicadores para evaluar la gestión universitaria, organizados en base a diferentes criterios y según distintos puntos de vista: se evalúa solo la docencia, otros la investigación, otros la transferencia de los resultados de investigación o la evaluación conjunta de todas ellas, y en pocos casos las actividades de extensión o tercera misión. En la práctica, tampoco existe consenso suficiente que determine el conjunto de las actividades incluidas en la denominada como tercera misión.

Por este motivo, los modelos de gestión e indicadores, continúan siendo causa de intensos debates técnicos-académicos y de diferentes opiniones acerca de cuál es el modelo más apropiado.

En particular, la medición y cuantificación de la tercera misión permite, entre otros aspectos:

- A las Universidades obtener información para gestionar acciones tanto hacia el interior como el exterior de la Institución. Se podría disponer de información valiosa para determinar la situación y la evolución de las actividades realizadas, permitiendo comparar los resultados entre instituciones. Permite la toma de decisiones y la definición de estrategia con relación a la orientación y explotación de los resultados de investigación y transferencia de I+D al entorno.
- Al Estado (administración pública) obtener información para incentivar y fomentar el desarrollo de la transferencia de I+D de las universidades al entorno socioproductivo. Establecer criterios en función de la información suministrada por los indicadores para mejorar la eficiencia en la distribución de recursos financieros a las universidades en función de sus actividades o de su impacto.

Desde esta perspectiva resulta necesario alcanzar un amplio consenso sobre los objetivos y su medición para conseguir que las políticas públicas vayan en la dirección adecuada y se alcancen los resultados que se pretenden; como así también definir indicadores que mejor reflejen toda la gama de actividades y de resultados posibles, para no beneficiar a determinadas universidades en perjuicio de otras.

Castro Martinez [14] plantea tres aspectos a considerar en el diseño de indicadores, como así también algunos desafíos a tener en cuenta:

- Establecer para qué? Analizar si el objetivo de los mismos es: proporcionar instrumentos para medir el desempeño en determinadas actividades de vinculación, ofrecer medios para la toma de decisiones estratégicas sobre las actividades que se desea priorizar, o bien ofrecer guías para la asignación de recursos.
- Articular cómo? Habitualmente las universidades poseen bases de datos orientadas a dar respuesta a los procesos administrativos y económicos, pero no tanto a otras solicitudes de información, como las de vinculación.
- Seleccionar y definir qué? Se debe consensuar qué indicadores se emplean y qué definiciones se utilizan para definirlos. Además, es necesario recopilar diferente información que ayude a ponerlos en contexto, teniendo en cuenta las características de las universidades (tamaño, orientación, organización, etc.), sus resultados científicos y tecnológicos y su contexto socioeconómico, pues sin duda todos estos elementos determinan la capacidad de cada universidad para desarrollar con mayor o menor intensidad sus actividades de vinculación.

Desafíos a considerar:

a) Actividades e Impactos:

Medir las actividades:

- i. Capacidades (lo que las universidades tienen)
- ii. Actividades (lo que las universidades hacen)

Medir los impactos: Centrarse únicamente en la medición de la actividad es insuficiente, ya que puede dar lugar al desarrollo de procesos sin prestar la debida atención a los resultados de los mismos.

- b) Considerar la diversidad de universidades y de sistemas universitarios; tener en cuenta las especificidades de cada universidad (su perfil, estrategia, evolución, contexto); reducir el esfuerzo de recopilación de información (maximizar el uso de fuentes existentes combinado con fuentes nuevas), obtener datos homogéneos (comparables y susceptibles de ser agregados)

3.2 Los sistemas de indicadores de VyTT para las Universidades

En cuanto a las diversas propuestas de indicadores para la gestión de la tercera misión en general y de la VyVT universitaria en particular, se destaca el documento elaborado por dos universidades nacionales Argentinas para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del país, el cual presenta una reseña muy interesante sobre los antecedentes en torno a la producción de indicadores y algunas de las principales experiencias relacionadas, tanto a nivel Nacional como Internacional [8].

Entre algunos aportes se mencionan varias organizaciones que han participado activamente en el diseño de nuevas métricas de innovación, como la OCDE [15] y otras promoviendo el desarrollo de herramientas de medición y análisis de la Ciencia y la Tecnología como la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y el centro REDES argentino, desde el que se lidera la mencionada red.

Desde el 2009, con el aporte expertos de instituciones argentinas e internacionales se ha avanzado en el proyecto de creación del Manual de Indicadores de Vinculación de la Universidad con el Entorno Socioeconómico, el cual se encuentra actualmente en revisión. Su objetivo es elaborar un instrumento de medición y evaluación de impacto del conjunto de interacciones y actividades que entabla la universidad con la comunidad extra-académica. Uno de los desafíos del proyecto radica en la elaboración de una herramienta que capture tanto las actividades de vinculación mensurables, como aquella gama de acciones de carácter informal que desarrolla el personal académico y que hacen a la vinculación no académica de la universidad con el entorno y la sociedad en general. La propuesta del Manual apunta a distinguir dos tipos de indicadores en la medición de la vinculación de la Universidad con su entorno: indicadores de actividad e indicadores de resultados (impacto o desempeño) [7].

En cuanto a América Latina, se pueden mencionar a la Red de Vinculación Tecnológica de las Universidades Nacionales Argentinas (RedVITEC) institución que ha promovido temáticas universitarias como normativa sobre transferencia de servicios tecnológicos, indicadores de gestión y de vinculación tecnológica en particular.

La experiencia más reciente en Argentina comienza, en 2014, con un proyecto investigación presentado por dos Universidades Nacionales en una convocatoria del Centro Interdisciplinario de Estudios de Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MINCyT), denominado Monitoreo de las Prácticas de Vinculación y Transferencia Tecnológica del Sistema Universitario. Incentivos e Impactos en la Argentina; cuyo objetivo es “el prediseño de un sistema de información, que dé cuenta de las prácticas de extensión, vinculación y transferencia tecnológica de las Universidades Argentinas con su entorno socio-económico” [8].

Con la colaboración y aporte de 21 Universidades de gestión pública y de gestión privada, entre las que se encuentra la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), luego de diversas instancias de análisis, debate y discusión se ha avanzado en la propuesta del Prediseño de un Sistema de Información de las prácticas de Extensión, Vinculación y/o Transferencia Tecnológica (EVy/oTT) sobre la base de distintos niveles y tipos de indicadores - Recursos, Procesos, Contexto, Resultados e Impactos-. Este sistema actualmente se encuentra en etapa de validación y discusión hacia el interior de cada Universidad.

4. Indicadores para las prácticas de VyTT en las Universidades Argentinas

Considerando el sistema de innovación nacional, distintos organismos del Estado a nivel nacional y regional (provincia de Santa Fe) como son los Ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación (del lado de la generación/difusión del conocimiento científico-tecnológico) y los Ministerios de la Producción (del lado del sector productivo) promueven acciones tendientes a acercar a los sectores científico-tecnológicos con el socio productivo como una forma de impulsar el desarrollo económico del territorio y la mejora de la calidad de vida de la sociedad.

Cada vez más, surgen iniciativas estatales, por ejemplo a través de instrumentos de financiamiento, cuyo propósito es promover la transferencia de conocimientos, los resultados de investigación y el desarrollo tecnológico desde las Universidades hacia las empresas.

Frente a esta situación y a las mencionadas a lo largo del documento, las prácticas de VyTT de las Universidades en general y de las de carácter tecnológico en particular (como es el caso de la UTN), requieren especial atención.

Para adecuar las acciones de VyTT a las realidades y demandas del entorno y poder realizar aportes e intervenciones, son necesarias diferentes acciones que permitan observar el medio, relevar, establecer contactos y relaciones para conocer realidades, medir y monitorear.

Al no existir, hasta el momento, un modelo generalmente aceptado de indicadores por parte del sector académico, cada Institución utiliza sus propios criterios para establecer sus variables y sistemas de medición. En la práctica, este hecho genera dificultades para comparar acciones interuniversitarias, y más aún en muchos casos las facultades de una misma universidad suelen emplear indicadores “particulares” en la gestión de sus acciones. Situación que presenta gran complejidad para la toma de decisiones para los distintos actores involucrados.

Frente a esto, y reconociendo la necesidad e importancia de la gestión universitaria a través de indicadores comparables y que resulten de utilidad para generalidad de las instituciones, desde la Subsecretaría de Vinculación Tecnológica (SSVT) dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria, en conjunto con docentes investigadores de otras áreas, desde el año 2015 está trabajando en un proyecto de investigación denominado “Modelos e Indicadores de Vinculación aplicables a una Oficina de Vinculación Tecnológica del Sector Universitario” cuyo objetivo era “profundizar en el conocimiento del contexto de la tercera misión y la vinculación tecnológica universitaria, proponiendo buenas prácticas, procedimientos e indicadores de control de gestión de las actividades de VT adecuados a la realidad de nuestra región” [16].

En la búsqueda de modelos e indicadores acordes a las prácticas de la UTN Santa Fe, se ha asumido el desafío de adoptar el Sistema de Indicadores propuestos a partir del proyecto citado en el punto 3.2.

El sistema presenta una gran cantidad de indicadores que cubren numerosas actividades de EVyTT tanto hacia el interior como el exterior de la Institución, los cuales de forma resumida se presentan en la Tabla 2, en la cual se evidencia la complejidad de sistema. Con más de 200 indicadores, su propósito es permitir a las instituciones indagar sobre sus procesos de EVyTT: el grado y tipo de vinculación, los resultados que producen en forma directa, los impactos que generan sobre el conjunto de la sociedad y los recursos que las mismas moviliza para el desarrollo de estas prácticas.

Tabla 2: Indicadores de EVy/oTT propuestos

INDICADORES DE PRIMER NIVEL (de carácter público)	A. INDICADORES ESTRUCTURALES U ORGANIZACIONALES (17 indicadores)
	B. INDICADORES GLOBALES DE ACTIVIDADES DE EVy/oTT (30 indicadores)
INDICADORES DE SEGUNDO NIVEL (no necesariamente deben ser públicos)	Indicadores de la dimensión Recursos Humanos (15 Indicadores)
INDICADORES DE TERCER NIVEL (no necesariamente deben ser públicos)	Actividad n° 1: I+D en convenio con entidades no académicas (17 indicadores)
	Actividad n° 2: Integración con 3ros. de figuras jurídicas para la producción de bienes y/o servicios tangibles o intangibles (13 indicadores)
	Actividad n° 3: Participación activa de la universidad en la gestión de los distintos tipos de aglomeraciones productivas (6 indicadores)
	Actividad n° 4: Movilidad del personal (5 indicadores)
	Actividad n° 5: Pasantías (8 indicadores)
	Actividad n° 6: Cursos y Actividades de Extensión (12 indicadores)
	Actividad n° 7: Participación en programas o redes interinstitucionales, con organizaciones sociales públicas, privadas o mixtas, de carácter no académico (7 indicadores)
	Actividad n° 8: Actividades de promoción para la generación de emprendimientos (25 indicadores)
	Actividad n° 9: Asesoramiento y servicios de consultoría (18 indicadores)
	Actividad n° 10: Servicios técnicos y uso de infraestructura (8 indicadores)
	Actividad n° 11: Puesta en valor de los resultados de los procesos de generación de conocimientos promovidos en la universidad (19 indicadores)
	Actividad n° 12: Difusión no académica (7 indicadores)

Fuente: elaboración propia

Es importante destacar que el proyecto de Monitoreo de las prácticas de EVyTT nombrado, es un estudio impulsado desde el Estado Nacional, con el objetivo de generar un modelo general y de aplicación para todas las entidades científico-académicas que integran el Sistema Nacional de Innovación. Por lo tanto, si bien se cuenta con los procesos de revisión de las universidades participantes, desde la génesis predomina una visión macro del funcionamiento del Sistema y el desempeño de los actores intervinientes. Lo dicho expresa la necesidad de fortalecer un análisis a nivel local de los procesos que cada institución lleva adelante con su

entorno, para determinar qué indicadores reflejan en mejor medida las actividades de vinculación según cómo se adapten a las necesidades de su entorno cercano.

Ante lo expresado, no existe un sistema de innovación “modelo”, como tampoco Universidades que lo sean. Se presentan realidades muy diferentes según el grado de desarrollo de algunos factores: capacidades científico tecnológicas instituidas, desarrollos tecnológicos, conocimiento valorizado y protegido, grado de innovación en las empresas que conforman su entorno, reconocimiento al desarrollo emprendedor local y global, tejido productivo y social, etc.

La UTN Santa Fe, por tratarse de una Facultad de la UTN debe respetar en sus procesos, los lineamientos de la Universidad para las funciones docencia, investigación y extensión. Siguiendo los mismos, desde la SSVT se ha iniciado un proceso de análisis de los indicadores, lo cual va acompañado de la necesaria revisión de sus propios procesos de la Tercera Misión tanto hacia el interior como el exterior de la Facultad y de la propia Universidad (sus políticas, sus reglamentos, la formación de sus recursos humanos-investigadores, docentes, tecnólogos, gestores tecnológicos, estudiantes-, entre otros aspectos).

5. Conclusiones y recomendaciones

Las Universidades han evolucionado, cambiando su misión y la forma de relacionarse con el entorno socio-productivo, definiendo actividades fundamentales: docencia, investigación y extensión desde su concepción más amplia.

Los procesos de generación, valorización y transferencia del conocimiento científico han acompañado esta transformación, instalando a la vinculación y la transferencia tecnológica como eje prioritario de las políticas estratégicas de las Universidades.

Desde el Estado además, de la mano de la aplicación de prácticas modernas de administración, se exigen y plantean indicadores para la medición de objetivos y el seguimiento de planificaciones, y las universidades no pueden permanecer ajenas a estas prácticas. En la medida en que los gobiernos están crecientemente dispuestos a destinar recursos para el apoyo de estas estrategias de vinculación en el seno de las universidades, se hace necesario un sistema de indicadores que les permita apoyar las decisiones de asignación de recursos sobre la base de evidencia empírica.

Esto implica el esfuerzo por parte de las instituciones académicas en definir el alcance de su misión y sus funciones, en particular en lo referido a la Tercera misión, tal como se desarrolló en el presente trabajo.

Al ser estas muy diversas en sus características, es difícil establecer las prioridades del sistema global en la transferencia del conocimiento al mundo empresarial y definir los indicadores adecuados para alcanzar los objetivos sin que beneficien a un tipo de instituciones en perjuicio de otras. Esto se ve afectado además por las particularidades de los sectores productivos locales y por la dinámica y característica del sistema financiero, que modifican las características de los proyectos de transferencia, y por ende, la forma de medirlos.

Los antecedentes mencionados dan cuenta de la importancia de la búsqueda de modelos e indicadores de vinculación y transferencia tecnológica realizada por las Universidades. Esto

es relevante para establecer el impacto de que tienen las relaciones de las universidades con su entorno.

Cada universidad es producto de un proceso específico de desarrollo social, económico e intelectual que ha conducido a un equilibrio propio entre las misiones de docencia, investigación y vinculación con el entorno, y por ello el desarrollo de estos indicadores deberá ser flexible y realizarse en relación a metas específicas establecidas por las universidades.

El presente trabajo, refleja el esfuerzo que se está llevando adelante desde el ámbito académico para monitorear y como consecuencia de ello, obtener información que permita tomar decisiones que permitan llevar adelante las actividades EVyTT promoviendo el crecimiento y mejora de la calidad de vida de la sociedad.

La formalización de indicadores para las actividades de EVyTT, es un proceso que se encuentra en ejecución. Como primer resultado obtenido se puede citar el prediseño de un sistema de indicadores propuestos para las universidades argentinas (punto 3.2 y 4); el cual brinda una oportunidad para trabajar, colectiva y consensuadamente, en la medición y seguimiento de las prácticas de EVyTT.

En la actualidad, el mismo se encuentra en la etapa de validación y discusión hacia el interior de cada Universidad. En particular en la UTN Santa Fe, luego de participar en distintas etapas de prediseño del sistema de indicadores se encuentra analizando los indicadores propuestos para los distintos niveles (Tabla 2), dimensión, variables, fuentes de información y las posibilidades concretas de adaptar e implementar los mismos en el ámbito de la Institución. La experiencia de análisis y revisión está siendo compartida con otras instituciones académicas de la región.

El desafío a futuro para las instituciones académicas es analizar dicha propuesta y generar los ámbitos de discusión propicios sobre el conjunto de indicadores que les permitan, por un lado desarrollar estrategias propias de vinculación con el entorno, y por otro, la medición efectiva del desempeño de las mismas, constituyéndose en instrumentos de apoyo a esa misión por parte de las universidades.

6. Referencias

- [1] CASTRO MARTINEZ, E.; VEGA JURADO J. (2009). Las relaciones universidad-entorno socioeconómico en el Espacio Iberoamericano del Conocimiento. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, v. 4, n. 12, p. 71-81.
- [2] BERAZA GARMENDIA, J.M.; RODRIGUEZ CASTELLANO A. (2007). La evolución de la misión de la Universidad. *Revista Dirección y Administración de Empresas*, n.14, p. 25-56.
- [3] (2003). *Manual de Frascati 2002. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. OCDE. España: Fundación Española de Ciencia y Tecnología. 282p.
- [4] FERNANDEZ POLCUCH E. (2001). La medición del impacto social de la ciencia y la tecnología. En: ALBORNOZ M. Temas actuales de indicadores de ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe.
- [5] CASTRO MARTINEZ E.; CONESA CEGARRA F.; FERNANDEZ DE LUCIO I.; GUTIERREZ GRACIA A. (1999). El contexto de la cooperación Empresa/Universidad. Capítulo de un libro pendiente de edición.

- [6] BUENO CAMPOS E.; CASANI FERNANDEZ DE NAVARETTE F. (2007). La tercera misión de la universidad. Enfoques e indicadores básicos para su evaluación. *Revista Economía Industrial*, Madrid, n.366, p.43-59.
- [7] D'ESTE P.; CASTRO MARTINEZ E.; MOLAS GALLART J. (2014). Documento base para un Manual de Indicadores de Vinculación de la Universidad con el entorno socioeconómico (Manual de Valencia) (en proceso de evaluación y publicación), España, INGENIO (CSIC – UPV). 53p.
- [8] UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL – UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO NEGRO (2015). Proyecto N° 01_02_20 CIECTI/MINCYT. Monitoreo de las prácticas de vinculación y transferencia tecnológica del sistema universitario. Incentivos en impactos en la argentina. Informe final: prediseño de un sistema de información de las prácticas de extensión, vinculación y transferencia tecnológica promovidas desde el sistema científico académico universitario argentino. 155p.
- [9] MOLAS GALLAR J; CASTRO MARTINEZ E.; FERNANDEZ DE LUCIO I. (2008). Interface Structures: knowledge transfer practice in changing environments en Digital. CSIS [Repositorio Institucional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas]. Working Paper Series N° 2008/4.
- [10] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación Argentina. (2013). Guía de buenas prácticas en gestión de la transferencia tecnológica y de la propiedad intelectual en instituciones y organismos del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. Programa nacional de gestión de la propiedad intelectual y de la transferencia tecnológica, Argentina, 66p.
- [11] GONZALEZ SABATER J. (2011). *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*. Instituto de transferencia de tecnología y conocimiento. 125p.
- [12] PALOMARES MONTERO D.; GARCIA ARACIL A.; CASTRO MARTINEZ E. (2008) Evaluación de las instituciones de educación superior: revisión bibliográfica de sistema de indicadores. *Revista Española de Documentación Científica*, v.31, n.2, p. 205-229.
- [13] MORA, J. G. (1999). La Universidad: una empresa al servicio de la sociedad del conocimiento. *Cuadernos IRC*, España, n. 1, p. 41-55.
- [14] CASTRO MARTINEZ E. (2015). Indicadores de Vinculación de la universidad con el entorno socioeconómico: El documento base del Manual de Valencia”. Sesión plenaria de la *Conferencia Académica Internacional “Consolidando acciones cooperativas para impulsar las relaciones de las universidades con el mundo productivo”*, Tercer Congreso Internacional de la Red Universidad-Empresa ALCUE. 20p.
- [15] OCDE (2007). Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World. Responding to Policy Needs.
- [16] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. (2015). Proyecto de Investigación y Desarrollo. Modelos e indicadores de vinculación aplicables a una oficina de vinculación tecnológica del sector universitario.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

“DESARROLLO DE INDICADORES PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS GRADUADOS, APLICADA A LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL SANTA FE.”

Ing. Fabián R. Gon, UTN- FRSF, fgon@frsf.utn.edu.ar

Cristian Orsi, UTN-FRSF, cristianorsi@gmail.com

Ariel Gonzalez, UTN-FRSF, arggonzalez@hotmail.com.ar

Resumen

Este trabajo está dentro de la realización de la tesis en la maestría en Ingeniería en Calidad, que indaga sobre indicadores de calidad, con el objeto de poder medir la calidad de los graduados de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional. (FRSF-UTN)

Se considero para este trabajo información reunida en una presentación realizada por el autor en donde se analizo la carrera de Ingeniería Industrial no desde los hechos, sino a partir de la perspectiva de los directores de departamento y de la opinión de los graduados de la carrera de Ingeniera industrial hasta la fecha.

El diseño de la investigación es de tipo interpretativa, cualitativa y cuantitativa, que no apunta a la mera descripción de los hechos sino a la interpretación de los fenómenos involucrados, siendo los instrumentos empleados anteriormente la entrevista a los directores y la encuesta a los graduados.

Los Directores seleccionados, han producido hechos significativos en la carrera y sus aportes están en un marco académico ampliamente corroborado por las funciones que han desarrollado dentro de la FRSF.

La información suministrada por los Directores y la recopilada a los graduados comprende desde el inicio de la carrera año 1999 hasta el año 2016, se optó por no utilizar los nombres y apellido de los mismos.

Palabras claves: indicadores de calidad, graduados, ingeniería industrial.

1. Introducción

Desde hace varios años se ha venido fortaleciendo a nivel internacional la tendencia de evaluación de la actividad universitaria, como una forma de rendición de cuentas a la sociedad y a los gobiernos.

En este contexto de evaluación, el seguimiento de graduados es un tema de vital importancia para las universidades, ya que el desempeño profesional y personal de los graduados permite establecer indicadores con respecto a la calidad y eficiencia de las instituciones de educación superior. Sin embargo, no todas las universidades cuentan con programas sistemáticos de seguimiento de graduados y con una retroalimentación de la información recopilada.

Nuestro propósito fundamental sobre la medición de la calidad de los graduados en un contexto general, es generar indicadores que nos permitan abordar los temas principales que hacen al desempeño y a los requerimientos en el ámbito laboral de los mismos.

Es importante recabar la opinión de los empleadores de los graduados, aspectos clave para implementar estudios de seguimiento de graduados, implementando actividades para la detección de áreas de oportunidad para la mejora de este tipo de actividades.

El propósito principal que se plantea es el de brindar apoyo a la institución de educación superior en la elaboración de estudios de seguimiento de graduados y en la aplicación de sus resultados en los procesos de mejora continua.

Hoy en día, las universidades deben analizar minuciosamente la inserción de los graduados en el mercado laboral para mejorar su oferta de enseñanza y formación.

Los esquemas de organización laboral exigen la existencia de un enlace más sólido entre las habilidades formativas y profesionales, lo cual requiere no sólo la cooperación de la educación universitaria, también indica el papel que las universidades deben jugar como impulsores de la innovación y del desarrollo tecnológico. [1]

Las universidades necesitan asegurar capacidades y servicios profesionales que no terminen con la obtención de un título sino que tomen también en cuenta la necesidad del aprendizaje permanente.

Esto ha generado una mayor movilidad y flexibilidad. Las trayectorias profesionales de la vida y del trabajo ya no son estandarizadas, y como resultado; la posibilidad de adquirir un empleo ha llegado a ser un tema clave. El periodo de transición entre la universidad y el empleo es reconocido como crucial para el futuro desarrollo profesional.[1]

Las universidades han empezado a enfocarse en el aseguramiento de calidad para satisfacer las necesidades tanto de sus estudiantes como de la sociedad con respecto al mercado laboral. Por ello tener un conocimiento bien establecido de las fuerzas y las debilidades de sus programas de estudio es esencial para la gestión de la calidad.

Cada vez son más las instituciones de educación superior que se responsabilizan de su trabajo. Por consiguiente, se mide el éxito de las universidades basado principalmente en el resultado de sus estudiantes con respecto a su situación laboral y su compromiso social, los estudios sobre el seguimiento de los graduados constituye una manera de realizar esta medición.

Estos estudios recopilan información sobre el desarrollo profesional, personal y social de los graduados.

1.1. ¿Cuál es nuestra interpretación de la calidad?

Para poseer calidad reconocida en una institución universitaria es necesario acreditarla y para esto último hay que definirla adecuadamente.

La calidad posee múltiples dimensiones, visiones e interpretaciones. Pero el problema no consiste en buscar una nueva definición de calidad, pues ya existen muchas en la literatura actual, sino determinar aquella que sea más adecuada a la evaluación en las condiciones de la realidad latinoamericana, sin olvidar que la calidad tiene que estar conjugada con la pertinencia y el impacto, pues no se puede concebir una institución universitaria de calidad que no sea pertinente en su entorno social.

La pertinencia y la calidad, junto a la internacionalización, representan para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación y la Ciencia (UNESCO), los tres aspectos claves

que determinan la posición estratégica de la educación universitaria. El grado de pertinencia se mide por el impacto social que genera, por el flujo de repercusiones y de transformaciones de sentido que se producen objetivamente en la sociedad de su entorno. Para lo cual los graduados de las universidades son los actores principales de esta acción, los responsables de llevar adelante las modificaciones correspondientes.[2]

Podemos considerar varios conceptos de calidad, que según Vistremundo Águila Cabrera [3] existen en la actualidad latinoamericana, basados en diferentes aspectos, pero los cuales mantienen como elemento común su relatividad, los más frecuentes son:

- El concepto de calidad como excelencia, basado en la definición tradicional, equivalente a poseer estudiantes sobresalientes, académicos destacados y aseguramientos del primer nivel.
- El concepto de calidad como repuesta a los requerimientos del medio, basada en una definición donde prima la pertinencia, pero trae el peligro que la calidad se tome solamente sobre la base de los requerimientos de agentes externos interesados solo en formar aspectos puramente técnicos y no los aspectos culturales y de valores en los graduados universitarios.
- El concepto de calidad basado en la dependencia de los propósitos declarados, depende de las metas que se fije la universidad y esa métrica está relacionada con la base de sus aspiraciones.

Hemos decidido optar por el concepto que define a la calidad como repuesta a los requerimientos del medio, entendiendo por medio el ámbito de desarrollo donde el profesional graduado se va a desenvolver y actuar en interacción con las instituciones privadas y estatales.

La concepción anterior es muy valiosa a los efectos de instrumentarla a través de los patrones de calidad, estándares, variables, indicadores, que habitualmente se emplean en la evaluación de objetivos, en nuestro caso la evaluación de los graduados.

Para desarrollar un proceso de evaluación de calidad de nuestros graduados, no basta con una definición filosófica o académica de dicho concepto, es necesario definir un concepto de calidad con determinadas características: que sea operacional dentro de un procedimiento de evaluación, que abarque de una u otra forma las funciones sustantivas de la universidad, que lleve el concepto de evaluación y que esté ligado a la pertinencia social.

1.2. Los organismos internacionales:

La Asociación Iberoamericana de Instituciones de enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI),[4] ha definido como su objetivo fundamental la creación de un espacio común de enseñanza donde los rasgos del ingeniero Iberoamericano faciliten el emprendimiento de acciones que conduzcan a acuerdos para el diseño de currículos de ingeniería sustancialmente equivalentes, sensibles a las diferencias y características propias de cada uno de los países, como mecanismos para el reconocimiento y equivalencia de las titulaciones.

No se debe desvincular la formación del ingeniero de su ejercicio profesional, para contribuir a la solución de los problemas de la región es menester formar ingenieros en la cantidad requerida, con estándares de calidad internacionales y con estrategias curriculares que favorezcan la pertinencia local y regional de sus conocimientos para contribuir con la urgente tarea de reconocer, identificar y caracterizar las prioridades que permitan diagnosticar, proponer, planear y aportar propuestas sostenibles.[5]

El ingeniero no solo debe saber, sino también saber hacer y que el saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una

compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, que requieren ser reconocidas expresamente en el proceso de aprendizaje. Siguiendo en la misma línea de pensamiento el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [6] contempla diez competencias genéricas, complejas e integradas del ingeniero, relacionadas con saberes que se vinculan con el saber hacer, que están referidas al contexto profesional, que apuntan al desempeño profesional y que incorpora la ética y los valores en el perfil del profesional que se busca formar.

Se hace énfasis en el perfil de egreso de los ingenieros considerando de suma importancia las cuatro dimensiones del ingeniero propuestas por el ASIBEI: académica, profesional, social y ambiental.

1.3. La calidad desde la visión de la Universidad tecnológica Nacional.

El plan estratégico (PE) de la UTN es una herramienta fundamental para la proyección de la universidad, la mencionada normativa dispone la continuidad de las etapas siguientes del Proyecto Institucional de la Universidad (PIU), los cuales son el Plan de desarrollo Institucional a nivel Universidad y el Plan de Desarrollo Institucional a nivel Facultades Regionales.[7]

Dentro de los diferentes programas generales y específicos de cada línea estratégica planteados en el PE, consideraremos solamente aquellos pertinentes para nuestro estudio orientado hacia los graduados de ingeniería industrial.

Tabla 1. Líneas estratégicas consideradas del PE de la UTN

Línea A	Calidad en la Formación Académica	Gestión integrada de la docencia, la investigación y la extensión
Línea B	Investigación y Desarrollo Regional	Gestión Tecnológica
Línea C	Extensión Universitaria	Vinculación de la universidad con el medio. Vinculación con el Graduado de la universidad. Capacitación y presencia a distancia. Promoción de proyectos de extensión.

Fuente: Elaboración propia.

La UTN a través de la Secretaria de Planeamiento de la UTN en su Plan Estratégico (PE) señala la necesaria construcción de distintos tipos de indicadores para diferentes actividades, que las instituciones públicas llevan adelante como son la de planificación, gestión y control y las etapas para su elaboración, documento que está vigente en la web desde octubre de 2011.

La planificación estratégica apoya la toma de decisiones en diferentes instituciones públicas y privadas siendo sus enfoques metodológicos variados. Los indicadores se establecen como base final del PE, ello implica definir cuáles son los indicadores estratégicos, los operativos y los de gestión.

Desde la perspectiva de las funciones que debe tener el indicador podemos señalar dos una función descriptiva donde aporta información sobre el estado real de una actuación pública o programa y por otro lado una función valorativa que consiste en añadir a la anterior un juicio de valor basado en antecedentes objetivos.[8]

1.4. Plan estratégico institucional (PEI) de la FRSF.

Desde el año 2009 en la FRSF-UTN, se asumió el compromiso de priorizar los aspectos académicos y de promover la elaboración, la implementación y el seguimiento permanente de un Plan Estratégico para la Institución, alineados a las definiciones establecidas en el Estatuto y en el Plan Estratégico de la UTN.[9]

A partir de estas premisas se propuso trabajar en la formulación e implementación del PEI, como núcleo central y acción motivadora de un proceso reflexivo de la comunidad, tanto para el orden interno como en su relación con el medio donde está inserta.

Desde comienzos del año 2011, sobre la base del documento de la Universidad y con el resultado del mencionado proceso de diagnóstico, se elaboraron los objetivos y líneas de acción prioritarias para los ejes Docencia, Investigación, Extensión y Gestión Institucional que conforman las matrices estratégicas del PEI.

Las matrices estratégicas, fueron desarrolladas en 4 columnas, la primera consta de los objetivos generales de la UTN (Plan Estratégico de la Universidad) y las restantes hacen referencia a la FRSF desagregándose en Objetivos Estratégicos, Objetivos Tácticos y Líneas de Acción Prioritarias.

El cumplimiento de la política estratégica de la FRSF, basados en los pilares fundamentales de: Docencia, Investigación y Extensión, promueven la construcción de un modelo institucional, con el objetivo de ir impulsando la excelencia académica. La cual se sustenta en la participación, la pluralidad de ideas y una gestión adecuada de los procesos alineados en pos del desarrollo de la Institución.

En nuestro estudio abocado al desarrollo de indicadores de calidad para medir la calidad de los graduados de la FRSF, hemos considerado al igual que lo hicimos con el PE de la UTN fundamentalmente aquellos ejes temáticos que corresponden a las líneas de acción propuestas para los programas y proyectos relacionados directamente a esta temática.

Tabla 2: Ejes temáticos considerados relevantes en el estudio.

Eje	Línea	Programa	Proyecto
Gestión institucional	Graduados	Programa fortalecimiento de la vinculación con el graduado	-La inserción laboral del graduado. -Observatorio del graduado. -Capacitación del graduado.
Docencia	Desarrollo curricular.	Programa gestión curricular.	-Revisión curricular permanente.
	Formación Postgrado	Programa formación de Posgrado	-Acompañamiento en la realización de trabajos finales de postgrado.
Extensión	Vinculación tecnológica	Programa institucional de vinculación Tecnológica	-Oferta y demanda Tecnológica -Proyectos de vinculación tecnológica. -Gestión de vinculación tecnológica.
	Capacitación extracurricular	Programa capacitación extracurricular	-Gestión de la capacitación extracurricular.

Fuente: PEI de la UTN FRSF[10]

2. Materiales y Métodos

¿Cómo se puede mejorar el vínculo entre universidades y empresas u organizaciones?

Parece una pregunta simple pero hay muchos desafíos en la práctica. Estamos viendo que las organizaciones de empleadores dan una mejor orientación al sector educativo si tienen un interés inmediato en el proceso. En muchos países desarrollados, los educadores y las universidades forman alianzas para la investigación, para que los estudiantes hagan las prácticas en las empresas, y comparten sus profesionales cuando los empleados de la empresa dan clases en las universidades. Hay mucho espacio en América Latina para expandir estos convenios y así lograr que las universidades estén más presentes en empresas, y viceversa.

En España se ha incorporado como un indicador de resultados de las universidades la tasa de empleabilidad de los graduados, como un indicador de medición de la calidad universitaria, junto a otros factores importantes como la investigación o el rendimiento académico de los alumnos.[11]

3. Metodología empleada:

Como indicamos en el resumen de este trabajo, la base de datos adquiridos corresponde a los resultados de una entrevista a los directores de la carrera de ingeniería industrial y de una encuesta realizada a los graduados de la misma carrera.

Describimos a continuación en primera instancia los datos más significativos que hemos recogidos en la encuesta realizada a los directores de departamento y luego se describen los datos más relevantes adquiridos en la encuesta a los graduados de Ingeniería Industrial de la FRSF. De esta manera tendremos no solamente la visión de la institución desde la perspectiva que tiene propuesto en los PE y PEI, sino también la opinión de los directores, los graduados y su postura frente a la calidad.

De las amplias y variadas repuestas obtenidas en ambos casos, solo se han incluido aquellas que consideramos directamente relacionadas con los factores que tienen incidencia directa con la calidad de los graduados en la institución analizada FRSF-UTN.

Relevamiento y análisis de la información:

3.1. Condiciones de realización de la entrevista a los directores

Las entrevistas siguieron cuatro ejes temáticos, que hacen al desarrollo de la carrera y sus involucrados, esta forma de agrupar los temas nos permitió, elaborar luego una conclusión global de cada eje temático. La entrevista se dividió en cuatro aspectos claves:

De los Directores y su conocimiento.

De los docentes su participación, formación y conocimiento.

De los estudiantes, la evaluación y conocimiento.

Del plan de estudios.

3.1.1. De los Directores y su conocimiento

Los tres Directores se desempeñaron como: docentes de la carrera de Ingeniería Industrial o de la carrera de Ingeniería Mecánica, fueron miembros de laboratorios, directores de laboratorios y se desempeñaron como docentes en otras Universidades, su experiencia en la industria fue importante y en cada caso dedicado a la investigación.

Al analizar lo positivo y negativo de cada gestión, las repuestas de los Directores pueden ser resumidas en la siguiente tabla N°3:

Tabla N° 3: Lo positivo y negativo de su gestión.

GESTIÓN	1°Director	2°Director	3°Director
POSITIVO	La carrera que luego se acreditó, lo hizo con el 70% de las cátedras y el 80 % de los docentes que tenía desde su formación.	Lograr la acreditación por seis años, el logro más importante.	Grupo de trabajo de coordinación, relación con docentes, alumnos y graduados, predisposición para acompañar el proceso de crecimiento.
NEGATIVO	La falta de concreción de la creación e implementación de laboratorios propios de la carrera o específicos de la carrera. No existieron recursos como fueron el PROMEI I y II ¹ .	Era necesario una mayor participación de los docentes y una mirada crítica de todas las cátedra, Un mayor desarrollo de las áreas, discutir con los docentes su participación en ellas.	Muchas veces se tuvo que correr detrás de los problemas, dado la poca estructura de gestión existente, de otra manera se hubiera podido llegar más rápido o con mejores resultados.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. De los docentes su participación, formación y conocimiento

Cuando se indagó a los Directores sobre los conocimientos de didáctica y técnica y su confluencia, en líneas generales todos coinciden que existen dos casos, aquellos que dominan los conocimientos técnicos y tienen muy poca didáctica y esto está ampliamente relacionado con su actividad laboral y su formación ingenieril. Luego encontramos los que son didácticos en la enseñanza y aquí se manifiesta a través de aquellos que lo llevan de manera innata y los que se han formado para esta actividad.

A la hora de analizar como incide la capacitación de postgrado y el desarrollo profesional en la industria, las repuestas son diferentes pero confluyen en que ambas son necesarias y tienen el mismo peso, el desarrollo profesional en la industria tiene el mayor valor agregado en la experiencia.

3.1.3. De los estudiantes, la evaluación y conocimiento

Al pensar en el perfil del graduado en cada período de los tres analizados, en un comienzo se planteó un ingeniero industrial para las PyME², que dominara conceptos de diferentes especialidades, en el segundo período se consideró un profesional con muchos conocimientos en el abordaje de los problemas y abocado a la industria y en el tercer periodo se continuó con lo planteado en la gestión anterior, el perfil de un profesional capacitado para administrar, gestionar y gerenciar, sobre todo para resolver problemas y proponer mejoras con nuevos desarrollos.

La formación inicial incide en los primeros años de la carrera, extiende el tiempo de graduación y esta deficiencia se palpa en los últimos quince años, donde se aprecia una carencia en la profundidad y la sapiencia de los conocimientos de Física, Química y Matemáticas.

¹ PROMEI I y II: Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería I y II. Ejecutado por la Secretaría de Políticas Universitarias, del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.

² PyME: Pequeña y mediana empresa.

En cuanto al perfil del ingeniero industrial los Directores consideraron que se debía ampliar o incorporar algunos aspectos, tales como: análisis de las nuevas tendencias en Ingeniería, relacionado con el plan estratégico de la facultad que aborda temas tan actuales como son el transporte y la energía e incorporar la formación en el área de Ingeniería en requerimiento.

3.1.4. Del plan de estudios.

El plan de estudio visto por los Directores posee algunos ítems a resaltar tanto en lo que respecta a las áreas disciplinares y pedagógicas como incidencia en la formación de los alumnos y en sus fortalezas y debilidades, según se observa en la tabla N°4, a continuación.

Tabla N° 4: Fortalezas y debilidades del perfil del ingeniero industrial.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Es más importante transmitir experiencia del mundo real.(1D)	Las asignaturas Básicas deben tener menor carga horaria que las áreas técnicas para el perfil de ingeniero buscado.
Asignaturas Básica y de Gestión equilibradas.(2D)	Revisar el proyecto final de carrera, reorientar, un ingeniero industrial debe terminar conociendo como hacerlo y una buena Practica Supervisada.(2D)
Oferta académica muy amplia, abarca los diferentes aspectos planteados en el Plan Estratégico Institucional. Existe equilibrio entre las áreas de conocimiento.(3D)	La carga horaria es muy elevada, los contenidos son muy difíciles de incluirlos en cinco años. El cursado termina siendo en seis años. Niveles tal como el tercer están muy sobrecargados en cantidad de asignaturas.(3D)

Fuente: Elaboración propia

La interpretación de cada uno de los Directores en lo que hace al contacto entre los alumnos y la problemática del futuro campo laboral es diferente. Mientras el segundo Director indica que a partir de segundo año se involucran, el primer Director indicó que desde el inicio de la carrera se involucraban, dado que los alumnos se sentían más parte del proyecto, en el momento de creación de la carrera de Ingeniería Industrial. La repuesta del tercer Director con respecto a este tema fue que los alumnos no profundizan, lo hacen muy superficialmente.

El Director actual considera que desde tercer año se abordan problemas reales de empresas, para el desarrollo de problemas globalizadores y existe una oferta de crecimiento de grupos y laboratorios para realizar extensión/investigación, lo que los conecta durante el cursado de la carrera con el mundo real.

Para los tres Directores falta profundizar la relación con los graduados y su seguimiento en la actividad laboral que llevan en el desarrollo de su profesión.

El actual Director de la carrera indicó, “no solo para Industrial, habría que ver la manera de interactuar con el nivel secundario para poder mejorar el nivel de los ingresantes. Caso contrario desde la universidad si esto no es posible, proponer cursos de nivelación en los temas prioritarios que surgen de las estadísticas de los primeros niveles”.

3.1.5. Conclusiones desde la perspectiva de los directores.

En estas tres entrevistas, todos coincidieron en que la carrera de Ingeniería Industrial, difiere de las otras carreras de grado, dado que la misma tiene una impronta muy particular que hace de ésta una carrera en constante evolución y desarrollo, una oferta diferente a las del resto de las ingenierías.

Finalmente lo más destacado de las entrevistas se muestran en la siguiente tabla N°5:

Tabla N° 5: Conclusiones de los directores.

TEMAS MÁS DESTACADOS
Lo negativo de la gestión como Director, para cada caso en particular, es diferente, algunos pusieron su óptica en los laboratorios, otro en la participación de los docentes, las áreas funcionales y el actual en la falta de estructura y el logro de los resultados.
Las relaciones entre áreas funcionales del Departamento y los docentes es una de las falencias más pronunciadas, dado que si bien están desarrolladas, en la actualidad falta una real implementación de las mismas para un mejor logro de los objetivos específicos a la función de estas.
En cuanto al involucramiento, de los docentes con las actividades extra áulicas se ha ido produciendo en los últimos años una relajación hacia el compromiso y la responsabilidad con las actividades extras áulicas para las cuales son requeridos.
Los Directores coinciden en que el perfil del ingeniero industrial se orienta a resolver problemas, a administrar, gestionar y gerenciar.
En lo referente a las motivaciones de los estudiantes para elegir la carrera, las diferentes opiniones son que la eligen como una alternativa en reemplazo de las existentes que no lo satisface y la formación en gestión son las causas fundamentales de la elección de la carrera de Ing. Industrial.
El nivel de formación de los ingresantes incide en la formación de los ingenieros industriales, se percibe en los últimos años una importante caída en el nivel de formación de los ingresantes. Esa escasa formación es más tangible en asignaturas como Física, Química, Matemáticas.
En lo que respecta a cuál es la mayor debilidad del ingeniero industrial, son coincidentes con la falta de especialización o fortalecimiento de las áreas duras, es decir las que están relacionadas a la tecnología.
Se observan diferencias pronunciadas en cuanto a la interpretación de cuáles son las Fortalezas del plan de estudios, para cada uno de los directores de la carrera de Ingeniería Industrial, transmitir experiencia, evaluar el proyecto final de carrera y su reorientación y finalmente que existe un equilibrio entre las áreas de conocimiento.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis de la encuesta a los graduados de la carrera de ingeniería industrial de la FRSF-UTN

Opiniones de los graduados.

3.2.1. Tiempo de graduación

Pudimos analizar el período de tiempo que le llevó finalizar sus estudios a los estudiantes para convertirse en graduados, para lo cual se determinó un valor medio del total en el período que va desde el inicio de la carrera en marzo de 1998 a mayo de 2016.

Como primer índice y representativo de este análisis, podemos ver que el valor medio del tiempo de graduación de los Ingenieros Industriales es de 8 años y 10 meses, considerando este índice como el tiempo que le llevó a un alumno en años y fracción, desde su ingreso hasta su graduación en la FRSF, con el total de las asignaturas aprobadas.

Finalmente podemos concluir, que el tiempo de graduación fue disminuyendo a medida que se incrementó el número de graduados y se puede observar una tendencia a un valor de 8 años y 1 mes, en los registros del tiempo de graduación de los últimos graduados.

3.2.2. Formación preliminar:

La gran mayoría de los ingresantes y graduados un 57% corresponde a una orientación técnica, aquellos que tienen una orientación contable son un 15%, bachiller con 7%, y gestión e informática con el 5%, quedando los restantes con valores inferiores a estos. La fuerte impronta que posee la carrera de ingeniería industrial en gestión, administración atrae a los aspirantes con una orientación contable y de bachiller, algo que en otro momento era poco frecuente o impensable.

3.2.3. Relación estudio y trabajo:

La gran mayoría de los graduados mientras desarrollaba sus actividades como estudiante, comenzó a desempeñarse laboralmente ya sea por una necesidad de recursos económicos o bien por la demanda existente en el mercado laboral, que le hacían llegar diferentes ofertas.

Este factor de ocupación durante el desarrollo de los estudios, tiene una incidencia fundamental en la tasa de graduación y en el período de duración de su carrera. Aun cuando el graduado finaliza su carrera con una experiencia mayor y un valor agregado adicional a su título de grado, en la gran mayoría de los casos esto significó una extensión en el tiempo de su formación.

3.2.4. Actividad laboral privada o pública:

Cuando consultamos sobre el tipo de actividad que realizaba, el tipo de empresa donde trabaja, las repuesta fueron un 33% en empresas de capitales privados, en donde se destacaban los siguientes rubros: alimenticias, metal metálica, automotriz, petrolera y agrícolas.

Por otro lado un 39% en la actividad pública ya sea en la Universidad o en organismos gubernamentales, quedando un porcentaje del 28% en el rubro de servicios. Podemos observar que no existe un rubro que marque una tendencia pronunciada.

Vemos claramente que los rubros elegidos por los graduados han sido la industria alimenticia aun cuando decrecieron de un 16% a un 8%, la industria metal metálica de un 22% a un 8%, mientras que se observó un incremento en la actividad dentro de los organismos públicos, ya sean municipales o gubernamentales de un 10 % a 20% y en la Universidad ese valor pasó de un 9% un 18%, en ambos casos el incremento fue de un 100%. Los restantes rubros se mantuvieron en los valores anteriores y si sufrieron variaciones fueron insignificantes. Lo que nos muestra un incremento importante de los graduados en la actividad pública.

3.2.5. Estudiantes y becarios:

La proporción de graduados que realizó actividades de becario, mientras desarrollaba sus estudios, es mayor (58%) a la de aquellos que no (42%), es decir que una importante cantidad de graduados trabajó activamente en los laboratorios y en actividades de extensión, que le brindaba como posibilidad la FRSF.

Un 52% de los graduados trabajo y fue becario, mientras desarrollaba sus estudios, este valor sorprende dado que se tiende a pensar, que mientras ellos estudiaban, realizan una actividad o la otra y no ambas.

Los graduados consideraban que el trabajo realizado como becario le fue útil en su desempeño posterior, a un 41%, un 32% que no y el 27% que no sabe o realmente no está seguro si la actividad de becario influyó positiva o negativamente en su actividad laboral posterior.

3.2.6. Capacitación externa post graduación:

Un porcentaje muy elevado el 78% debió capacitarse, para poder desempeñarse laboralmente mientras que al 22% no le fue necesario hacerlo. Aquellos que tuvieron que capacitarse en la

mayoría de los casos lo realizaron por iniciativa propia, existiendo un 67%, que la completo en su totalidad.

3.2.7. Características de la carrera desde la óptica del graduado.

Los graduados consideran al “pensamiento analítico” como una de las principales características que poseen como ingenieros Industriales, siguiéndolo la “visión global, los conocimientos en materias básicas y en teoría”.

Existe un 23% del total, que realiza actividades de docencia, este valor se distribuye un 57% dando clases en la FRSF-UTN, un 29% en Escuelas de enseñanza media y el restante 14% en institutos superiores o terciarios. Aquí pocos hicieron referencia a la vocación o al compromiso por la docencia, sino que lo ven como una oportunidad laboral o una solución a sus requerimientos económicos.

3.2.8. La investigación.

Si tenemos en cuenta la actividad de investigación de los graduados, se puede observar que un porcentaje importante de los mismos el 82% no realiza actividades de investigación, donde la actividad elegida por muchos de ellos está orientada a desempeñarse en la actividad privada o bien en servicios a terceros.

3.2.9. Emprendedorismo.

Los graduados de ingeniería industrial no han mostrado interés hacia la actividad de emprendedorismo, solo un porcentaje muy bajo 4% se abocó a esta actividad y con muy poco éxito, dado por falta de financiamiento o desconocimiento en la actividad financiera.

3.2.10. Docencia:

Si bien dentro de las actividades destinadas al Ingeniero Industrial, no se encuentra la actividad docente. Consideramos que es muy importante que en la formación de los futuros ingenieros existan docentes que tengan formación en didáctica, pedagogía y además que relacionen los conceptos que transmiten a sus alumnos con la realidad fuera del ámbito de la Universidad.

3.2.11. Relaciones interpersonales.

Al analizar el desempeño con otros pares, la repuesta fue que no tuvieron inconvenientes y la relación fue muy buena, aun cuando aquí se produce una contradicción con lo que habían respondido al inicio donde decían que habían tenido alguna dificultad para su desempeño en las relaciones interpersonales o en el momento de tratar con el personal que estaba a su cargo.

3.3. Conclusiones finales de la encuesta a los graduados.

Los elementos analizados nos han permitido obtener una importante información que es útil para poder pensar a la carrera de Ingeniería Industrial desde una perspectiva de la gestión de la calidad, formando así a un ingeniero industrial adecuado a los requerimientos del PEI, establecido como el objetivo específico de las instituciones universitarias argentinas.

Es necesario fortalecer las relaciones entre las áreas de conocimiento para vincular tanto vertical como horizontalmente los contenidos de las asignaturas, incrementar las relaciones entre la actividad docente y la actividad industrial.

Revisar constantemente los contenidos de las asignaturas con el objeto de poder brindar una formación actualizada y necesaria para el desarrollo de los nuevos ingenieros industriales, tanto en las PYME como en las empresas de mayor envergadura o multinacionales.

Necesidad de incrementar la vinculación de la universidad con el medio productivo, intercambiar experiencias y necesidades con el objetivo de acrecentar los beneficios que pueden alcanzar uno y otro.

Trabajar en la práctica profesional y el proyecto final para lograr que estos sean la primera vinculación importante entre el alumno y la empresa.

Continuar con el desarrollo de nuevos laboratorios para ampliar la oferta que posee el Departamento, en temáticas que son de actualidad, necesarias en la formación de los ingenieros industriales, para avanzar en la FRSF en la investigación, desarrollo e innovación (I+D+I).

Contar con docentes capacitados tanto en su formación pedagógica, didáctica y con una amplia experiencia en el medio productivo.

Generar en los alumnos y graduados un interés por la continuidad en la capacitación y en su formación posterior al grado, ofreciéndoles propuestas concretas y actuales que les sean de utilidad en su desenvolvimiento profesional. Permitir que las especialidades y maestrías sean un componente central de integración y transferencia de tecnologías al sector productivo.

Incrementar la capacidad de los graduados y vincularlos en su formación en la investigación, desarrollo e innovación y en el emprendedorismo.

3.3. Los indicadores.

El objetivo del seguimiento de los graduados es incorporar mejoras en los procesos de efectividad institucional de la FRSF-UTN, a través de la recopilación de información sobre el desempeño profesional y personal de los graduados, por medio de un proceso continuo bien definido y establecido; que no sea estanco sino que sea adaptable a las diferentes demandas que plantean el medio y a los acontecimientos globales en los que está inmerso el mercado laboral y el académico.

Considerando lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta diferentes elementos como los que hemos descripto: PE, PEI, la opinión de los directores y de los graduados de la carrera de ingeniería industrial, el estudio de los graduados, la opinión de los empleadores y el establecimiento de indicadores de desempeño; nos permitirá monitorear, evaluar y establecer el cumplimiento de los objetivos de calidad propuestos para alcanzar una excelencia en nuestra formación profesional.

Para lograr esto tales estudios necesitan ampliar su alcance ya que la relación entre el título obtenido y el desempeño profesional no solo es afectada por variables del mercado laboral, sino también por las variables sociales, familiares y educativas que caracterizan a cada graduado.

Teniendo esto en cuenta, establecemos cuatro ejes temáticos que serán los que agruparan los diferentes indicadores para la evaluación de los graduados, los cuales detallamos a continuación:[12]

- Antecedentes sociales y formación pre-universitaria.
- Educación de grado y posterior.
- Mercado laboral y empleo.
- Aspiraciones y realización personal.

Para cada uno de estos ejes temáticos desarrollamos diferentes indicadores que nos permiten medir aspectos que hacen a la formación, logros, aspiraciones, fracasos, falsas expectativas, entre otros.

3.3.1. Antecedentes sociales y formación pre-universitaria.

Número de graduados con orientación técnica / total graduados

Números de graduados con orientación administrativa / total graduados

Número de graduados con otra orientación /total graduados

Número de padres con formación profesional /total graduados

Número de graduados con formación en idiomas pre-universitaria /total graduados.

3.3.2. Educación de grado y posterior.

Número de graduados que superaron su situación académica debido a las tutorías * 100 / número total de graduados anuales que participa en las tutorías.

Porcentaje de graduados que poseen una prueba internacional en inglés como segunda lengua.

Número de publicaciones en revistas indexadas y especializadas, innovaciones, creación artística y patentes obtenidas por graduados* 100 / total de graduados.

Número de horas dedicadas a investigación por parte de graduados docentes de planta *100 / número total de horas dedicadas a docencia, investigación, proyección social, capacitación.

Tiempo de graduación / tiempo promedio carrera.

Tiempo graduación / tiempo de duración de la carrera.

Tiempo de graduación / graduados del mismo año de ingreso.

Impacto social de los proyectos desarrollados en los últimos cinco años.

Porcentaje de estudiantes que gracias a las tutorías superan las limitaciones o dificultades de aprendizaje * 100 / número total de estudiantes que participa en las tutorías,

Porcentaje de graduados que siendo estudiantes se graduaron con trabajos de grado en investigación.

3.3.3. Mercado laboral y empleo.

Prestigio o posicionamiento de los graduados debido a sus competencias, según la perspectiva de los empleadores (El grado de satisfacción de los empresarios con los graduados, será medido mediante una encuesta a empleadores y el aporte de los colegios profesionales)

Porcentaje de graduados que han creado Empresas privadas, organizaciones sin ánimo de lucro o no gubernamentales / total de graduados.

Rubro empresa donde trabaja / número de rubros región (según la Unión industrial Sta. Fe)

Número de graduados que logran vinculación exitosa al mercado laboral*100 / total de graduados de ese año.

Número de graduados que quedan vinculados como resultado de sus prácticas*100 / total de graduados.

Número de graduados que vuelven a relacionarse con la UTN / número total de graduados.(¿Cuántos estudiantes vuelven a buscar otra cosa? ¿A buscar un curso? ¿A mejorar sus competencias?.)

Porcentaje de aumento en el número de beneficiarios, de las actividades y proyectos de responsabilidad social realizados para contribuir a la solución de problemas sociales y económicos del entorno o contexto y al mejoramiento de los indicadores de productividad, competitividad, desigualdad, pobreza extrema y corrupción / total de la población.

Número de graduados que vuelven a eventos académicos*100 / total de graduados.

Número de graduados que efectivamente se movilizan a nivel internacional* $100 / \text{número total de graduados}$.

Tiempo que trabaja desde inicio de la carrera / tiempo desde la graduación.

Tiempo de acceso al primer empleo post-graduarse.

Tiempo que estuvo en su primer trabajo / promedio total de todos los graduados.

Número de cambios de trabajo en los primeros cinco años.

Tiempo de permanencia de los graduados en una empresa.

3.3.4. Aspiraciones y realización profesional.

Número de graduados satisfechos con su trabajo* $100 / \text{total graduados}$

Número total de graduados que buscan cambiar a un trabajo diferente* $100 / \text{total graduados}$

Número de cambio de trabajo* $100 / \text{total de trabajos de todos los graduados}$.

Números de Post-gradados realizados* $100 / \text{total de post-gradados de todos los graduados}$.

Número de graduados desempeñándose en el exterior* $100 / \text{total de graduados}$.

Número de graduados satisfechos económicamente* $100 / \text{total de graduados}$.

4. Conclusiones:

Lo desarrollado en este trabajo resume la trayectoria propuesta desde el análisis de la institución hasta el resultado y el intercambio que realiza el graduado con el medio. Para esta propuesta se han establecido indicadores que vinculan a la universidad y a las empresas con el graduado, sin dejar de lado el ámbito social donde se desarrolla la actividad del mismo.[13]

Estos indicadores se plantearon teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1) que los indicadores aporten al mejoramiento de la calidad de los graduados. 2) que los indicadores tengan capacidad o potencia de indicar las modificaciones a realizar al sistema. 3) que los indicadores al ser medidos cumplan con objetivos de mejoramiento general de la calidad pretendida.

Y que cumplan con las siguientes características:

- validez: Expresa adecuadamente lo que mide.
- relevancia: Lo que mide es esencial e importante.
- suficiencia: No es redundante en medir lo mismo que otros indicadores.
- periodicidad: Muestra regularmente los resultados.

Una gestión orientada a resultados de calidad no es posible sin indicadores que permitan medir la eficiencia, eficacia y efectividad de los procesos, junto con el aporte de las instituciones como los consejos de profesionales (colegio de ingenieros), la Unión industrial de Santa Fe, la asociaciones de graduados y la apertura de la universidad (en este caso a través de la FRSF-UTN) será factible generar un ingeniero industrial acorde a los requerimientos de las empresas y la sociedad.

5. Referencias:

- [1] Asociación Columbus Monterrey. *Manual de instrumentos y recomendaciones sobre el seguimiento de graduados*, Nuevo León, México, 2006 ISBN: 968-891-098-8.
- [2] Vistremundo Águila Cabrera Dirección de Postgrado, Ministerio de Educación Superior de Cuba. *El concepto de calidad en la educación universitaria: clave para el logro de la competitividad institucional*. Revista Iberoamericana de Educación ISSB-1681-5653. p 2.
- [3] Vistremundo Águila Cabrera Dirección de Postgrado, Ministerio de Educación Superior de Cuba, *el concepto de calidad en la educación universitaria: clave para el logro de la competitividad institucional*, Revista Iberoamericana de Educación ISSN-1681-5653.p 3
- [4] ASIBEI, Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, www.asibei.net. *Declaración de Asibei de valaparis*, Noviembre 2013.
- [5] ASIBEI, Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería, www.asibei.net. *Declaración Asibei de Belo Horizonte*, 8 de julio de 2010.
- [6] CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. *Revisando un modelo antiguo para integrarnos con el mundo, Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías*, 14 de marzo 2006.Bs As Argentina. eduTecNe, p 1 y 2.
- [7] UTN, Secretaría de Planeamiento. *El Plan estratégico de formación de ingenieros 2012/2016 y el Plan de desarrollo institucional de la UTN, un análisis comparativo*. Documento N°4 Febrero 2013.
- [8] UTN, Secretaria de planeamiento. *“La planificación estratégica y la elaboración de indicadores”*. (PE-UTN).2016.
- [9] Morano Daniel, Coordinador Ejecutivo del PEFI, *Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016. Reseña y evolución, en primera persona 2012-2016*. Revista argentina de ingeniería, Agosto de 2013 Año 2, Secretaría de Políticas Universitarias. Ministerio de educación. Volumen 2, 25-27.
- [10] Resolución Consejo Superior. N° 133/08, *Plan estratégico institucional.de la FRSF-UTN*. Resolución C.D. 391/2012, etapas: Preliminar, Diagnóstico y Formulación, Resolución C.D. 382/2013, etapa: Formalización.
- [11] Ester barrios Medina- Informe examen de transparencia <http://www.compromisoytransparencia.com>.octubre 2014.
- [12] Jairo De Jesús Sánchez Quintero, *Un Sistema de Indicadores de Calidad para el Mejoramiento de Programas Universitarios en Administración, Red de Universidades Estatales de Colombia Rudecolombia*, Universidad del Atlántico Doctorado en Ciencias de la Educación Barranquilla (2013).
- [13] Mollis M., Barsky O., Feldman D., Teobaldo M. *La formación Universitaria para el sistema educativo y el sector productivo casos comparados*, Buenos Aires Argentina, 2006, Editorial Planeta S.A.I.C. ISBN 950-49-1605-8-2006, 1° Edición, p. 151,152 y 153.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD

Giménez, Lucas Gabriel, UTN-FRA, lgimenez@fra.utn.edu.ar

García, Adriana Beatriz, UTN-FRA, abgarciafalcon@gmail.com

Ferraresi, María Milagros, UTN-FRA, mmilagrosferraresi@hotmail.com

Iglesias, Rocío Haydeé, UTN-FRA, rocioiglesias-@hotmail.com

Martínez, Graciela Armenia, UTN-FRA, armemartinezlaboral@gmail.com

Palumbo, Demian Daniel, UTN-FRA, dpalumbosctyp@gmail.com

Senia, Victoria Agustina, UTN-FRA, vsenia@hotmail.com

Vela, Julián Edgardo, UTN-FRA, julian_vela51@hotmail.com

Resumen

El trabajo trata sobre un proyecto integrador en su segunda fase, cuyo objetivo principal es generar un modelo de Observatorio Universitario orientado al desarrollo productivo, realizando un análisis de las necesidades industriales, políticas públicas y la oferta académica de UTN. El mismo es continuación del PID “Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo” (2013-2015).

Se realiza una reseña del modelo proyectado y liderado por la Facultad Regional Avellaneda con la participación de las Facultades Regionales Concepción del Uruguay, Delta, Mendoza, Rosario, Resistencia, San Rafael, Villa María y el Rectorado. La información fue recabada a través de encuestas y entrevistas realizadas a representantes de ramas de actividad, seleccionadas por su importancia dentro de la matriz productiva regional.

El Observatorio incorpora un sistema modelado con herramientas que facilitan el acceso a información estratégica por parte de los usuarios meta Industria, Gobierno y en particular, la Universidad, como receptora de la demanda industrial requerida a nivel académico y tecnológico y, su contribución como generadora de profesionales calificados e innovadores.

Se describirá la metodología de trabajo, el análisis de datos, aplicación de base de datos e indicadores y la forma en que se espera optimizar el sistema. Finalmente, se replicará el modelo ampliando a nuevas cadenas de valor en la zona de influencia de las Regionales Concepción del Uruguay, Resistencia, San Francisco, Chubut y Rosario.

Palabras clave

Observatorio Productivo, Desarrollo Regional, Modelo de Gestión, Oferta Académica.

1. Introducción

El trabajo consiste en el desarrollo experimental de un Modelo de Observatorio Industrial, su metodología de gestión y procesamiento de la información, el cual refleje requerimientos actuales y tendencias del Sector Productivo. Particularmente, en materia de recursos humanos, brinda hacia dentro de la Universidad una herramienta que promueva la detección temprana de áreas de formación en los campos y tecnologías asociados al desarrollo de la trama productiva Argentina.

Se trata de un Proyecto Integrador en su Fase II y tiene como antecedente al proyecto Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo (2013-2015) homologado por UTN.

El principal interés es propiciar un ámbito común que facilite el vínculo entre el Sector Productivo, el Estado y nuestra Universidad. A la vez pretende crear las bases para un futuro observatorio de desarrollo productivo, cuyo núcleo opere en el Rectorado de UTN y cuente con nodos constituidos en diferentes facultades regionales distribuidas en todo el país.

El sistema facilitará el estudio de datos relevados en diversas cadenas de generación de valor y empleo. La información disponible ya analizada permitirá a los actores involucrados acceder según sus intereses a dichos datos, para la elaboración de estrategias destinadas a afrontar los retos emergentes de la industrialización de nuestro país.

Se adoptaran como insumo toda la información relevada en la primera etapa y aquella que surja del estudio de las nuevas cadenas de valor.

Cada Facultad Regional participante funcionará como nodo nutriente de valores al proyecto integrador, y desde la Coordinación (Facultad Regional Avellaneda) se aportará una mirada transversal e introspectiva de nuestra Universidad, completando el modelo de gestión y las bases para su funcionamiento.

Se espera contribuir al fortalecimiento del vínculo de nuestra universidad con las realidades regionales y nacionales en su conjunto, con propuestas superadoras e innovaciones que impulsen la actividad de formación de profesionales, técnicos e investigadores a la vanguardia del desarrollo tecnológico [1].

2. Estado de arte en la materia

La creación de centros de investigación destinados a relevar información de sectores productivos, es una modalidad difundida en algunos países del mundo.

El enfoque de este proyecto es nuevo en nuestro país y, siendo la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) [2], una Institución especializada en el ámbito de las tecnologías, tiene la idoneidad y profesionalismo necesarios para dedicarse al estudio de los escenarios futuros en los que se desenvolverán sus graduados y las demandas de la técnica impulsadas por la globalización [3].

Por esta razón se desarrolló el proyecto MODELIZACIÓN DE UN OBSERVATORIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO (2013-2015), homologado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN. El mismo servirá como base para dar inicio al proyecto propuesto en su Fase II.

En esta etapa se profundizarán las cadenas de valor ya estudiadas, agregándose nuevas, derivadas de las primarias, destinadas a medir el:

MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD

- Nivel de Actividad del Sector Productivo y el derivado de los Servicios.
- Nivel Salarial Sectorial por Actividad Productiva
- Creación anualizado de puestos de trabajo
- Niveles de despachos de bienes Transables y no Transables
- Generación de Aportes por Producción en el ámbito Nacional, Provincial y Regional
- Participación en los Ingresos per cápita e ingresos Públicos
- Crecimiento Salarial sobre el Nivel de Consumo e inflación

Esto resulta de sumo interés, ya que a partir de tener una base de indicadores con un funcionamiento correcto comprobado en el proyecto, se puede tener certeza que el análisis de la información en el observatorio dará resultados correctos.

Estás nuevas cadenas de valor seleccionadas para esta segunda fase del proyecto serán:

- Empresas farmaco-químicas de la industria avícola en Concepción del Uruguay.
- Producción de software y servicios informáticos, en el área del Gran Resistencia.
- Empresas de San Francisco provincia de Córdoba.
- Pymes de la localidad de Puerto Madryn.
- Agronegocios del Chaco.

3. Propósito

Generar el modelo de un observatorio orientado al desarrollo productivo, incorporando como punto de partida las ramas de actividad previamente seleccionadas, la oferta académica de UTN y el análisis comparativo con las necesidades del sector productivo en el marco de las políticas públicas.

Esto ubica a la universidad en un papel fundamental como fuente de nuevo conocimiento en conexión con la empresa y la administración pública. Etzkowitz y Leydesdorff [4] plantean la idea del modelo de innovación de la triple hélice, donde existe una interacción continua entre los tres actores. La cooperación entre la Universidad, las empresas y el Estado [5], se hace necesaria para conseguir un desarrollo económico y social.

Con la aplicación del modelo de observatorio se espera:

- Generar un impacto en la formación profesional, que sirva de impulso para una movilidad social ascendente en el país.
- Crear y administrar una base de datos que permita analizar y brindar información sobre la oferta y demanda laboral.
- Promover el desarrollo de investigaciones que estén relacionados con la organización del trabajo, la formación de recursos humanos y el progreso tecnológico del país, conforme las necesidades detectadas en el Sector Productivo [6].
- Alertar sobre la necesidad de creación de programas de formación profesional acordes a los requerimientos sociales y del sector productivo [7], así como aquellos que permitan el acceso al mercado laboral de los sectores más desfavorecidos de la población.

Para poder concretar un modelo de observatorio con las características antes mencionadas son fundamentales los indicadores que faciliten el análisis de la información.

Índices:

- Nivel de actividad en la industria, comercio y servicio [8].
- Medición de nivel salarial sectorial por actividad productiva.

MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD

Subíndices:

- Nivel de actividad industrial [9] (ventas, compras, puestos de trabajo y producción por sector de actividad)
- Niveles de despachos de bienes transables y no transables.
- Generación de aportes por producción a nivel provincial y nacional [10].
- Participación en los ingresos per cápita e ingresos públicos.
- Crecimiento salarial sobre el nivel de consumo e inflación.
- Ponderación del impacto sobre los niveles medios de ingresos en Zárate y Campana (testigo)
- Creación anualizada de puestos de trabajo

4. Metodología

En un primer término se releva información de las cadenas de valor seleccionadas utilizando una encuesta que contiene los siguientes parámetros.

Situación actual de las empresas:

- Ámbito y alcance de las actividades:

✓ Sector

El sector en el que se ubica la organización encuestada (Primario, Industrial o de Servicios). Se adoptó la siguiente clasificación de actividad económica:

- a. Sector Primario: Empresas agrícolas, pesqueras, avícolas, ganaderas, mineras, extracción de hidrocarburos, energía eólica.
- b. Sector Industria o Secundario: textil, construcción, metalúrgico.
- c. Sector Servicio o Terciario: banco, transporte, asesoría, hotelería.

✓ Rubro

Se debe indicar la actividad principal y las actividades secundarias a las que se dedica y su correlación con la Tabla de Clasificación de Actividades Económicas (ClaNAE) [11].

✓ Ventas Brutas/año

Se estableció un intervalo de montos de ventas anuales considerando la estratificación de tamaño de la empresa, establecido por la Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa en la Resolución N° 21/2010 [12] y sus modificatorias.

✓ Capacidad instalada

Se solicita en cifras los metros cuadrados (m^2) de superficie cubierta y total donde desarrolla las actividades la organización.

✓ Alcance actual de sus productos o servicios

Se pedirá el porcentaje (%) que representa en las diferentes áreas consultadas respecto al total de ventas en el período.

- a. Local: pueblo, ciudad o municipio.
- b. Provincial: ámbito geográfico de una provincia.

MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD

- c. Regional: involucran varias provincias agrupadas en una región del país.
- d. Nacional: se aplica a prácticamente todo el país.
- e. Internacional /multinacional, se extienden a otros países.

Este punto además considera información sobre si la empresa importa productos y/o servicios, pidiendo que se especifique cuáles.

- Puestos de trabajo:

- ✓ Nivel de estudio

Distribución de sus empleados por nivel de estudios máximo alcanzado en promedio (nivel completo). El mismo se expresará en (%) considerando el siguiente cociente (Cantidad empleados por nivel/Cantidad total de puestos de trabajo)

Opciones: Primario, Secundario, Técnico, Terciario, Universitario, Posgrado

- ✓ Cantidad total de puestos de trabajo

Se solicita estimar una proyección de incorporación de nuevos puestos de trabajo a corto y mediano plazo (1 y 5 años respectivamente), indicando la variación porcentual respecto de la situación actual.

- ✓ Tipos de Puestos

Distribución de sus empleados por tipo de puesto. El mismo se expresará en (%) considerando el siguiente cociente (Cantidad empleados por tipo de puesto/Cantidad total de puestos de trabajo)

Opciones: Ingeniería, Administrativo, Gerencial, Técnico, Operario, otro.

- Aspectos relacionados con el cambio y la innovación en la organización:

- ✓ Calidad

Grado de aplicación de sistemas de control y gestión de la calidad de productos y servicios.

- ✓ Capacidades de innovación [13]

Realización de actividades en la organización como:

- a. Proyecto de I+D+i Proyectos de investigación, desarrollo e innovación. Desarrollo de Innovaciones destinadas obtener patentes de invención, modelos de utilidad y modelos y diseños industriales.
- b. Adquisición de software, hardware y bienes de capital.
- c. Consultoría y capacitación.
- d. Cambio organizacional.

- ✓ Capacidad instalada

Existencia de departamentos o áreas dentro de la organización destinadas al desarrollo de los productos y/o servicios. Opciones: Desarrollo, ingeniería, diseño, costos, procesos y otros.

MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD

Perspectivas organizacionales a futuro:

- Tendencia de las actividades:

- ✓ Ventas brutas

Proyección de ventas brutas para el año siguiente.

- Proyección de Perfiles de puesto:

- ✓ Tipo de especialización o formación universitaria y su orientación

Requerimientos a futuro y el tipo de especialización.

Opciones: Ingeniería, licenciatura, tecnicatura, posgrado (especialización, maestría o doctorado) y cursos de actualización profesional.

- Aspectos relacionados con el cambio y la innovación en la organización:

- ✓ Cambio organizacional

Cambios en la estructura organizacional y la orientación de sus productos y/o servicios.

a. Organizacionales. Incluye aspectos tales como ampliación de productos y/o servicios.

b. Comercialización. Se refiere a aspectos tales como ampliación del mercado.

c. Tecnológica. Incluye por ejemplo nuevos productos, servicios o procesos.

d. Otros motivos.

- ✓ Crecimiento de su empresa/industria

Restricciones o dificultades relacionadas con el equipamiento o la infraestructura para el crecimiento o desarrollo de la organización [14]. En caso afirmativo se pide aclarar si son restricciones técnicas, económicas o financieras u otras

- ✓ Sustitución de importaciones

Indicar si actualmente se encuentra en un proceso de sustitución de importaciones.

- ✓ Políticas de Apoyo Sectorial

Grado de conocimiento sobre políticas de apoyo destinados al sector productivos o de servicios en el que se desempeña la organización [15]. En tal sentido aclarar si se trata de políticas locales, regionales, provinciales, nacionales u otras.

Dicha encuesta es la metodología utilizada para el relevamiento de datos, se realiza en forma presencial para tener una mayor confiabilidad en la información obtenida.

Los productos resultantes se sumaran a los ya incorporados en la primera fase, ajustando la metodología y los índices determinados para esta segunda etapa, complementándolo con el estudio de la oferta académica y su posterior transferencia.

Los datos aportados por el relevamiento en el sector público y de oferta académica presentada por la universidad y cada regional servirán para generar una matriz metodológica. Esta se usará de base para la gestión de datos, el modo en que se expondrá la información a los actores involucrados y la forma en que se cargará la información al sistema. A su vez esta matriz permitirá crear un manual de gestión y funcionamiento para el futuro observatorio.

MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD

Para alcanzar los resultados definidos en los objetivos del presente proyecto integrador, se prevén las siguientes actividades:

- Elaboración de una matriz conceptual y metodológica del observatorio, aportando la información.
- Diseño de contenidos y funcionamiento para una futura aplicación informática incluyendo un portal web.
- Diseño de una herramienta que permita ampliar el sistema según sea necesario para continuar incorporando información a lo largo del tiempo Reuniones de coordinación.
- Elaboración de un manual de gestión que incluya información sobre el diseño y funcionamiento del observatorio.

5. Conclusiones

Está segunda fase tendrá una cobertura más amplia de las cadenas de generación de valor, enriqueciendo al proyecto con nuevas industrias de otras regiones del país, que aún no fueron estudiadas. La base de datos creada, por consiguiente será más compleja y permitirá obtener resultados más claros en cuanto a su funcionamiento.

Una vez finalizado el proyecto, el mismo permitirá predecir tendencias. Un análisis clave para realizar toma de decisiones y formulaciones de políticas referidas a los aspectos académicos, tecnológicos y de desarrollo productivo de manera efectiva.

El hecho de que la UTN genere un Observatorio de este tipo que estudie y magnifique en números el desarrollo productivo, permitirá convertirla en una consultora de importancia para todos aquellos actores que demanden conocimiento fundado para la toma de decisiones.

6. Referencias

- [1] SECRETARÍA DE POLÍTICAS PÚBLICAS (2014) *Plan estratégico para la formación de ingenieros*. Ministerio de Educación. Disponible en: <http://pefi.siu.edu.ar>. Fecha de acceso: 29/06/16.
- [2] UTN (2008). *Plan estratégico de la Universidad Tecnológica Nacional*. Universidad Tecnológica Nacional, Resolución CSU N° 133/2008. Disponible en: <http://www.utn.edu.ar/secretarias/planeamiento/docspiu.utn>. Acceso en Fecha: 04/07/2016.
- [3] LUNDVALL, B. A. (2002). “*The learning economy: challenges to economic theory and policy*”. Paper at the EAEPE Conference, Copenhagen. Edited by Geoffrey M. Hodgson. European Association for Evolutionary Political Economy.
- [4] ETZKOWITZ, H. Y LEYDESDORFF, L. (2000). *The dynamic of innovation: from National Systems of Innovation and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations*, Research Policy 29, N°2.

**MODELO AVANZADO DE UN OBSERVATORIO ORIENTADO AL DESARROLLO DE
LOS SECTORES PRODUCTIVOS. APORTES DESDE UTN HACIA LA SOCIEDAD**

- [5] MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA (2012). *Lineamientos Estratégicos 2012-2015*. Disponible en: <http://industria.gob.ar>. Fecha de acceso: 22/06/2016.
- [6] MINISTERIO DE INDUSTRIA (2012). *Plan Estratégico industrial 2020*. Disponible en: http://www.cessi.org.ar/documentacion/PlanEstrategicoIndustrial2020_2012.pdf. Fecha de Acceso: 29/06/2016.
- [7] GIBBONS, M. (1997) *La nueva producción del conocimiento*. Barcelona, Pomares-Corredor.
- [8] PORTER, M. (1999) *Los clusters y la competitividad* en ELGUE, M.C. (Eds.) *Globalización, desarrollo local y redes asociativas*. Edit. Corregidor.
- [9] BORELLO, J. (2000). *Notas sobre la industria en el norte y oeste de la Región Metropolitana de Buenos Aires: Situación, dinámica y acciones locales*, en BORELLO, J. (COORD.) *Bulones y canguros. Los ejes productivos del desarrollo local*, Instituto del Conurbano. Universidad Nacional de General Sarmiento, Universidad Nacional de General Sarmiento, Programa de Desarrollo Local- Serie Cartillas N° 4.
- [10] CARMONA, R. (2001). *“Política industrial y desarrollo económico local en el nuevo escenario competitivo. Un análisis de caso a nivel regional y metropolitano”*, Red PyMEs MERCOSUR, 6ta. REUNION ANUAL, Centro de Publicaciones, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- [11] INDEC (2010). *Tabla de Clasificación de Actividades Económicas (ClaNAE)*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Disponible en: http://www.comercio.gov.ar/descargas/dngce/tabla_clanae_at.pdf. Fecha de acceso: 29/06/2016.
- [12] SECRETARÍA DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA Y DESARROLLO REGIONAL (2010). *Resolución 21/2010. Modificación de la Resolución N° 24/01 en relación con la determinación del valor de las ventas anuales*. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/170000-174999/170679/norma.htm>. Fecha de acceso: 29/06/2016.
- [13] CAMAGNI, R. (1991): *Local Milieu, Uncertainty and Innovation Networks: Towards a New Dynamic Theory of Economic Space*, en CAMAGNI, R. (ed.). *Innovation Networks; Spatial Perspectives*, Belhaven Press, Londres.
- [14] BOSCHERINI, F. Y POMA, L. (2000). *Más allá de los sistemas industriales: El nuevo concepto del territorio en el marco de la economía global*, en Boscherini, F. y Poma, L. (comp.): *Territorio, conocimiento y competitividad de la empresa: El rol de las instituciones en el espacio global*, UNGS- ANTARES, Buenos Aires-Madrid, Miño y Dávila Editores.
- [15] BIANCHI, P. (1997) *Construir el Mercado. Lecciones de la Unión Europea: el desarrollo de las instituciones y de las políticas de competitividad*. Traducción: Favio Boscherini. Universidad Nacional de Quilmes. Bernal, Buenos Aires.

FORTALECIMIENTO DE LA VINCULACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR UNIVERSITARIO. CASO DE APLICACIÓN

Marta Castellaro, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe,
mcastell@frsf.utn.edu.ar

Vanesa Bangert, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe,
vjbangert@frsf.utn.edu.ar

Laura Zanitti, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe,
lizanitti@frsf.utn.edu.ar

Leandro Bulfone, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe,
bulfoneleandro@gmail.com

Resumen

Las universidades tienen un rol importante en el camino para lograr el progreso económico y social de un país. Sus misiones tradicionales de enseñanza e investigación se ampliaron para incluir la “Tercera Misión”, que comprende el conjunto de actividades universitarias relacionadas con: a) la generación de conocimiento y capacidades en colaboración con organizaciones y agentes no-académicos, b) el uso, aplicación y explotación del conocimiento y otras capacidades existentes en la universidad, fuera del entorno académico. Los procesos de vinculación tecnológica (VT) constituyen un pilar fundamental para llevar adelante acciones que busquen fortalecer la contribución entre el sector universitario y su entorno. Las Estructuras de Interfaz (EDI) para la vinculación deben trabajar sobre varios aspectos claves: políticas institucionales, reconocimiento del entorno, estructuras y recursos, procesos, documentación y mecanismos de interacción. En este trabajo se presenta el caso de una Facultad del interior del país, analizando su desarrollo en VT en los aspectos de políticas y recursos humanos. Se analiza la importancia de desarrollar y llevar adelante un Plan Estratégico de Facultad, alineado al Estatuto y al Proyecto de la universidad, que comprende un Programa Institucional de Vinculación Tecnológica. También se considera el trabajo que se está realizando en cuanto al estudio de las EDI Universitarias. Más aún se ha generado un proyecto de investigación sobre Modelos e Indicadores de Vinculación.

Palabras Clave: Vinculación Tecnológica, Sector Universitario, Planificación Estratégica.

1. Introducción

Cada organización posee su propio y único contexto, cultura, interpretación e implementación de sus diferentes procesos. Cada sector de la sociedad, empresas u organizaciones pueden mejorar sus políticas y sistemas de trabajo de la forma en que lo definan y en base a sus propias condiciones y a partir de los recursos con los que cuentan.

En este trabajo se expone la aplicación de un caso de fortalecimiento institucional al proceso de vinculación tecnológica en el Sector Universitario, en particular para la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional.

En primer lugar, se presenta la situación bajo estudio explicando el abordaje de las temáticas consideradas y el planteo metodológico que se realiza desde este trabajo. Se mencionan los principales conceptos relacionados a un proceso de fortalecimiento, las etapas para desarrollar dicho proceso- Diagnóstico, Definición, Implementación y Retroalimentación- y las acciones definidas en este caso para llevarlo adelante. En este sentido, se plantea trabajar con tres elementos puntuales, la Formalización de las Estructuras Orgánicas, la Implementación de un Plan Estratégico y la Creación de una Estructura de Interfaz Universitaria (EDIU).

En segundo lugar, se comparte la contextualización del trabajo sobre el ámbito de estudio y se presenta, tal como ya mencionó, un caso particular de fortalecimiento institucional aplicado a la Vinculación Tecnológica en el Sector Universitario, específicamente en la organización Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional.

Finalmente, se hace un análisis de las particularidades del fortalecimiento abordado, de las dificultades, de sus beneficios y de los desafíos que se deben emprender para continuar mejorando las prácticas de Vinculación Tecnológica de la UTN – Santa Fe, sus procedimientos, su inserción en el medio y su desarrollo organizacional.

2. Desarrollo del proceso de Fortalecimiento Institucional

Llevar adelante un proceso de fortalecimiento institucional implica tener en claro y definir por qué se quiere hacer, cuál es el objetivo, en qué se enmarca su alcance, qué implicancias tiene, quiénes son los actores involucrados, entre los cuestionamientos más relevantes.

El fortalecimiento es una acción intencionada, no es fortalecer porque si a cualquier proceso. Fortalecer una organización, un sector, un área o un proceso requiere de una construcción de relaciones con el medio social, político y económico en el que actúan las partes interesadas. En este sentido, se debe remarcar que no se pueden construir relaciones sin una identidad clara, sin un posicionamiento frente a la realidad y una determinación por incidir en ésta.

Por otro lado, también se reconoce que el fortalecimiento institucional es el perfeccionamiento de las capacidades, habilidades y actitudes para mejorar la calidad de la organización y el cumplimiento de sus objetivos.

Desde lo metodológico, un proceso de fortalecimiento requiere llevar adelante una serie de etapas para definir qué se quiere hacer y cuáles son las acciones concretas para alcanzar lo deseado. Si bien pueden variar en función de su aplicación, La Guía Fortalecimiento Institucional: Crear procesos fuertes de gestión [1] presenta una serie de principios, estándares y prácticas, que dan un marco general para desafíos sobre la temática abordada en esta presentación. A partir de este marco general, se estudian y seleccionan una serie de pasos que se proponen para llevar adelante lo planteado en este trabajo, a saber:

1. Diagnóstico
2. Definición
3. Implementación
4. Retroalimentación

2.1 Diagnóstico

En la actualidad las organizaciones no sólo tienen que estar atentas a los cambios que se están dando en el contexto nacional e internacional, sino también reconocer constantemente su propio origen, su recorrido histórico y acumulación de experiencias. Todo esto sirve para

plantearse y replantearse de manera permanente su identidad, lo cual a su vez lleva a analizar el papel y la función en la sociedad que cada organización debe jugar ante la coyuntura de los cambios del entorno o de los procesos internos. Estos aspectos están influyendo cada vez más para que un mayor número de organizaciones decidan abordar un proceso de fortalecimiento institucional. Esto se da en espacios, públicos, privados, en organizaciones sin fines de lucro u otras.

Para llevar adelante un proceso de diagnóstico se pueden utilizar distintas herramientas, entre las más validadas por su aplicación se tiene a: Análisis FODA, Análisis PEST.

El análisis FODA permite identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del espacio bajo estudio, ya sea una organización completa, un área, un sector o un proceso.

En cuanto al PEST, es una herramienta que permite considerar y analizar las relaciones e influencias de los entornos Político, Económico, Social y Tecnológico sobre el área objeto de estudio.

2.2 Definición

En este nivel es muy importante reconocer que un proceso de fortalecimiento institucional está estrechamente ligado al desarrollo de planes estratégicos. La implementación de Planes Estratégicos puede ser un pilar fundamental para fortalecer un área, proceso u organización.

Esta etapa implica, en base a los resultados del Diagnóstico, llevar adelante dos procesos, en primer lugar la Formulación y luego la Planificación Estratégica. Desde la perspectiva de la Formulación es necesario definir que se quiere hacer, cómo, cuál es el alcance, dónde se pretenden focalizar los esfuerzos y cuál es la razón de ser del espacio objeto de fortalecimiento.

Luego, en la fase de Planificación se deben especificar las acciones a llevar adelante, dimensionando recursos físicos, humanos, financieros, tiempos y resultados a alcanzar en los distintos estadios temporales que se especifiquen.

2.3 Implementación

El desarrollo de esta etapa, depende en gran medida de las características del proceso de fortalecimiento abordado, de su entorno, de las condiciones y posibilidades de la organización que se propone llevar adelante este desafío.

El presente trabajo se enmarca en la temática de la Tercera Misión (TM) en la Universidad y en particular, en uno de sus procesos que ha tomado gran preponderancia en la actualidad, la Vinculación Tecnológica (VT). A partir de esto, la propuesta de fortalecimiento que se expone en este trabajo se basa en la ejecución de tres acciones, esto es:

- a. Formalización de las estructuras orgánicas
- b. Implementación de un Plan Estratégico
- c. Creación de una Estructura de Interfaz Universitaria (EDIU)

a. Formalización de las estructuras orgánicas

Las estructuras orgánicas se basan en definir una jerarquía dentro de la organización. Se identifica cada puesto, su función y el sistema de reportes. Las estructuras se desarrollan para establecer cómo opera una organización y contribuir con el cumplimiento de las metas de cada área y su vez con los objetivos globales. Existen distintos tipos de estructuras orgánicas,

entre las categorías más utilizadas se encuentran la divisional, funcional, geográfica y central. La utilización de uno u otro tipo será función de las necesidades y características de la organización en la que se defina reformular una estructura en funcionamiento o diseñar una totalmente nueva.

En muchos casos ocurre que se trabaja de manera informal y luego surge la formalización de esa misma estructura. En otros casos, a partir de un proceso de revisión de las áreas, de valorización o definiciones de jerarquización de determinados sectores, surge la reestructuración y formalización de una estructura o de un tramo en particular en una organización.

b. Implementación de un Plan Estratégico

Tomando como referencia la definición de Ander Egg [2] donde expresa que, “*Planificar es prever racionalmente las acciones a realizar en función de los recursos y los objetivos que se quieren lograr para generar transformaciones*”; sobre la base de este concepto es posible afirmar la necesidad de establecer los lineamientos y estrategias de acción en cuanto a la gestión de recursos de una Organización Pública.

En este sentido, reviste vital importancia la metodología del proceso de Planificación Estratégica. Para esto consideramos, entre otros, el Ciclo de Planificación Estratégica definido por Gerry Johnson [3]. En este esquema se plantea la intervención de los Presupuestos en el marco de la planificación estratégica.

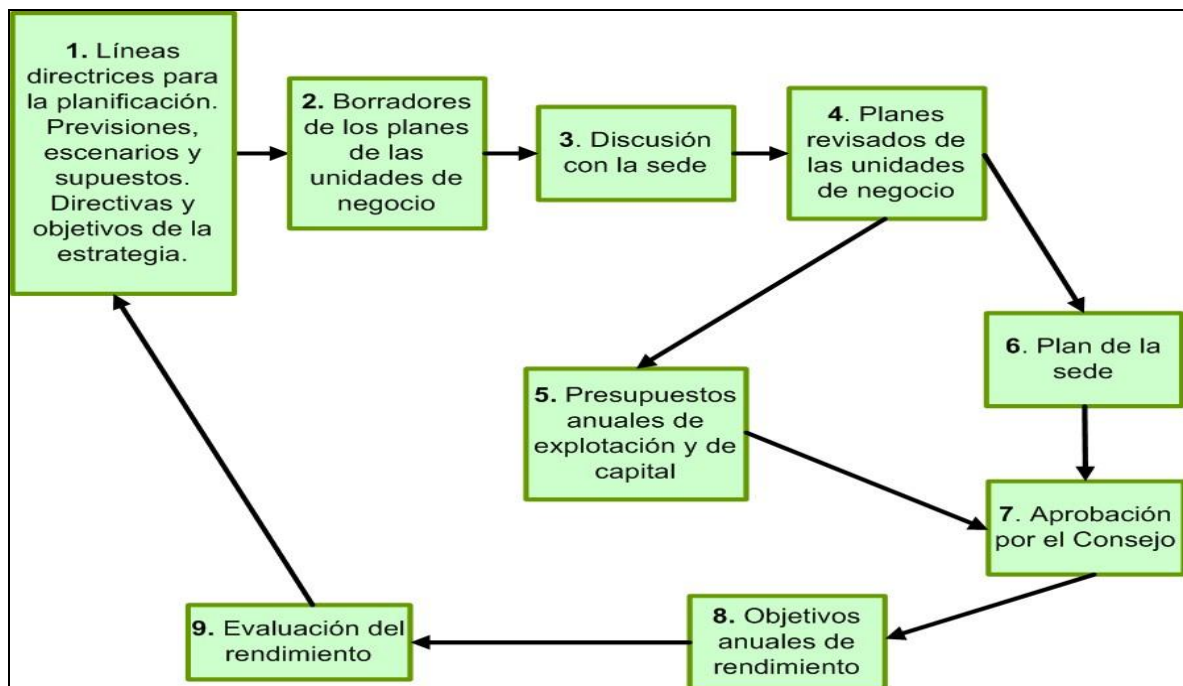


Figura 1: Ciclo de Planificación Estratégica.[3]

Es importante recordar que, según Gerry Johnson [3], el proceso formal de planificación estratégica puede proporcionar a la organización: 1) una herramienta de desarrollo directivo, 2) un mecanismo para forzar a los directivos a pensar a largo plazo, 3) un medio de alinear a los directivos con las estrategias a largo plazo de la empresa y 4) un marco de trabajo para desarrollar el presupuesto.

Diseñar, formular e implementar un Plan Estratégico requiere contar con un diagnóstico de la organización objeto de este proceso, implica definir su misión, visión, valores, objetivos de corto mediano y largo plazo como así también, las actividades y recursos necesarios para alcanzar lo planificado. Desde lo metodológico, la integración de todas estas variables se plasma en Programas y Proyectos del Plan Estratégico. Así, un mismo objetivo se podrá atacar desde distintos Programas o con un mismo Programa o Proyecto se pueden abordar distintos objetivos, esto dependerá de cada caso de aplicación.

En este sentido, es clave el aporte y la estricta relación de la planificación con el aspecto presupuestario, es decir, el presupuesto como herramienta asociado a la planificación en todas sus dimensiones temporales, operativa, táctica y estratégica.

c. Creación de una Estructura de Interfaz Universitaria

En general, hasta los años 80 las relaciones entre la Universidad y el Medio se enfocaron desde una concepción lineal de la innovación en donde, para sacar al mercado nuevos productos o para modificar los procesos industriales o de servicios, se daban una serie de etapas teniendo como partida inicial a la investigación científica.

Luego surge el enfoque interactivo de los procesos de innovación; a partir de esto se comienza a subrayar el papel fundamental de la empresa en la concepción de los procesos de innovación, en las retroalimentaciones entre las fases del modelo y en las diversas interacciones que relacionan la ciencia y la tecnología con cada una de las etapas de los procesos de innovación.

Una de las formas más aplicadas para fomentar las interrelaciones y la cooperación entre los elementos del sistema de innovación son: las estructuras de interfaz (EDI).

Hablar de las EDI requiere incorporar el concepto de Sistema de Innovación (SI). Considerando lo propuesto por Fernández de Lucio y Castro [4], basándose en Lundvall [5], quien define que un “sistema de innovación está constituido por elementos y relaciones que interactúan en el marco de la producción, de la difusión y de la utilización de conocimientos nuevos y económicamente útiles; un sistema nacional comprende elementos y relaciones circunscriptas a las fronteras del Estado”.

En base al enfoque de Fernández de Lucio et al. [4], el SI está integrado por un conjunto de elementos y estructuras que asumen funciones específicas en el proceso de producción, transmisión y almacenamiento de conocimientos y por su capacidad de interacción, que implica la articulación de sus elementos para la producción de conocimientos y la difusión y utilización de los mismos.

Los elementos de un SI se agrupan de acuerdo a su función principal dentro del Sistema, en entornos:

- Científico: constituido principalmente por los grupos de investigadores de las Universidades y Organismos Públicos o Privados de Investigación.
- Tecnológico y de Servicios Avanzados: agrupa a las empresas de bienes de equipo y servicios avanzados, de ingeniería y consultoría tecnológica, de ensayos y normalización, y a los Centros Tecnológicos y asociaciones empresariales de investigación.
- Productivo: empresas productoras de bienes y de servicios.
- Financieros: incluye a entidades financieras privadas que ofrecen sus recursos financieros para la puesta en marcha y desarrollo de proyectos innovadores, como las entidades públicas que brindan subvenciones y créditos para fomentar las actividades innovadoras del SI.

Para que el SI exista como tal, son importantes las relaciones entre los elementos del mismo entorno y de subsistemas (o entornos) diferentes. Con el propósito de fomentar la interrelación y la cooperación de los elementos se crean las EDI.

En particular las Estructuras de Interfaz de las Universidades (EDIU) se presentan como espacios adecuados para trabajar en las estrategias de sensibilización, dinamización y cooperación del propio sector académico con actores externos en materia de innovación y vinculación tecnológica, estimulando la demanda de conocimientos y servicios, cuando ella no ocurra espontáneamente.

Desde la perspectiva de los sistemas de innovación, el papel de estas EDIU es el de:

- **Sensibilizar a los elementos de su entorno** en materia de I+D, de transferencia del conocimiento y de innovación. Es uno de sus propósitos incentivar a los diversos actores del SI acerca de la necesidad de articular el conocimiento científico tecnológico y los procesos de innovación y de la importancia de incrementar la cultura científica en la población; para lo cual es fundamental la interacción con las Universidades, como agentes generadores de estos conocimientos.
- **Generar un clima propicio a la cooperación** con su entorno, intensificando las relaciones entre los distintos actores.
- **Promover y desarrollar marcos normativos** que permitan organizar y encauzar los acuerdos de cooperación, estableciendo un escenario en el cual las relaciones de la Universidad con su entorno sean regulares (no esporádicas), ordenadas, transparentes, flexibles, y que faciliten la transmisión y transferencia de conocimientos, investigación y tecnología al entorno.

Para la creación y puesta en funcionamiento de una EDIU (que podría ser una Oficina o Unidad de Vinculación Tecnológica), es fundamental desarrollar una estrategia particular y un plan de acción que le permita cumplir con los propósitos antes mencionados. Para ellos se debe partir de un diagnóstico que considere tanto aspectos internos como externos a la Institución:

- Interno: las propias características y capacidades de la universidad, su cultura y perfil, sus procesos de gestión y toma de decisiones, las posibilidades concretas de transferencia de conocimientos y resultados de investigación, etc.
- Externo (del entorno en el que se encuentra inmersa): estructura socio-productiva, nivel tecnológico de las empresas y su propensión a innovar como así también las herramientas facilitadoras ofrecidas por la política pública de desarrollo tecnológico e innovación, entre otros aspectos.

A partir de la experiencia surge, según indica Castro et al. [6], que para que las universidades puedan cooperar fácilmente con otros agentes en general, y en particular con los sectores socioeconómicos, y para que sus relaciones con las empresas adquieran un carácter institucional, es decir que sean algo más que la suma de las iniciativas aisladas de los profesores comprometidos, deben disponer de:

- Un **marco legislativo** de la universidad que propicie las relaciones.
- Un **plan estratégico** que incluya estas relaciones entre sus objetivos, o, en su ausencia, una actitud favorable del equipo de gobierno hacia las mismas, que puede reforzarse con acciones encaminadas a crear un estado de opinión en la comunidad académica, de manera que estas relaciones sean consideradas como actividades propias o normales de la Universidad.
- Una **oferta de conocimientos** sólida y cuyo nivel y calidad sean suficientes como para permitir una comunicación fluida con los posibles utilizadores.
- Un **reconocimiento e incentivo** a los miembros de la Comunidad Académica.

- Una **normativa** que regule las relaciones con sencillez, transparencia, flexibilidad y eficacia, de manera que los investigadores no sientan que las actividades administrativas o de gestión entorpecen significativamente sus actividades científico-técnicas.
- Una **estructura** –creada o participada por la universidad- de apoyo a las relaciones, que sirva para dinamizar a los profesores, informarles y asesorarles técnicamente en las relaciones y que les soluciones los problemas administrativos y de gestión relacionados con la cooperación.

Además de una política adecuada para crear una actitud favorable hacia la cooperación, es necesario evaluar aspectos de importancia para el diseño de una estrategia dentro del Sistema de Innovación Nacional como ser:

- Perfil de la universidad.
- Importancia de la I+D en las actividades de la universidad.
- Orientación científico-técnica de sus grupos de investigación.
- Adaptación de las áreas de investigación a las necesidades del entorno.

2.4 Retroalimentación

Como en cualquier proceso de gestión, el fortalecimiento también requiere de una continua retroalimentación en base a cada una de las oportunidades de mejora detectadas mediante el seguimiento y control de las actividades definidas. Controlar el cumplimiento de objetivos, el desarrollo de programas, de proyectos o de actividades requiere contar con un adecuado proceso de Control de Gestión.

Según Héctor C. Ostengo [7], al control de gestión se lo puede definir como un proceso de control inherente a la dirección de la organización y su vinculación con el medio, al intervenir en la acción previa y el control del proceso decisorio. Implica la evaluación constante y sistemática de la gestión eficiente en todos sus niveles y funciones.

Si bien existen distintos conceptos en cuanto al “control de gestión”, una forma de considerarlo es la siguiente: es un metasistema, nos da información por sobre lo operativo, especialmente hacia lo táctico y lo estratégico. Se consideran herramientas del control de gestión a los indicadores, presupuesto, auditorías, tableros de control, cuadros de mando integral, sistemas de información, entre las más importantes.

Según el caso de aplicación se podrán usar una o más de las herramientas de control de gestión mencionadas, en forma individual o de manera integrada. Por ejemplo, tableros de control y presupuesto, auditorías y sistemas de información, etc.

3. Caso de aplicación

En base a lo expuesto, desde este trabajo se plantea abordar el fortalecimiento de la Vinculación Tecnológica en el Sector Universitario, aplicado a la “Vinculación Tecnológica” de la UTN – Santa Fe, realizando el estudio a partir del año 2010.

Como ya se mencionó, la propuesta de fortalecimiento que se expone en este trabajo se basa en la ejecución de tres acciones, esto es:

- a. Formalización de las estructuras orgánicas
- b. Implementación de un Plan Estratégico
- c. Creación de una Estructura de Interfaz Universitaria (EDIU)

a. Formalización de las Estructuras orgánicas de VT en la UTN – Santa Fe

En el año 2010, por Resolución de Decano N° 33/10, “Estructura Orgánica de la Facultad Regional Santa Fe”, se crea el Área de Vinculación Tecnológica dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria.

En el año 2011, por Resolución de Decano N° 113/11 “Estructura Orgánica de la Facultad Regional Santa Fe”, el Área de Vinculación Tecnológica pasa a depender de la Subsecretaría de Extensión Universitaria, en la Secretaría del mismo nombre.

En el año 2012, por Res. CD 391/2012 se actualiza la Estructura Orgánica de la FRSF incorporando la correspondiente definición de Misiones y Funciones para todas las áreas de la Institución. Por lo tanto a partir de esta Normativa, se formaliza la Misión y Funciones del Área de Vinculación Tecnológica.

En el año 2014, por Resolución de Decano N° 278/14, dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria, se actualiza la Estructura Orgánica de toda la FRSF y en particular se crea la Subsecretaría de Vinculación Tecnológica con sus correspondientes áreas.

En base a lo expuesto se deduce que, la formalización de la estructura orgánica de Vinculación Tecnológica en la Facultad Regional Santa Fe permitió jerarquizar y fortalecer este proceso en una Institución Universitaria.

b. Implementación del Plan Estratégico de la UTN – Santa Fe

La UTN - Santa Fe desde el año 2003 hasta la actualidad, ha participado de los procesos de evaluación externa de sus carreras de grado y posgrado convocados por la CONEAU, promoviendo la autoevaluación (tanto desde la Institución como desde la propia Universidad – UTN) como parte de un proceso sistematizado de mejora continua.

A partir del año 2010 se inicia un proceso de diagnóstico de la Facultad, acompañado por un trabajo de revisión y formalización de la estructura orgánica de la Institución. En 2011 se aprueba la estructura acompañada por sus correspondientes misiones y funciones. En esta instancia se crea la Secretaría de Planeamiento y Gestión (SPyG), con el propósito fundamental de coordinar y llevar adelante el Plan Estratégico Institucional (PEI) de la UTN – Santa Fe.

El proceso de formulación del PEI se da entre los años 2011 y 2012, alineado al Estatuto de la Universidad y enmarcado en el Proyecto Institucional definido por la UTN en 2008. En el desarrollo del PEI participó toda la comunidad universitaria: Secretarías, Departamentos de Enseñanza con sus correspondientes Centros, Grupos y Laboratorios, Representantes de los diferentes Claustros de Gobierno, etc. (Resolución C.D. 391/2012, etapas: Preliminar, Diagnóstico y Formulación).

Además, en el marco de los procesos de evaluación externa y autoevaluación atravesados por la Facultad, se fueron elaborando Planes de Mejora que a lo largo de su implementación se convirtieron en un insumo fundamental para el desarrollo del PEI.

El PEI está organizado en cuatro ejes: Docencia, Investigación, Extensión y Gestión Institucional, los cuales están compuestos por sus correspondientes objetivos, líneas de acción, programas y proyectos.

En este sentido, el proceso de planificación se formalizó por medio de 21 Programas y 47 Proyectos. Cada uno de los Proyectos está integrado por Objetivos, Áreas Responsables, Actividades, Resultados Esperados e Indicadores. (Resolución C.D. 382/2013, etapa: Formalización)

Desde el Eje Extensión, específicamente para la Línea Vinculación Tecnológica, se formuló el Programa Institucional de Vinculación Tecnológica, compuesto por tres Proyectos, a saber:

- Oferta y Demanda Tecnológica
- Proyecto de Vinculación Tecnológica
- Gestión de la Vinculación Tecnológica

Tabla 1: Formalización Plan Estratégico UTN – Santa Fe. Línea Estratégica Vinculación Tecnológica

Eje	Línea	Programa	Proyecto
Extensión	Vinculación Tecnológica	Programa Institucional de Vinculación Tecnológica	Oferta y Demanda Tecnológica
			Proyectos de Vinculación tecnológica
			Gestión de Vinculación Tecnológica
	RSU	Programa de Responsabilidad Social Universitaria y Difusión de la Oferta Académica	Promoción de la Responsabilidad Social Universitaria
			Universidad y Escuela
			Fortalecimiento del Jardín Maternal UTN-FRSF
	Gestión Cultural	Programa Gestión Cultural	Proyectos culturales para la Comunidad Universitaria
			Proyectos culturales en relación con el entorno
	Capacitación Extracurricular	Programa Capacitación Extracurricular	Gestión de la Capacitación Extracurricular
	Desarrollo Curricular Capacitación Extracurricular	Programa Integración Extensión-Docencia-Investigación	Integración Extensión-Docencia-Investigación

Fuente: Resolución C.D. 382/2013

c. Estructura de Interfaz de VT en la UTN – Santa Fe

Se crea la Oficina de Vinculación Tecnológica dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria, como una EDIU cuyo objetivo fue promover las actividades de Vinculación Tecnológica dentro la Institución y en relación con su entorno.

Posteriormente, con la evolución de las acciones de Vinculación y Transferencia Tecnológica y de la complejidad de los vínculos con el entramado socioproductivo. Esta EDIU fue jerarquizada al rango de Subsecretaría de VT.

En la actualidad, las actividades de investigación, desarrollo e innovación en la UTN – Santa Fe son coordinadas por la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SCyT) y llevadas adelante por

los diferentes centros, grupos y laboratorios de la Facultad. En tanto que la Subsecretaría de Vinculación Tecnológica (SSVT), dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria, es la encargada de promover el intercambio de las capacidades, servicios de ingeniería y tecnologías generadas por los centros y grupos de investigación con el fin de contribuir al desarrollo, competitividad y crecimiento de las empresas y organizaciones.

Esta SSVT, trabajando en forma articulada con la SCyT, es el nexo entre plantel docente e investigadores, laboratorios y grupos de investigación, y el medio, propiciando la vinculación entre oferta y demanda tecnológica. Las acciones que son llevadas a cabo por la SSVT se presentan en la Figura 2



Figura 2; Servicios Tecnológicos UTN – Santa Fe

Fuente: material de difusión de la SSVT

La SSVT a lo largo de los años, se ha enfocado en el fortalecimiento y profesionalización de sus actividades. Entre las acciones realizadas se pueden mencionar la definición y revisión de sus procesos internos; camino que se ha intensificado durante el 2015 a través de la redefinición y formalización de procedimientos para la gestión de convenios.

A través del desarrollo de un proyecto en el marco del Programa Fortalecimiento de Equipos de Vinculación Tecnológica UTN 2011, cuyo objetivo fue promover un método de trabajo sistematizado para la Oficina de VT, beneficioso para los actores involucrados (internos y externos) se dio inicio a este camino de mejora. Entre los resultados obtenidos en dicho proyecto pueden mencionarse el planteamiento de requerimientos para definición del proceso de gestión de convenios; la centralización de información a través de la incorporación de un aplicativo Web para la gestión de dicho proceso; mejoras cualitativas en los trámites y documentación de respaldo, como así también en la comunicación interna y externa de las distintas actividades.

Desde el 2013 se trabaja en la identificación de la Oferta Tecnológica, participando de las propuestas de la UTN, entre ellas la convocatoria de Fortalecimiento de equipos de VT UTN 2014-2015. La oferta tecnológica de la Facultad en particular y de la UTN en general se pueden encontrar en:

<http://www.frsf.utn.edu.ar/investigacion-y-vinculacion/vinculacion/oferta-tecnologica.html>

Desde el 2014 la SSVT integra el Consejo Asesor de Ciencia y Tecnología junto a la SCyT y representantes de los 6 Departamentos de la Facultad. Desde este espacio se ha comenzado a

trabajar en la articulación de la I+D y la vinculación y transferencia tecnológica. Se han comenzado a realizar acciones de sensibilización entre investigadores y tecnólogos sobre los aspectos de protección, valorización y comercialización de la I+D+i.

Desde el 2014 cuenta entre sus profesionales con un profesional del Programa Nacional de Apoyo para el Relevamiento de Demandas Tecnológicas (PAR) dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina, cuyo objetivo es trabajar en la identificación, relevamiento, publicación y gestión de demandas de innovación en el territorio; este programa permite entre otros aspectos, incrementar las oportunidades de generación de proyectos de innovación y transferencia tecnológica. <http://www.mincyt.gob.ar/convocatoria/par-programa-nacional-de-apoyo-para-el-relevamiento-de-demandas-tecnologicas-10064> . [8]

Como resultado del proceso de fortalecimiento de la VT, desde la SSVT junto a otras áreas de la Facultad, se está trabajando desde el año 2015 un proyecto de investigación denominado “Modelos e indicadores de Vinculación aplicables a una oficina de Vinculación Tecnológica” cuyo objetivo principal es *“Profundizar en el conocimiento del contexto de la tercera misión y la vinculación tecnológica universitaria, proponiendo buenas prácticas, procedimientos e indicadores de control de gestión de las actividades de VT adecuados a la realidad de nuestra región”*

4. Resultados y Conclusiones

A partir de la revisión de esta publicación se pueden compartir las siguientes afirmaciones:

Que el trabajo presentando es producto del compromiso y el desafío asumido por distintas áreas de la Facultad.

Que llevó muchos años de esfuerzo y aprendizajes compartidos.

Que todo es resultado de un trabajo conjunto e integrado: estructura, plan estratégico y fortalecimiento de la VT.

Por otro lado, desde el punto de vista institucional, es importante resaltar que se cuenta con una EDIU que está atravesando un proceso de profesionalización y que la UTN Santa Fe tiene personal formado en la temática abordada en este trabajo.

En cuanto a la experiencia organizacional, es una fortaleza contar un Plan Estratégico en el que participó desde sus primeras etapas toda la comunidad de la Facultad, con un gran acompañamiento y apoyo de las máximas autoridades institucionales.

En este sentido, es muy valioso para una organización de Educación Superior y además de gestión Pública, haber desarrollado internamente y tener en marcha una herramienta de tal importancia como lo es la planificación estratégica. Esto permite, entre otros beneficios, contar con la posibilidad de trasladar y aplicar la metodología a distintos procesos de gestión universitaria y potenciar la mejora de todas las áreas de la organización.

Finalmente, los buenos resultados alcanzados luego de trabajar con tres acciones concretas en la Vinculación Tecnológica de nuestra Facultad representan a la vez una nueva oportunidad y diferentes horizontes de aplicación. Es decir, es totalmente factible trasladar y continuar trabajando con estas buenas prácticas en otros sectores de la Institución o en otras organizaciones.

Referencias

- [1] GUIA DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL: Crear procesos fuertes de gestión
http://www.crs.org/sites/default/files/tools-research/la-guia-de-fortalecimiento-institucional_0.pdf. <http://www.crs.org/>
- [2] ANDER EGG E.: (1998), Introducción a la Planificación. Madrid: Editorial Siglo XXI.
- [3] JOHNSON, G.; SCHOLLES K.; WHITTINGTON R., (2006): *Dirección estratégica*. Prentice Hall, Madrid, España. 7ma edición. 685p.0
- [4] FERNÁNDEZ DE LUCIO, I.; CASTRO E. (1995). La nueva política de articulación del Sistema de Innovación en España” en el libro *Anales del VI Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC'95*, celebrado en Concepción (Chile).;v1; pp. 115-134
- [5] LUNDVALL, BENGT-AKE (1992). *National System of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres. Pinter Publishers.
- [6] Castro Martinez, Elena; Conesa Cegarra, Fernando; Fernández de Lucio, Ignacio; Gutiérrez Gracia, Antonio. (1999). “El Contexto de la Cooperación Empresa/Universidad” en *Organización de Estados Americanos*. [En Línea]. España. Disponible en: <http://www.oei.es/cursocsi/> [Accesado el 10 de Junio de 2016].
- [7] OSTENGO H., (2006): *Control de gestión: guía para graduados profesionales*. Osmar D. Buyatti, Buenos Aires, Argentina. 1ra edición.
- [8] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación
<http://www.mincyt.gob.ar/convocatoria/par-programa-nacional-de-apoyo-para-el-relevamiento-de-demandas-tecnologicas-10064>.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

HERRAMIENTA PARA DETERMINAR LOS COSTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN CIUDADES DE TAMAÑO MEDIO

Ing. Juan Jaurena, Universidad Tecnológica Nacional, FRSE, cetram@frsf.utn.edu.ar

Ing. Fernando Imaz, Universidad Tecnológica Nacional, FRSE, cetram@frsf.utn.edu.ar

Ing. Iván Sorba, Universidad Tecnológica Nacional, FRSE, cetram@frsf.utn.edu.ar

Resumen— El análisis de costos de un sistema de transporte público de pasajeros (TPP) es una herramienta de alto impacto en el funcionamiento del sistema urbano de transporte en conjunto. Si bien la demanda para este tipo de servicios es sumamente inelástica en el corto plazo, la presencia de otros modos o subsistemas hacen que el operador del TPP perciba un grado mucho mayor de sensibilidad de los usuarios a sus propias tarifas.

Una vía posible para la determinación de los costos es diseñar un modelo teórico, que considere una empresa ideal, de tamaño óptimo y que, por tanto, aproveche de la mejor manera las economías de escala. Otra forma de aproximarse a los costos desde la realidad, asumiendo los costos que actualmente tienen las empresas independientemente del grado de eficiencia con el que trabajen.

En el trabajo se tuvieron en cuenta estas dos perspectivas con premisas que necesariamente deben coexistir en equilibrio: la maximización del beneficio social (usuarios) y la del beneficio privado (operadores), mediante la cobertura de costos.

Este instrumento, aún en fase de desarrollo, constituirá una política de Estado, dado el carácter estratégico del servicio en la planificación del territorio, uso del suelo y la conservación del ambiente.

El modelo permitirá, ajustando las variables, determinar rangos de sustentabilidad en el tiempo, relacionando subsidios, pasajeros transportados y tarifas.

Palabras clave— *Transporte Público de Pasajeros, Herramienta, Costos.*

1. Introducción

El presente trabajo de investigación se centra en la definición de los lineamientos requeridos para el desarrollo de una herramienta de determinación de costos de sistemas de TPP en ciudades de tamaño medio.

El mismo, se lleva a cabo en el marco del proyecto de investigación y desarrollo denominado “*Herramienta para la Determinación de los Costos de Sistemas de Transporte Público de Pasajeros en Ciudades de Tamaño Medio*” homologado por Evaluadores Externos de la Universidad Tecnológica Nacional dentro del Programa de Incentivos Docentes Investigadores de la Secretaría de Políticas Universitarias (código TVUTIFE0003934TC), que

tiene por objetivo general “Diseñar una herramienta de cálculo o modelo de costeo para una empresa estándar prestataria del servicio de transporte público de pasajeros en una ciudad de tamaño medio”. Dicho estudio se encuentra en fase de desarrollo a la fecha de publicación del presente trabajo, por ende lo que aquí se presenta no es una valoración de los resultados finales del proyecto.

La función primordial del modelo bajo estudio es la de constituir una guía con el fin de generar un plan de seguimiento de la gestión y del proceso de negociación, inherentes a un estilo de decisión adaptativo. Se estudia el transporte como un sistema complejo y variado, tomando herramientas de la economía por medio de la aplicación de un modelo teórico.

Considerando la incertidumbre como un factor que cuestiona la idealización del sistema, se plantea la actualización en forma regular de todos los parámetros, los escenarios de negociación y los objetivos, a medida que el entorno va cambiando. De esta manera, el sistema busca la gestión de dos metas. En primer lugar, proveer información que permita identificar los desvíos del comportamiento esperado del sistema de transporte y/o variables exógenas relevantes. En segundo lugar, los datos recolectados deberán ser de utilidad en la revalidación y mejoramiento de la capacidad en la toma de decisión por parte del poder concedente o autoridad de aplicación.

Para la obtención de estos objetivos, en este trabajo se estudian los componentes que generan el costo del servicio y se plantean los lineamientos necesarios con el propósito del desarrollo de una herramienta de determinación de costos.

2. Presentación del contexto

Existen distintas categorías para clasificar al transporte. El presente trabajo se basa en el transporte urbano de pasajeros por colectivos.

Los actores del transporte público son los prestatarios, en general, privados y el Estado, el cual planifica, regula y controla la actividad. El sistema de asignación del transporte librado al libre ejercicio del mercado por oferta y demanda no podría funcionar correctamente, debido a que para minimizar costos, las empresas suelen descuidar las comodidades que los pasajeros demandan. Es por esta razón que el Estado interviene directa o indirectamente, siendo uno de sus objetivos velar por los derechos de los usuarios a través de las regulaciones.

En consecuencia, surge la definición de Servicio Público refiriéndose a la satisfacción de necesidades colectivas, donde el Estado asume el rol controlador debido a que salen de la órbita de las acciones privadas y se introducen en la esfera de lo social. [1]

El transporte público masivo no tiene un único objetivo pero puede resumirse diciendo uno de sus principales se centra en la optimización y administración de los recursos con la intención de enfocarlos a atender la demanda de movilidad de una forma sustentable y sostenible, disminuyendo el costo de los desplazamientos como así de otros efectos perjudiciales como la congestión, la accidentología vial, la contaminación atmosférica y acústica. Considerando estas externalidades que una ciudad debe enfrentar, es de suma importancia generar políticas que incentiven a este medio con el principal objeto de disminuir las externalidades negativas derivadas del transporte privado y por otro lado, estimular el uso del TPP con el fin de beneficiar a las economías de escala que forman parte de las externalidades positivas.

El contexto del transporte se presenta en cuatro aspectos bien distinguidos entre sí: el social, económico, político y ambiental. Socialmente, el servicio debe ser inclusivo, abarcar a la mayor cantidad de población posible (cobertura). Desde el punto de vista político, como política de estado, el transporte debe tomarse como estructurador de las ciudades y transversal

a las políticas de usos del suelo, infraestructura, vivienda, ambiente, comercio, turismo, etc. y desde el punto de vista ambiental, como una herramienta de disminución de la contaminación en las urbes.

Al operar con empresas que poseen gran número de coches, los costos que se generan en la actividad pueden ajustarse al modelo de economías de escala y generar beneficios aun mayores. Básicamente se podría reducir el costo medio del servicio al asignarlo a más pasajeros, priorizando la ocupación total del vehículo y recorridos con menor cantidad de paradas, maximizando la cantidad de ocupantes del coche.

Es así que la empresa de transporte ideal debería tender a la gestión de sus costos basados en economías de escala, teniendo posibilidad de generar inversiones con una tasa de retorno a largo plazo, pudiendo acceder a una disminución del costo en la adquisición de materias primas, disponer de choferes especializados y vehículos apropiados, aumentando la eficiencia y reduciendo los costos.

Por otro lado, lo que define al servicio público es la responsabilidad de la prestación, la continuidad, la regularidad, la universalidad, las características de los servicios y de los activos, los precios a cobrar a los pasajeros y la remuneración que perciban los operadores, entre otros, son responsabilidad última del Sector Público.

Por esta razón que la tarifa del TPP es una política de Estado, dado su carácter estratégico dentro de la planificación del territorio.

3. Costos

Por costo se entiende al gasto empleado en la obtención de un bien o servicio. En este estudio, el costo del servicio transporte es caracterizado por componentes fijos y componentes variables, tal como se detalla a continuación:

3.1 Costos variables

“Los costos variables refieren a aquellos desembolsos monetarios que en su cuantía total varían conforme a cambios en el volumen real de la actividad misma” [2].

Se toma como unidad de costeo la cantidad de pasajeros transportados equivalentes por kilómetro, la cual surge de transformar todos los pasajeros de las distintas franquicias en pasajeros que abonan una tarifa plana, como se profundizará más adelante. Si bien es una unidad abstracta, los costos se acumulan según la variabilidad de esta unidad.

Los costos variables identificados son los consumos de gasoil, neumáticos, lubricantes y repuestos. Éstos varían al modificarse la unidad de costeo, es decir, los pasajeros transportados.

Combustible. En las flotas, el consumo de combustible es un factor esencial en su estructura de costos, y más aún con los actuales precios a los que se cotiza el mismo en el mercado. Por lo tanto, con el objeto de lograr un eficiente desarrollo de esta actividad económica, es fundamental la realización de una gestión eficiente del combustible en las mismas.

Para que un vehículo rinda los kilómetros por litros que sugiere el fabricante, el mismo debe estar en buenas condiciones. Esto está estrechamente relacionado con el mantenimiento regular de la unidad.

Para el cálculo del mismo en nuestro modelo teórico se obtiene por medio de multiplicar el precio de mercado sin IVA de un litro de gasoil por el coeficiente de consumo específico del vehículo tipo.

El coeficiente de consumo surge del cociente entre el combustible que el vehículo consume sobre los kilómetros recorridos, luego del observar el comportamiento del vehículo tipo al respecto.

Lubricantes y filtros. Estos parámetros influyen tanto el funcionamiento, como la vida útil de los vehículos.

La fórmula de obtención se similar al combustible, y para los límites inferior y superior de consumo de aceite para caja y diferencial, grasa, líquido de frenos y filtros.

Neumáticos. Los neumáticos tienen un impacto muy importante en el gasto de combustible. Se debe tener en cuenta de que los vehículos tengan los mismos tipos y rodados de llanta, de que el nivel de presión sea el adecuado y que las mismas estén balanceadas y alineadas.

Se consideran las cubiertas que utiliza el vehículo tipo (275-80-22,5). El consumo se determina por la vida útil del neumático nuevo expresado en kilómetros.

El costo por kilómetro se obtiene dividiendo el costo total en neumáticos, sin IVA, por su vida útil total.

Repuestos, Reparaciones y Accesorios. Este consumo está determinado en forma directa por la cantidad de kilómetros rodados y por el régimen operacional de la flota.

Los límites para la tabla de consumo se efectuaron considerando un kilometraje recorrido promedio de 7.000 km mensuales por vehículo.

Luego, el costo mensual por kilómetro para este rubro se obtiene dividiendo el coeficiente mensual por los kilómetros recorridos en el mes y este resultado se lo multiplica por el precio del vehículo tipo 0km sin IVA y sin neumáticos.

3.2 Costos fijos

“Los costos fijos son aquellos que en su cuantía total, no varían con el tiempo” [2]. Entre ellos se incluyen:

- Seguros de los coches y pasajeros.
- Precio de nuevos coches.
- Amortizaciones de equipos.
- Salario de conductores, administrativos, técnicos.

Se puede observar que estos costos se encuentran presentes aún cuando la empresa no preste servicio a la comunidad.

4. Parámetros

Existen una serie de parámetros de los cuales dependen las variables antes mencionadas, que influyen en gran medida en la calidad del servicio que se pretende brindar en el TPP. Un mayor nivel de gestión del sistema es asociado de manera casi análoga a un aumento de los costos. Es por esto que la unidad evaluadora debe decidir que valores tomaran estos parámetros para generar un punto de equilibrio entre la calidad y sus costos asociados. Así, cada rango de especificaciones refleja una serie de alternativas que influirán en las variable de respuesta que brinda el modelo que es lo es la tarifa del servicio prestado.

La herramienta desarrollada en el presente trabajo busca poder brindar a los diferentes autores de este sector, los fundamentos necesarios bajo los cuales pueden definir, políticas de mejora de la gestión del servicio como también una base sólida para la toma de decisiones. De esta

forma se muestra la importancia de definir estos parámetros de manera cuantitativa y cualitativa, con el fin de que reflejen como influyen en los costos globales de este sistema.

A continuación se destacan los más relevantes:

Coefficiente de consumo de combustible. Este parámetro surge del cociente entre el combustible que el vehículo consume sobre los kilómetros recorridos, luego del observar el comportamiento del vehículo tipo al respecto. Para estimar este parámetro, se toma lo reglamentado en la Resolución N° 1176/2014 de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte. Se debe tener en cuenta que la antigüedad, modelo, potencia del motor y tipo de de servicio influyen en dicho parámetro.

Coefficiente de consumo de filtros y lubricantes. La fórmula de obtención se similar al combustible, y para los límites inferior y superior de consumo de aceite para caja y diferencial, grasa, líquido de frenos y filtros.

Coefficiente para repuestos y reparaciones. El valor de los mismos se efectuó considerando un kilometraje recorrido promedio de 7.000 km¹ mensuales por vehículo. Refleja un porcentaje anual del valor del vehículo 0km. Para la estimación de este coeficiente se debe tener en cuenta la franja etaria de la flota, aumentando considerablemente cuanto más antigua es la misma.

Vida útil de neumático. Esta constante refleja la duración del neumático nuevo expresado en kilómetros.

Antigüedad máxima de un ómnibus. Representa la duración máxima establecida por el poder concedente para el uso de la unidad en el servicio.

Valor residual de un ómnibus. Este porcentaje se encuentra estrechamente relacionado con el parámetro anterior. El valor de residual depende de la marca y tipo de vehículo, de su estado y condiciones del mercado.

Tasa de remuneración del capital. Es la cantidad que se podría obtener del capital en el caso de que se invirtiera. Este dato es obtenido de las entidades financieras donde se contrasta las diferentes rentabilidades que ofrecen los productos bancarios desde depósitos a plazo fijo hasta hipotecas ya que puede utilizarse para medir tanto el ahorro como el costo de uno de estos productos. Por lo general, se toma la Tasa Nominal Anual publicado por el Banco de la Nación Argentina.

Coefficiente de cargas sociales. Este valor expresa el porcentaje de los sueldos que se puede relacionar directamente con los costos fijos de la empresa.

Factor de utilización de un conductor. Es la relación entre la plantilla total de conductores y la cantidad de coches operativos. Al minimizar este factor, se refleja una mejor gestión y utilización de los recursos por parte de la organización.

Coefficiente de personal de logística y mantenimiento. Manifiestan el porcentaje de empleados por flota, es decir, el personal necesario para llevar adelante el desarrollo de ambas actividades. De igual manera que el factor definido anteriormente, cuanto menor sea esta proporción, se refleja una mayor eficiencia en el uso del personal.

Coefficiente personal directivo. Este índice evidencia la utilización de personal gerencial en función del tamaño de la unidad de negocio.

Antigüedad promedio de la flota. Representa la franja etaria promedio de la flota habilitada.

¹ Valor estimado de la información del Órgano de Control del Sistema de Transporte de la Ciudad de Santa Fe.

Coeficiente de depreciación de un ómnibus. Los coeficientes se obtienen multiplicando el factor de depreciación anual de cada franja etaria por la cantidad de vehículos encuadrados en esa fase.

Factor de remuneración de un ómnibus. Los coeficientes de remuneración anual se obtienen multiplicando el factor de remuneración anual de cada fase etaria por la cantidad de vehículos tipo encuadrados en esa fase. El coeficiente de remuneración anual de la flota, para cada tipo de vehículo es obtenido sumando los coeficientes de todas las fases etarias.

Factor de remuneración de máquinas y equipos. Se relaciona con el precio de un vehículo nuevo completo, admitiéndose que el valor anual inmovilizado es el 4% del precio de ese vehículo.

Factor de remuneración de máquinas y equipos. Se admite que el valor del capital inmovilizado en este rubro se corresponde con el 3% del precio de un vehículo nuevo completo y de acuerdo a la formula siguiente se obtiene la tasa de remuneración mensual por vehículo.

Gastos generales. En este ítem se incluye: energía, gas, teléfono y otros gastos fijos no ligados a la operación efectiva del servicio. Puede estimarse que el gasto anual varía entre el 2% y 4% del precio de un vehículo nuevo

Alícuota de impuestos mensuales. Los impuestos se aplican a la tarifa, no a los costos, por lo que se analizará una fórmula de cálculo, que considere una tasa aproximada que englobe Impuesto a las Ganancias, a los Capitales, absorción de IVA, impuestos provinciales y otras tasas que los municipios puedan aplicar.

5. Características del Servicio

El transporte colectivo de pasajeros es caracterizado por ciertos valores en cuanto a calidad y costos finales del servicio. De éstos depende el valor del costo total.

Pasajeros totales transportados por año. Esta variable aumenta a medida que la tarifa del servicio baja, por la ley de la oferta y la demanda. Son evaluados todos los pasajeros que utilizan el servicio en un año, en todas las líneas y franquicias disponibles.

Pasajeros equivalentes transportados por año. Algunos pasajeros poseen descuentos especiales, por lo que sus tarifas son reducidas gracias a subsidios que otorga el estado. Para poder efectuar un análisis uniforme se crea esta nueva unidad, el cual resulta de acumular el total de pasajeros que abonan la tarifa básica, más la cantidad de pasajeros con descuento, ponderados por el cociente entre esa tarifa especial y la básica.

Antigüedad promedio de conductores. Es el resultado que se obtiene al generar la razón entre la sumatoria de las antigüedades laborales de todos los choferes por el dígito total del plantel.

Kilómetros recorridos por la flota en un año. El recorrido que efectúa el vehículo afecta directamente a los pasajeros que tendrán acceso al servicio. No se debe descuidar que al convertirlo en un recorrido más inclusivo, la cantidad de kilómetros aumentará, provocando un incremento en el costo. Esta característica incluirá la distancia total recorrida por la flota durante un año de ejercicio, declarados por las empresas a la Comisión Nacional de Regulación del Transporte. Para calcular la distancia que recorre un ómnibus se hará un promedio entre las distancias recorridas por todas las líneas, debido a que algunas de ellas recorren más kilómetros que otras.

IPK (Índice de Pasajero Equiv/Km). Es un indicador que revela un promedio de cuántos pasajeros son transportados por kilómetro, si se toma como tarifa la básica.

Subsidios. Los subsidios son ayudas de carácter económico que otorga el Estado, en sus distintas jerarquías: nacional, provincial, municipal. En la rama del transporte público de pasajeros existen subsidios a la oferta y a la demanda, los cuales son definidos por cupos de gasoil y subsidios por pasajero respectivamente. Éstos no modifican al costo del servicio, pero sí a las tarifas. A medida que el Estado ofrece un beneficio mayor, cubrirá mayor parte de los costos y la tarifa se verá reducida.

Flota total de ómnibus. Este valor refiere a la cantidad de vehículos que el prestador de servicio tiene en su dominio. Al aumentar el número de colectivos, el costo se verá incrementado. La flota total está compuesta por Flota activa y por Flota de auxilio, donde la última opera cuando ocurren fallas en la primera y se deben sacar coches activos por auxiliares.

6. Herramienta

En base a las variables y los parámetros anteriormente definidos, un determinado TTP producirá distintos resultados por el uso de técnicas o métodos a la hora de planificar la estrategia del servicio. Las decisiones implican variados escenarios o alternativas a considerar. Esto conlleva a que el servicio realizado por uno u otro sistema puede diferir en aspectos cualitativos; diferencias sustancial de confort, modelo de colectivos, y costos medios totalmente.

Por lo anteriormente mencionado, se ve la necesidad de implementar un modelo que logre representar la realidad, es decir, diseñar una herramienta que sirva para visualizar con mayor claridad el panorama de estudio, con el fin de reducir su variedad y complejidad de manera adecuado para su análisis.

Hasta el momento se lograron capturar los componentes de costo que conforman su valor total, los parámetros y datos del servicio que modifican las variables. Agilizar el proceso de obtención del costo total del servicio ante cambios económicos y futuros ajustes, hace imprescindible el uso de una herramienta de cálculo de costos.

El software consistirá en una planilla de cálculo que permitirá procesar los datos, y brindará soporte para la toma de decisiones. Podrá ser conformada por diferentes pestañas, donde cada una almacenará de manera segmentada, la información y funciones requeridas para las fórmulas.

Los usuarios deberán recolectar diferentes datos que son variables de entrada para el modelo.



Figura 1. Herramienta de costos enfocada sistémicamente.

Fuente: elaboración propia.

Toda esta información y los precios asociados a los mismos conformarán la base de datos para el cálculo del costo final del servicio, el cual deberá ser actualizado cada vez que los valores de entrada se modifiquen.

Un modelo eficiente debería poder facilitar un proceso de aprendizaje por parte del equipo que lo emplee, generando ideas que permitan aumentar la productividad del sistema.

7. Conclusiones

La investigación acerca del movimiento de personas a través del TPP ha reflejado los numerables beneficios que brinda su uso. A medida que la demanda aumenta hasta alcanzar la capacidad máxima del vehículo, los costos se prorratan de forma más eficiente, haciendo que los costos por pasajero se reduzcan. Además, este servicio tiene la particularidad de reducir las emanaciones de gases en promedio por personas, logrando así una menor contaminación ambiental, entre otras cualidades.

Es fundamental para todo dirigente conocer y analizar los costos del servicio que brinda. Esto le facilita la información necesaria para el planeamiento institucional, el estudio de alternativas, la toma de medidas que eviten las desviaciones entre las metas de la organización. El control y evolución de la gestión basados en conocimientos y análisis concretos sobre la temática involucrada busca beneficiar a las diferentes partes que se ven afectadas por el transporte público. El costo tiene que ser una herramienta que permita el aprovechamiento de los recursos disponibles en cualquier proceso, y comprender el resultado de las decisiones que se presentan con relación a los programas y el aseguramiento de una correcta planificación y utilización de los procedimientos vigentes.

Por lo anteriormente expuesto, se denota la importancia de conocer los costos que tiene la prestación del servicio de transporte para poder estimar el valor de la tarifa, por ello se ha comenzado con la tarea de recolección de todos los valores necesarios para la cuantificación. Por último, este trabajo que aún se encuentra en fase de desarrollo, resultará en una herramienta que facilite en gran medida la tarea del pronóstico del costo de la actividad.

8. Referencias

- [1] MASCIARELLI, E.; ARRANZ, P. *Economía y Gestión del Transporte*. Córdoba: Universitas, p.111-112.
- [2] PAILLET, E. (1993). *Costos y Gestión*. *Revista del Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Año3 N°9. Argentina: IAPUCo, p.86.

Bibliografía de consulta:

- ORTÚZAR, J. (2000) *Modelos de Demanda de Transporte*. Col. del Valle, México: Alfaomega. P.89-210.
- Universidad Tecnológica Nacional (2007). *Estudio de Transporte Público de Pasajeros de la Ciudad de Puerto Madryn*. Santa Fe, Argentina.
- Universidad Tecnológica Nacional (2008). *Estudio de Transporte Público de Pasajeros de la Ciudad de Santa Fe*. Santa Fe, Argentina.
- Universidad Tecnológica Nacional (2010). *Informe de análisis técnico sobre costos del actual sistema de transporte público para la ciudad de Río Cuarto*. Santa Fe, Argentina.



LA UNIDAD DE VINCULACIÓN TECNOLÓGICA (UVT), DE UNA UNIVERSIDAD NACIONAL DE GESTIÓN PÚBLICA Y SU ROL DE INTERFAZ EN UN “SISTEMA LOCAL DE INNOVACIÓN”

Saldarini Javier, UTN Facultad Regional San Francisco, saldarinijavier@gmail.com

Carrizo Claudio, UTN Facultad Regional San Francisco, cjcarrizo77@gmail.com

Echegaray Silvina, UTN Facultad Regional San Francisco, ssechegaray@gmail.com

Resumen

Las UVT's son entes nacionales, que funcionan en el marco de la Ley de Promoción y Fomento de la Innovación N° 23.877 [1] y vincula a los Sectores de Ciencia y Tecnología (SCT) y a los Sectores de la Producción (SP), estableciendo un mecanismo de vital importancia en las condiciones actuales, en miras a la construcción de una sociedad del conocimiento. La creciente demanda impuesta por la comunidad del conocimiento, relacionada con innovar productivamente, establece que el conocimiento generado por el SCT requiere un nexo o interfaz para ser aprovechados por el SP. Para ello, es forzoso que existan altos niveles de articulación entre los sectores.

Dentro del marco de los Sistemas de Innovación, suelen diferenciarse tres planos de análisis, el nacional (SNI); el sectorial – tecnológico (SSI – STI); y el regional (SRI). Sin embargo, Edquist (1997-2005) [2] [3], hace mención a la falta de trabajos empíricos sobre los sistemas de innovación, con datos agregados a nivel regional, debido a la falta de estadísticas y fuentes regionalizadas, que se requieren para describir la complejidad de los sistemas (SRI).

Según lo descripto en el párrafo anterior, el presente trabajo pretende dar una aproximación, descripción y caracterización de un Sistema Local de Innovación, tomando como entorno al SNI y al SRI, desde la perspectiva y las experiencias llevadas a cabo por la UVT de la Facultad Regional San Francisco de la UTN, analizando la complejidad del mismo desde el punto de vista de la capacidad de absorción de los agentes involucrados, la conectividad y los feedbacks que se generan, como así también realizar un aporte para llevar a cabo acciones concretas que permitan dinamizar el Sistema Local de Innovación.

La caracterización del presente sistema lo abordaremos tomando en cuenta los siguientes ítems.

1. Descripción de los Agentes.
2. Gráfico de entramado institucional e interacciones.
3. Características más significativas del entorno.
4. Análisis de las Capacidades de absorción y conectividad.
5. Marco institucional como promotor de los procesos innovativos.
6. El sistema local de innovación como promotor en la generación de procesos de desarrollo.
7. Propuesta de acciones necesarias para estimular dinámicas virtuosas en el Sistema Local de Innovación.

Palabras clave: Vinculación, Local, Innovación.

1. Introducción

El presente trabajo dará una aproximación, descripción y caracterización del Sistema Local de Innovación en la Ciudad de San Francisco (Provincia de Córdoba), desde la perspectiva y las experiencias llevadas a cabo en la UVT que depende de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional.-

Debemos mencionar también que no existen antecedentes a nivel Local o Regional de este tipo de trabajos, con lo cual estaremos abordando una temática que estimamos será valorada por los distintos sectores involucrados en la sociedad.-

Se destaca la gestión de las unidades de vinculación tecnológica (UVT), en cuanto a su desempeño como ente de interfaz del Sistema Nacional de Innovación (SNI), y por ende en el Sistema Local de Innovación y la importancia de su rol como organismo articulador entre el Sistema Científico Tecnológico (SCT) y el Sector Productivo (SP), constituido por entes públicos y privados a nivel Local. En este sentido debemos mencionar que la UVT de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional, es una UVT que se encuentra situada en el sector de CyT de una Universidad Pública Nacional.-

El beneficio de la vinculación es para las tres partes; mientras el SCT encuentra los canales apropiados para “acercar la ciencia a la comunidad”, dando “utilidad” la Investigación Básica, por medio de organismos de interfaz, como son las UVT’s, estas se benefician generando posibilidades laborales para profesionales del sector local/regional; mientras que los SP de la Región, encuentran la posibilidad de acceder a la I+D, con el objeto de acumular conocimientos para el desarrollo de innovaciones en productos y procesos (superando la idea de imitar, frente a la de innovar) o mejorar los existentes, para el logro de la sustentabilidad del ente productivo, a fin de mejorar su competitividad tanto en el mercado interno como en el externo frente a los requerimientos que demandan los parámetros globales.-

La UVT (Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional), está inserta efectivamente en el Sistema Local de Innovación y actúa como organismo de interfaz en la Región Centro del país.-

Para el análisis del SRI, se apela a los diferentes enfoques derivados de la concepción neoclásica de la economía (neo schumpeteriana), que analiza y caracteriza diferentes perspectivas respecto al Sistema Nacional de Innovación (SNI).

Objetivos:

- Describir y caracterizar el Sistema Local de Innovación de la Ciudad de San Francisco (Provincia de Córdoba).-
- Analizar la complejidad del Sistema Local de Innovación desde el punto de vista de la capacidad de absorción, la conectividad y los feedbacks de los agentes involucrados.-
- Realizar aportes que permitan dinamizar el Sistema Local de Innovación.-

2. Materiales y Métodos

Metodología

Nivel de Investigación

El enfoque adoptado para el presente trabajo se vincula con la investigación descriptiva, buscando describir y caracterizar el Sistema Local de Innovación de la Ciudad de San Francisco (Provincia de Córdoba).-

Diseño de la Investigación

Se utilizará una investigación de campo orientada a relevar datos tanto de las instituciones como de las empresas de la Ciudad de San Francisco.

En base a ello, se procederá a la clasificación, análisis y evaluación de la información como diagnóstico de situación actual.-

Se considerará a los efectos de la presente investigación, un muestreo del 40% sobre la población total de 90 empresas radicadas y funcionando en el Parque Industrial de San Francisco, el total de las empresas que conforman el Cluster Tecnológico San Francisco cuyo número asciende a 14 empresas y las instituciones de la Ciudad (Educativas, Financieras, Gubernamentales, No gubernamentales, etc.)

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La fuente de los datos que se utilizan en el presente trabajo pertenecen a dos instrumentos de relevamiento que fueron ejecutados en el año 2011, uno de ellos es el relevamiento llevado a cabo en el Parque Industrial de San Francisco, el cual se desarrolló en el marco de programa FORMATEC 2011, este relevamiento se ejecutó con becarios pertenecientes a la UVT de la Facultad Regional San Francisco, y por otro el diagnóstico llevado a cabo a las empresas del sector TIC's que luego constituyeron el Cluster Tecnológico San Francisco, respecto de los datos de las instituciones que se describen en este trabajo se obtuvieron a través de los distintos encuentros y actividades que desarrolla la UVT.-

Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos obtenidos se analizarán en función de la siguiente clasificación:

- a) Descripción y clasificación de los agentes del sistema
- b) Conectividad con otros agentes del sistema
- c) Formación de RRHH en los sectores industriales
- d) Implementación de sistemas de aseguramiento de la calidad en los sectores industriales

A través del análisis de los datos se elaboraron gráficos y tablas que permitieron dar una aproximación cuanti y cualitativa para responder a los objetivos planteados en este trabajo.-

3. Resultados y Discusión

Los resultados de este trabajo pretenden dar una primera aproximación, tanto desde el abordaje teórico como así también desde la transferencia de resultados hacia los sectores de la sociedad, se pretende que estos resultados configuren un marco de discusión y análisis como

aportes para futuros trabajos sobre Sistemas de Innovación poniendo sobre relieve la perspectiva Local-Regional, el rol de la UVT como nexo entre el sector del conocimiento y los distintos sectores sociales y sus interacciones con el Sistema Nacional de Innovación.-.

4. Desarrollo

4.1 Las Unidades de Vinculación Tecnológica en la Argentina como organismos de interfaz.

En este apartado se hará un breve resumen respecto que son las UVT's, y su función como organismo de interfaz entre el SCT y el SP (Kababe, Y, 2010) [4]. “En Argentina, la Ley 23.877 [1] del año 1990 dispuso la creación de las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT), definiéndolas como estructuras de interfaz entre el sector productivo y el sistema científico técnico y universitario. Sin embargo, los diagnósticos vigentes señalan que la actividad de transferencia tecnológica encomendada a las UVTs sigue siendo una asignatura pendiente.” Con el fin de caracterizar a las UVT's como organismos de interfaz, es necesario establecer un marco de las relaciones de un SNI desde el desarrollo del Triángulo de Sabato (Sabato y Botana, 1968) [5] y el Modelo de la Triple Hélice (Etzkowitz, 2002) [6] y Sutz, 2000) [7]. Autores como Lundvall (1992) [8], propone la identificación de los entornos como elementos componentes del SNI, este modelo introduce el desarrollo de las interrelaciones entre los elementos de un mismo entorno y de entornos diferentes, definiendo a una **Estructura de interfaz (EDI)**, como una unidad establecida en un entorno o en su área de influencia que dinamiza, en materia de innovación tecnológica, a los elementos de dicho entorno o de otros y fomenta y cataliza las relaciones entre ellos. Las EDI, se valen de **instrumentos de fomento de la interrelación**, siendo considerados estos como un incentivo o ayuda, cuyo objetivo es favorecer el desarrollo de actividades o de estructuras de cooperación entre el SCT (representado por el MINCYT en la Argentina) y el SP (que variará según la región), más o menos duraderas. En su mayoría, se trata de instrumentos financieros, aunque algunos son de tipo normativo y otros se configuran como servicios de difusión de la información científica y técnica, como por ejemplo las bases de datos.

Niveles de los Sistemas de Innovación

Dentro del marco de los Sistemas de Innovación, suelen diferenciarse tres planos de análisis, el nacional (SNI); el sectorial – tecnológico (SSI – STI); y el regional (SRI). Sin embargo, Edquist (2005) [2], hace mención a la falta de trabajo empíricos sobre los sistemas de innovación, con datos agregados a nivel regional (y por ende la carencia de datos un SNI), debido a la falta de estadísticas y fuentes regionalizadas, que se requieren para describir la complejidad de los sistemas (SRI).-

Sistema Nacional de Innovación (SNI) y Sistema Regional de Innovación (SRI)

El enfoque de los Sistemas de Innovación, en sus diferentes versiones, experimentó una rápida expansión no solo en los círculos académicos sino también del ámbito político nacional, regional e internacional con el apoyo de organismos como la OCDE, la Comisión Europea y UNCTAD, entre otros. Este planteamiento subraya la importancia de la innovación y el cambio tecnológico, tras el desmoronamiento de lo que hasta el momento se había considerado como la corriente neoclásica dominante, *the mainstream economics*.-

El término “sistema” enfatiza la importancia de sus componentes y sus relaciones, sus funciones y la posibilidad de establecer límites que faciliten los estudios empíricos.-

En lo que respecta al SNI, se menciona que es el primero en aparecer en escena, y que según Freeman (1987) [9], lo define como “las conexiones entre las instituciones de los ámbitos públicos y privados cuya actividad e interacciones imitan, importan, modifican y difunden las nuevas tecnologías”; mientras que Lundvall (1992) [8], define al SNI desde dos perspectivas, una restringida (narrow), donde solo hacen referencia a las organizaciones e instituciones vinculadas a la investigación; y otra más amplia (broad), donde incluye a todos aquellos elementos y sus relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso del conocimiento. Por otra parte, Nelson y Rosenberg (1993) [10], define al SNI, como el conjunto de instituciones, cuyas interacciones determinan el comportamiento innovador; siendo que para Edquist (1997) [2], es el conjunto de factores económicos, sociales, políticos, organizativos, institucionales y de otro tipo que influye en el desarrollo, difusión y uso de la innovación.-

Freeman (1987) [9], destaca la relevancia de realizar estudios sobre el SNI, a fin de caracterizar como funciona y se articula el STC y el SP. Como todo sistema se replica en subsistemas; se considera al SRI como un subsistema del SNI, y es por ello que el enfoque del SNI permite caracterizar, de cierta forma a las regiones de un país, teniendo en cuenta las limitantes propias de la “heterogeneidad de los sistemas”.-

En cuanto al SRI, se comienza a desarrollar a partir de la década de 1990, puede entenderse entonces, como un apartado del propio SIN, donde las características principales identificables del mismo, no dejen de tener validez al realizar estudios de carácter territorial menor. Según Martínez Pelletero (2009) [11], un SRI es un conjunto de redes entre agentes públicos y privados que interactúan y retroalimentan en un territorio específico, aprovechando una infraestructura propia, para los propósitos de adaptar, generar y difundir conocimientos e innovaciones. En este concepto, han jugado un importante papel las teorías relacionadas con la proximidad geográfica, o economía espacial.

4.2 Caracterización del Sistema Local de Innovación de la Ciudad de San Francisco (Prov. de Córdoba)

Esta caracterización toma la perspectiva de la UVT (Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional), teniendo en cuenta los enfoques asociados al SNI.

El Sistema Local de Innovación se aborda tomando en cuenta los siguientes ítems:

1. Descripción de los Agentes.
2. Gráfico de entramado institucional e interacciones.
3. Características más significativas del entorno.
4. Análisis de las Capacidades de absorción y conectividad.
5. Marco institucional como promotor de los procesos innovativos.
6. El sistema local de innovación como promotor en la generación de procesos de desarrollo.
7. Propuesta de acciones necesarias para estimular dinámicas virtuosas en el Sistema Local de Innovación.

1. Descripción de los Agentes.

Agentes que componen el Sistema Local de Innovación

Sector Empresarial Local (Dividida por sectores de producción)

- Sector Metal mecánico
- Sector de la Madera
- Sector de Alimentos
- Sector TIC'S
- Sector Plástico

Sector Educativo Local:

- Escuelas de Nivel Primario
- Escuelas de Nivel Secundario
 - o Educación Técnica
 - o Educación Comercial, social, etc.
- Formación de Nivel Terciario
 - o Institutos de formación de nivel terciario, técnico y de gestión
 - o Institutos de Idiomas
- Formación de Nivel Universitario
 - o Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. San Francisco
 - o Sede de la Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES)
 - o Sede de la Universidad FASTA
 - o Sede de la Universidad Siglo 21
 - o Sede de la Universidad Blas Pascal

Sector de CyT y Vinculación Tecnológica Locales

- Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. San Francisco

Instituciones Empresariales/Gremiales Locales

- UISF (Unión Industrial de San Francisco)
- Cámara de Comercio Exterior de San Francisco y la Región
- Cluster Tecnológico San Francisco
- Cluster de empresas Alimenticias
- Cámara del Plástico
- AIM (Asociación de Industriales Metalúrgicos de San Francisco)
- Cámara de la Madera y Afines
- Cámara de repuesteros
- CESF (Centro Empresarial y de Servicios de San Francisco y la Región)
- Colegio de Ingenieros Especialistas
- Colegio de Informática de la Prov. de Córdoba
- Colegio de Abogados de la Prov. de Córdoba
- Colegio de contadores de la Prov. de Córdoba

Sector Gobierno Local

- Municipalidad de la Ciudad de San Francisco

Sector Financiero

- Bancos

LA UNIDAD DE VINCULACIÓN TECNOLÓGICA (UVT), DE UNA UNIVERSIDAD NACIONAL DE GESTIÓN PÚBLICA Y SU ROL DE INTERFAZ EN UN “SISTEMA LOCAL DE INNOVACIÓN”

- Banco de la Nación Argentina
- Banco Credicoop
- Banco Macro
- Banco de la Provincia de Córdoba
- Banco Suquía
- Banco Río
- Banco Frances

Infraestructura

- Gas Natural
- Vías de acceso terrestre (Corredor Bioceánico)
- Conectividad a Fibras ópticas (Internet, telefonía, video conferencia, etc.)
- Agua potable
- Energía Eléctrica
- Parque Industrial con servicios específicos de logística, puerto seco, aduana, etc.

Entorno

- Sistema Nacional de Innovación
- Sistema Provincial de CyT

Rasgos Culturales

- Sociedad Basada en el trabajo, el compromiso y el esfuerzo.-
- Ciudad con fuerte tendencia a generar industrias locales, en el 90 % de las empresas y comercios de la Ciudad de San Francisco, sus dueños son de San Francisco.-

Evolución Histórica

- El entramado productivo de la Ciudad de San Francisco se basa en el desarrollo de la industria metal mecánica, la cual a través de empresas madres fabricantes de máquinas herramientas y motores eléctricos fueron generando talleres satélites de provisión, que luego se transformaron en empresas de producción, no solo de partes, sino también de productos finales. La educación de nivel secundario técnico ha tenido mucho que ver en este desarrollo industrial, luego la creación de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional, con carreras netamente con perfil ingenieril atendiendo a las demandas claves para el desarrollo de la industria de la época (1970), el hecho de la creación de esta Facultad de Ingeniería se corresponde a un pedido concreto hecho por la sociedad civil e industrial, en especial por la Asociación de Industriales Metalúrgicos de San Francisco.-

A lo largo del tiempo y atravesando los vaivenes económicos y políticos de cada época, el entramado social y productivo ha ido diversificando sus industrias, sus instituciones intermedias, educativas y políticas.-

Como se puede observar en las clasificaciones que anteceden, San Francisco cuenta con un entramado productivo que se ha diversificado y un entramado institucional y educativo que acompaña y dinamiza el crecimiento industrial y comercial.-

2 y 3. Gráfico de entorno del SLI y entramado institucional e interacciones

El Sistema Local de Innovación (SLI) de la Ciudad de San Francisco desde el punto de vista del entorno y su conectividad con los demás sistemas de Innovación se detallan a continuación y se puede observar en la Figura 1 y Figura 2

- Sistema Regional/Provincial de Innovación:

En este sistema se encuentran incluidas tanto las entidades de CyT de la Provincia de Córdoba (Universidades, Ministerio de CyT, UVT's, entre otras.), como así también instituciones y organizaciones empresariales y gubernamentales.-

- Sistema Nacional de Innovación (SNI) al igual que el SRI, excepto que en este sistema incluye los sectores a nivel nacional.-

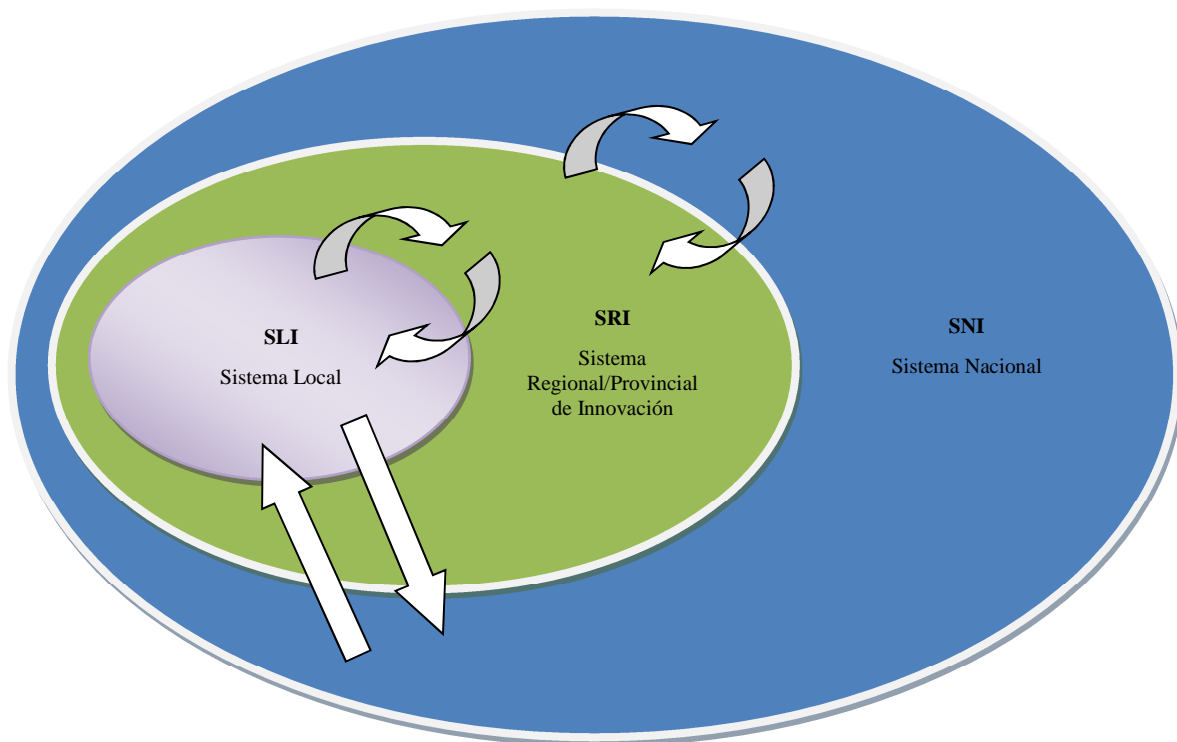


Figura 1: Conectividades que existen entre el SLI, el SRI y el SIN

Fuente: elaboración propia

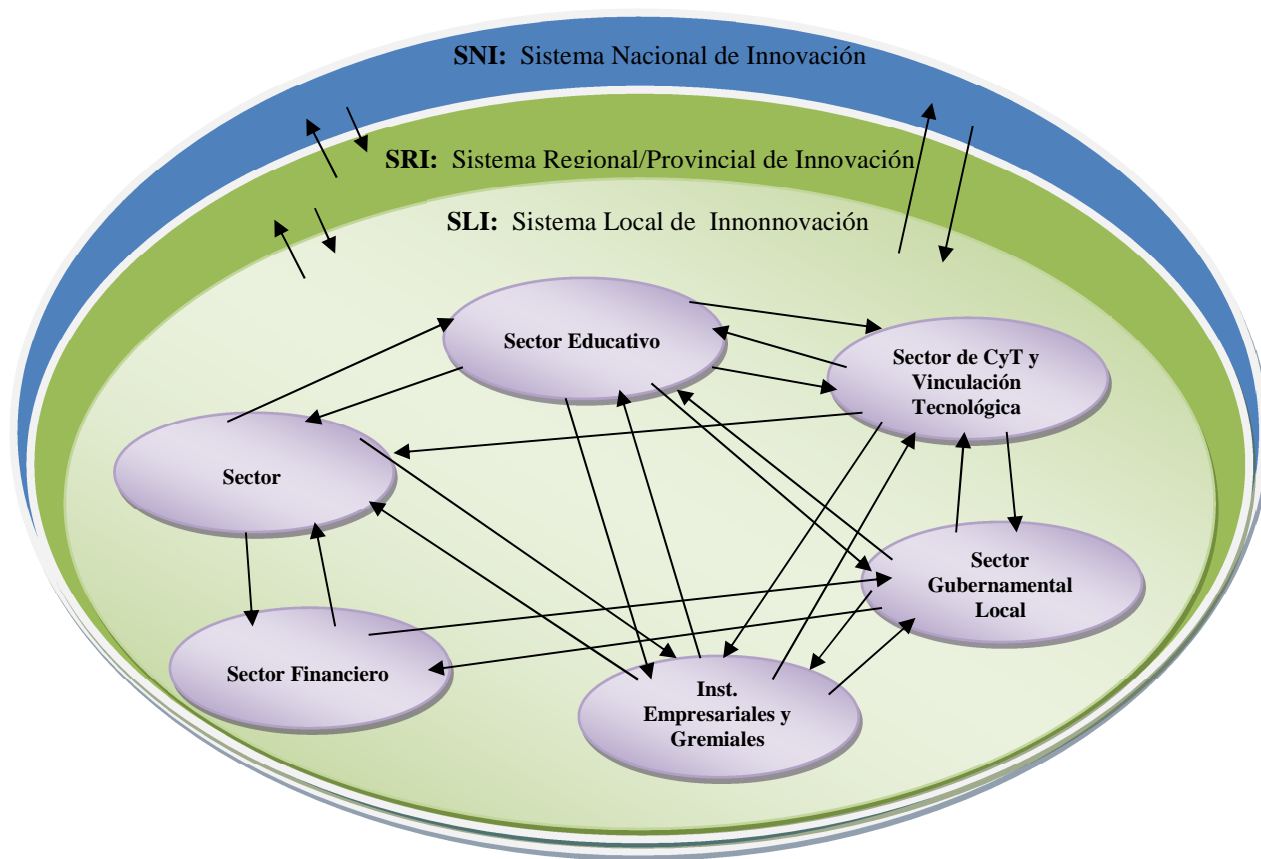


Figura 2: Esquema del Sistema Local de Innovación (SLI) de la Ciudad de San Francisco desde el punto de vista de los agentes que lo componen y la conectividad entre estos.

Fuente: elaboración propia

4 Análisis de las Capacidades de absorción y conectividad

Las empresas que pertenecen al sector productivo del SLI en estudio, son de tamaño micro, pequeñas y medianas empresas, en este contexto, estas empresas no escapan a la realidad nacional, en el aspecto de no contar con capacidades de I+D definidas formalmente dentro de sus organizaciones.-

Podemos observar que la conectividad existe entre las distintas instituciones y organizaciones, si bien estas son de carácter más bien de índole comercial, gremial o institucional.-

Desde la experiencia de la UVT hemos podido observar que las empresas con las que hemos desarrollado actividades formales de transferencia de conocimientos, capacitaciones en tecnologías específicas y servicios tecnológicos sostenidos en el tiempo (*feedbacks positivos*), son aquellas firmas que cuentan con RRHH en puestos de toma de decisión con formación de grado o bien son técnicos especialistas con trayectoria notable, estas características se diferencian según el sector y es donde podemos apreciar la relación que existe entre las capacidades de absorción y de conectividad.-

En la tabla (*Tabla 1*) clasificamos a los sectores de producción por su capacidad de absorción según la formación de sus RRHH y sistemas de gestión de la calidad y como se conectan con otros sectores. Estos datos son generales por sector, dado que dentro de cada sector existen distintos grados de desarrollo de cada empresa en particular, pero son datos válidos a los

LA UNIDAD DE VINCULACIÓN TECNOLÓGICA (UVT), DE UNA UNIVERSIDAD NACIONAL DE GESTIÓN PÚBLICA Y SU ROL DE INTERFAZ EN UN “SISTEMA LOCAL DE INNOVACIÓN”

efectos de poder tener una aproximación por sector y poder evaluar estrategias desde la UVT para dinamizar a cada uno de estos sectores.-

LA UNIDAD DE VINCULACIÓN TECNOLÓGICA (UVT), DE UNA UNIVERSIDAD NACIONAL DE GESTIÓN PÚBLICA Y SU ROL DE INTERFAZ EN UN “SISTEMA LOCAL DE INNOVACIÓN”

Tabla 1: Sectores de producción por su capacidad de absorción

Escala valorativa: 0 – Inexistente; 1 – Poca; 2 – Buena; 3 – Muy Buena y 4 – Excelente

	RRHH Formados en Grado y Pregrado	Sistemas de Calidad	Conectividad con el sector de CyT	Conectividad con el sector educativo Terciario y Universitario	Conectividad con Instituciones intermedias	Total Valoración
Sector Metal mecánico	3	2	2	3	4	14
Sector de la Madera	1	0	0	1	1	3
Sector de Alimentos	1	0	1	1	1	4
Sector TIC'S	4	0	2	2	2	11
Sector Plástico	1	0	0	1	0	2

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del relevamiento llevado a cabo en el marco del proyecto FORMATEC 2011 (Muestreo de empresas radicadas y en funcionamiento en el Parque Industrial de San Francisco), y datos extraídos del relevamiento a empresas Tic's en la constitución del Cluster Tecnológico de San Francisco.-

Descripción de la escala valorativa: se toma los valores del 0 al 4 para ponderar a los sectores de cada empresa relevada. Hace referencia desde la insuficiencia (inexistente) de capacidad de absorción hasta la máxima (excelente) en los diferentes sectores que se detallan en la tabla 1. Siendo el valor más bajo 0 (cero) y el más alto 4 (cuatro) como la ponderación más eficiente que adquiere ese sector .-

Tomando la valoración total de la tabla podemos ver que hay dos sectores (Metal mecánico y TIC's) que obtienen la mayor valoración y en ambos el factor común es la formación de RRHH en puestos de toma de decisiones y que han logrado buena conectividad con otros sectores.-

5 y 6. Marco institucional como promotor de los procesos innovativos. El sistema local de innovación promueve o limita la generación de procesos de desarrollo

Como podemos observar en el listado de agentes descriptos y el entramado institucional y sus interacciones, podemos decir que los agentes que intervienen en este sistema son heterogéneos y que el entramado interinstitucional también lo es, y las interrelaciones que se suscitan en este sistema son complejas y deberíamos encarar un trabajo mucho más profundo y específico para poder describirlas y analizarlas cuantitativamente, como así también a los distintos agentes, los roles y funciones de cada institución, debemos decir en este sentido que esta es una primer aproximación desde una mirada práctica de la UVT. Teniendo en cuenta la cultura de la Ciudad de San Francisco podemos decir que las instituciones tienden a involucrar a todos los actores y hay siempre una pro actividad a interactuar entre los distintos sectores.-

Las condiciones de entorno son las que condicionan el desenvolvimiento de cualquier sistema, dado que este interactúa con el mismo pero no lo puede modificar. La principal condición de entorno que podemos observar, es la política nacional en temas económicos, como todos sabemos desde antes la década de los 90' y hasta el año 2004 la depresión y destrucción de la industria nacional fue una constante, San Francisco no fue ajena a esa realidad, como ejemplo podemos mencionar que nuestro parque industrial contaba en el año 2004 con solo 20 empresas radicadas y funcionando, en la actualidad este parque industrial cuenta con 80 empresas radicadas y funcionando, 20 empresas ya radicadas en proceso de inicio de actividades y otras 20 empresas más con compra de terrenos y proyectos de radicación, del total de estas empresas más del 90% de las mismas son de propiedad de empresarios de la Ciudad de San Francisco, lo que de algún modo habla de capacidades endógenas instaladas en el territorio (Perfil emprendedor, fuente de generación de RRHH formados en grado, pregrado y posgrado, sistema financiero, infraestructura, entramado institucional, políticas públicas locales favorables, etc.).-

Las capacidades de generar innovaciones que tengan las empresas dependerá:

- i) del grado de absorción y apropiación del conocimiento, esto se puede dar a nivel de productos, procesos, servicios y organización,
- ii) buena conectividad con los sectores de CyT, instituciones, otras empresas, SNI y SRI, etc.
- iii) desarrollar feedbacks positivos que retroalimenten cada una de las conectividades; para que esto suceda y que esta incorporación de conocimientos se transforme de manera virtuosa en una dinámica continua en el tiempo y le permita a todo el sistema generar capacidades endógenas, no solo las empresas deben invertir en formación de RRHH, sino que las instituciones también deben interesarse por los nuevos paradigmas, acompañado todo esto con instrumentos de política pública (Local, Regional, Provincial y Nacional) que favorezcan las relaciones y que sean adecuados a las necesidades del territorio.-

Existe a nivel de la Ciudad un programa denominado *San Francisco Polo Educativo*, este es un programa impulsado por la Municipalidad de San Francisco y que involucra a todas las instituciones educativas de nuestra ciudad (Secundarias, Terciarias y Universitarias), desde el Municipio también existen becas específicas para aquellos alumnos que estudien carreras de ingeniería, desde el Gobierno Provincial hay disponibles becas también para el estudio de carreras de ingeniería, con especial énfasis en las carreras de TIC'S, a nivel Nacional sucede lo mismo a través del programa PNBU; estos instrumentos son fundamentales y es la base del sistema, la formación de RRHH en ciencias duras.-

Tomando como referencia la bibliografía consultada, el análisis llevado a cabo del Sistema Local de Innovación, podemos visualizar algunas acciones que creemos serían un aporte para sustentar en el tiempo las actividades exitosas llevadas a cabo y poder desarrollar nuevas, dado que si bien hay capacidades instaladas muchas veces se desconoce desde los distintos sectores.-

7 - Propuesta de acciones necesarias para estimular dinámicas virtuosas en el Sistema Local de Innovación.

- Políticas que dinamicen las interacciones del Sistema de CyT con el sector productivo.-
- Políticas articuladas entre el SLI el SRI y el SIN (se observan instrumentos de política de promoción de Ciencia, Técnica e Innovación que se superponen y que no conciben con las realidades Locales).-
- Políticas de valorización de las actividades de transferencia para los investigadores (revisión de evaluación del sistema de incentivos a los investigadores).-
- Políticas de creación de centros sectoriales para el desarrollo y la modernización tecnológica.-
- Llevar a cabo acciones para incorporar en la formación de los RRHH (Técnicos, Pregrado, Grado y Posgrado) el uso del conocimiento Científico y Tecnológico para el desarrollo de innovaciones.-
- Programas tendientes a consolidar y sustentar las relaciones del sector educativo con sus propios graduados y estudiantes.-

5. Conclusiones y recomendaciones

A modo de conclusión podemos decir que este primer trabajo desarrollado desde las experiencias de la UVT de la Facultad Regional San Francisco de la UTN, nos da un primer marco de referencia, tanto teórico como experimental, respecto de la caracterización del Sistema Local de Innovación de la Ciudad de San Francisco, pretendemos a partir de este trabajo formular un proyecto de investigación que nos permita profundizar el análisis a nivel de conectividad y de capacidad de absorción de los agentes involucrados en el sistema, como así también poder analizar cómo y de qué manera innovan las empresas en los distintos sectores productivos, aplicando instrumentos de relevamiento y análisis desarrollados específicamente para este fin. Vemos también la relevancia que toma el rol de la UVT como Entidad de Interface en este Sistema, el poder profundizar este trabajo será estratégico para el desarrollo de la UVT como agente dinamizador del Sistema Local de Innovación.-

6. Referencias

- [1] Ley N° 23.877 de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica
- [2] Edquist, C.: *Systems of Innovation approaches- their emergence and characteristics*” en el libro Edquist, C. (ed.) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Pinter/Cassell. Londres. 1997
- [3] Edquist, C.: *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Oxford University Press. 2005
- [4] Kababe, Y.: *Las Unidades de Vinculación Tecnológica y la articulación entre el Sector Científico Tecnológico y el Sector Empresarial*. SaberEs. N° 2. 2010
- [5] Sabato, J.A. y Botana, N.: *"La Ciencia y la Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina"*. Buenos Aires. 1968
- [6] Etzkowitz, H.: *The Triple Helix of University - Industry – Government Implications for Policy and Evaluation*. Working Paper 2002
- [7] Sutz, J.: *The university–industry–government relations in Latin America*. Research Policy.
- [8] Lundvall, B.A. *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992.
- [9] Freeman, C.: *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London, Printer. 1987
- [10] Nelson, R. R.: *Technical Innovation System*. Oxford University Press. 1993
- [11] Martínez Pelletero, M.: *Tipología y eficiencia de los sistemas regionales de innovación. Un estudio aplicado al caso Europeo*. Impreso en Línea 2015, S. L. L. / Impreso en España. 2009



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

LA IMPORTANCIA DEL ASOCIATIVISMO COMO FACTOR DE ÉXITO PARA LA SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO INDUSTRIAL REGIONAL

Ariel Miropolsky, CITED-UTN-FRC, amiropolsky@gmail.com

Marcelo Andrés Tavella, CITED-UTN-FRC, mtavella@posgrado.frc.utn.edu.ar

Roxana Manera, CITED-UTN-FRC, roxanamanera@gmail.com

Resumen—En el sector de la producción de bienes y servicios, el desarrollo está ligado a los procesos de integración horizontal y vertical de las cadenas de valor. En este marco, el término asociativismo surge como uno de los mecanismos de cooperación mediante el cual las empresas pueden unir sus esfuerzos para enfrentar dificultades comunes.

Las empresas mancomunadas en un modelo asociativo, generalmente mediante la implementación de acciones conjuntas, mejoran la competitividad e incrementan la producción a través de alianzas entre los distintos agentes que interactúan en el mercado incrementando las oportunidades de crecimiento individual y colectivo.

Habiéndose identificado a la CIIECCA (Cámara de Industrias Informáticas, Electrónicas y de Comunicaciones del Centro de Argentina), como un ejemplo destacado de modelo asociativo en el sector de la producción de bienes y servicios; este trabajo pretende elaborar y desarrollar una encuesta descriptiva y semiabierta con la intención de entrevistar, en forma personal a referentes de las empresas asociadas a dicha entidad, a los efectos de evaluar sus opiniones sobre la efectividad de los modelos asociativos, los factores de éxito y las herramientas de innovación tecnológica que aplican dichas PyMEs.

Palabras clave— *factores, desarrollo, asociativismo.*

1. Introducción

La contribución de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) en la generación de empleos, la obtención de ingresos y su papel como generadoras de riqueza es reconocida en todo el mundo. No obstante, estas empresas tienen serias dificultades para sobrevivir y desarrollarse en un mercado cada vez más competitivo.

Adicionalmente, por sus características estructurales, suelen encontrarse en desventaja tanto en recursos como en capacidades en comparación con las grandes empresas [1].

Este trabajo tiene como marco de referencia la Teoría de los Recursos y Capacidades de las Empresas [2] [3]; esta teoría explica porque algunas empresas aparentemente iguales son más exitosas que otras, sosteniendo que cada organización posee recursos y capacidades únicos que la diferencian de los demás competidores de su sector.

Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es identificar los factores sobre los que las empresas, y más concretamente las PyMEs, como partes de un modelo asociativo, articulan su éxito. Para ello es preciso profundizar en el estudio, para así tratar de dar respuesta a una cuestión clave: ¿cuáles son las variables de gestión o de dirección que propician el éxito o el

fracaso de las empresas?. De aquí surge entonces el concepto de los Factores Críticos de Éxito (FCE).

Los FCE son variables que se deben tomar en cuenta antes y durante la realización de un proyecto, ya que aportan información valiosa para alcanzar las metas y objetivos de la empresa. Sin embargo, la determinación de qué es lo que no es un FCE se basa en general en un juicio subjetivo, ya que no existe una fórmula para determinar los FCE con claridad [4].

En este ámbito, la mayoría de trabajos se han centrado en el estudio de las grandes firmas, lo que ha producido que en muchos casos las PyMEs luchen con la gran empresa con sus mismas armas.

Por lo anterior, sin desconocer los logros alcanzados en la materia, esta limitante empresarial puede ser superada al integrarse empresas PyMEs en modelos asociativos, constituyéndose así en un importante FCE, que, de manera efectiva y planificada, coadyuven a que las PyMEs junten esfuerzos y unidas, puedan cristalizar las oportunidades de mercado que el contexto actual les puede ofrecer.

Como ejemplo concreto de modelo asociativo como un FCE fundamental podemos mencionar a los parques industriales, ya que son un conjunto de industrias, que se agrupan con el fin de obtener las ventajas de disponer de servicios comunes. Sin embargo, los resultados dependen de un conjunto de factores internos y externos que determinan el desenvolvimiento de dichos desarrollos [5] [6].

La identificación de FCE, tal como la implementación de modelos asociativos entre empresas de sectores iguales o complementarios puede constituir una valiosa herramienta de gestión hacia la sustentabilidad, que contrarreste las limitaciones derivadas del menor tamaño comparativo de las PyMEs interesadas, para que, aunando esfuerzos dispongan de una capacidad financiera consistente que les facilite acceder a la tecnología adecuada para aplicar economías de escala y generar mayores volúmenes de producción. Además, un modelo asociativo puede aportar otras ventajas, tales como una mayor capacidad de negociación tanto en la cadena de proveeduría como con los clientes foráneos, mejor soporte financiero, capacidad para costear investigaciones de mercado de manera conjunta o lograr certificaciones internacionales o de normalización técnica [7]. A partir de estas ventajas las empresas asociadas pueden ofrecer menores costos y precios más competitivos, en función del mercado meta a atender [8].

Por otro lado, el asociativismo permite el esfuerzo colectivo de varios emprendedores que se unen para solventar problemas comunes; este se lleva a cabo mediante la acción voluntaria de los participantes, no siendo forzada la cooperación por ninguna de las partes. La decisión de intentar la asociatividad puede ser estimulada por instituciones ajenas a los establecimientos, como por ejemplo el estado nacional, provincial, municipal u organismos independientes. Pero, en definitiva, son los empresarios los que deben llevarla a cabo.

De acuerdo con estas características, el asociativismo se asemeja a una red horizontal que busca la cooperación entre empresas que atienden al mismo mercado o tienen la misma cadena de valor.

Otra distinción importante de la asociatividad es el alto grado de autonomía en la dirección de las explotaciones que mantienen los participantes después de adoptar la decisión. Por ejemplo, la manera de emplear los recursos o beneficios obtenidos a partir de haberse asociado, es de la incumbencia exclusiva de cada propietario, el cual sólo debe responder ante el resto de participantes por la cuota parte de los esfuerzos que le corresponde. Esta autonomía es un rasgo también presente en las redes horizontales.

La posibilidad de mantener un alto grado de autonomía “gerencial” puede constituir uno de los principales estimuladores para el desarrollo del asociativismo. Bajo esta modalidad los propietarios de las empresas no son obligados a compartir información que estimen confidencial o poco relevante, como en el caso de la cooperación compulsiva de las redes verticales o las exigencias de las alianzas estratégicas.

Una distinción adicional de la asociatividad es el carácter amplio de actividades de cooperación que puede abarcar. La asociatividad se puede establecer para múltiples propósitos desde el financiamiento hasta la investigación conjunta de determinado problema y, al mismo tiempo, abarcar las diferentes etapas de los procesos básicos de producción. En principio, no hay limitación del ámbito de la cooperación en la asociatividad como sí lo hay en las redes verticales. En éstas, el ámbito de la cooperación está determinado por los intereses específicos de la cadena de producción o incluso por los intereses estratégicos de las empresas líderes [9].

El concepto de asociatividad empresarial como un factor crítico de éxito se entiende, entonces, como un mecanismo de cooperación flexible entre empresas de un mismo sector, donde cada una, sin perder su autonomía, decide voluntariamente participar de un esfuerzo conjunto para la obtención de objetivos comunes.

Una de las principales características de las PyMEs argentinas, en general, es precisamente su bajo nivel de asociatividad. La gran mayoría de las empresas operan en solitario, aisladas y compitiendo entre sí, sin aprovechar el mejoramiento que supone para su actividad el realizar prácticas conjuntas y el poder actuar como grupo.

Aunque, por lo general, se entiende que para ser empresario pareciera requerirse una fuerte dosis de individualismo, el desarrollo de habilidades y el acopio de experiencia en el quehacer asociativo no deben dejarse de lado. Las prácticas compartidas permiten fortalecer a los distintos sectores abordando temas de interés que van más allá de la propia empresa. Un ejemplo paradigmático de ello es el desarrollo de proveedores especializados para el sector específico en que desarrollan su actividad.

Por otra parte, para que puedan darse alguno de los modelos asociativos, en líneas generales, tiene que existir la cooperación por necesidad mutua, esto genera el compromiso y la responsabilidad de compartir los riesgos para lograr los objetivos propuestos [10].

Con lo anterior, y atendiendo al objetivo de este trabajo, se ha identificado a la CIIECCA (Cámara de Industrias Electrónicas, Informáticas y de Comunicaciones) como un ejemplo destacado de modelo asociativo en el sector de la producción de bienes y servicios, habiendo sido nuestra intención, el entrevistar a referentes de las empresas asociadas a la entidad, a efectos de evaluar sus opiniones sobre la efectividad de los modelos asociativos, como factor de éxito de las empresas sector tecnológico.

Cabe aclarar que desde su constitución en el año 1999 la CIIECCA representa al sector tecnológico del centro del país. Agrupa y coordina a las empresas electrónicas, informáticas y de comunicaciones promoviendo su integración en las cadenas de valor de mercados globales. Su objetivo es estimular el desarrollo, la productividad y la competitividad de sus asociados, aplicando estrategias de gestión, logística, información y comunicación.

A continuación se explicará la metodología utilizada en este trabajo para determinar la importancia como FCE del asociativismo para el desarrollo regional sustentable, en particular en las empresas nucleadas en la CIIECCA.

2. Materiales y Métodos

La metodología en este trabajo se basó principalmente en la realización de encuestas y entrevistas en profundidad en una muestra representativa de las empresas asociadas a la CIIEECCA. Se utilizó como soporte un cuestionario autoadministrado dirigido al gerente o responsable de la empresa, es decir a aquellas personas que tengan competencias desde su desempeño laboral o formación profesional. El trabajo de campo se realizó luego del envío previo de una carta de presentación del equipo de trabajo a las empresas de la muestra.

En el diseño del instrumento de recolección de datos, para la medida de los resultados de la organización se aplicó una escala multidimensional utilizando información objetiva y subjetiva.

Actualmente la CIIEECCA cuenta con 74 empresas asociadas, y permanentemente se van sumando más empresas interesadas en fomentar la colaboración con otras empresas y entidades, en busca del desarrollo de nuevos productos, tecnologías y mercados. Sin embargo, para la realización del trabajo se determinó una muestra representativa tomada del sujeto del estudio, que al inicio de la investigación en abril de 2015, consistía en un universo de 65 empresas asociadas.

La muestra fue diseñada según los principios del muestreo estratificado en poblaciones finitas [11], [12], siguiendo las fórmulas, que se muestran a continuación:

$$n_0 = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2} \quad (1)$$

En la que n_0 es el tamaño de la muestra sin considerar el factor de corrección de población finita, p es la porción verdadera de éxito, es decir, el parámetro de población, que en nuestro caso consideramos con un valor de 0,5. Z es el nivel de confianza deseado que fue establecido en un 80%, que equivale a un valor de 1,28 y e es el error de muestreo permitido, que en nuestro caso es del 10%, es decir de 0.1.

Aplicando la formula (1), se calculó un valor para $n_0 = 40,93$.

Posteriormente se calculó el tamaño de la muestra real, mediante la fórmula (2), aplicando el factor de corrección n_0 .

$$n = \frac{n_0 \cdot N}{n_0 + (N - 1)} \quad (2)$$

Donde N es el tamaño de la población, es decir, el universo de las empresas nucleadas en la CIIEECCA al inicio de la investigación, y n es finalmente el tamaño de muestra real y representativa a utilizar en este trabajo, con un valor de $n = 25,36 \cong 26$ empresas.

3. Discusiones y resultados

Concluidas las entrevistas, en una primera instancia se identificó los sectores a los que pertenecen las empresas encuestadas.

El análisis de los datos relevados permite inferir, tal y como se muestran en la tabla 1 y en la figura 1, que el 73% de las empresas asociadas pertenecen al sector electrónica, representando casi las tres cuartas partes del total de las empresas asociadas. Los restantes sectores se encuentran muy por debajo, con un 19% y un 8% para el sector de comunicaciones e informática respectivamente.

Tabla 1: Distribución según el sector empresarial al que pertenece.

Electrónica	19
Comunicaciones	5
Informática	2

Fuente: Elaboración propia

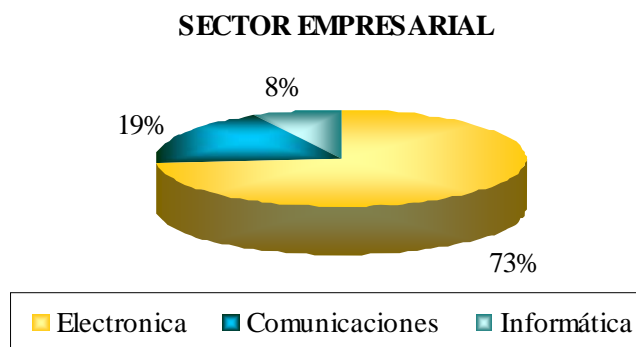


Figura 1: Sector Empresarial

Fuente: Elaboración propia

En lo referente a la percepción que tienen los asociados acerca de cuál es la tarea más importante que desarrolla la CIIECCA, se evaluó la opinión de los entrevistados en base a tres actividades que se identificaron como las más características, de entre otras tantas que desarrolla la CIIECCA como parte de su labor, permitiéndole a los entrevistados agregar otras si no identificaban entre las propuestas a la que a su criterio tiene mayor relevancia. En función de ello, se puede apreciar en la figura 2, que un alto porcentaje, más la mitad de las empresas asociadas a la CIIECCA (53%), considera que una de las principales tareas que se desarrolla en la cámara es la de propiciar la integración horizontal y/o vertical de los asociados, para así beneficiarse de las ventajas que aporta el asociativismo en las actividades comunes a todos ellos. En tanto que el 35% piensa que la principal tarea es el realizar gestiones frente a organismos estatales. Un 4 % considera que es promover los procesos de transferencias de las mejores prácticas entre sus asociados, mientras que el restante 8% opina que son otras las principales tareas, como ser: la difusión de las empresas en eventos organizados por la Cámara (por ejemplo la Exposición de la Industria Electrónica e Informática de Córdoba), el propiciar la inserción de electrónica e informática en la cadena de valor de otros negocios globales, el brindar oportunidades de difícil acceso por cuenta propia, o bien propiciar la apertura de nuevos mercados.

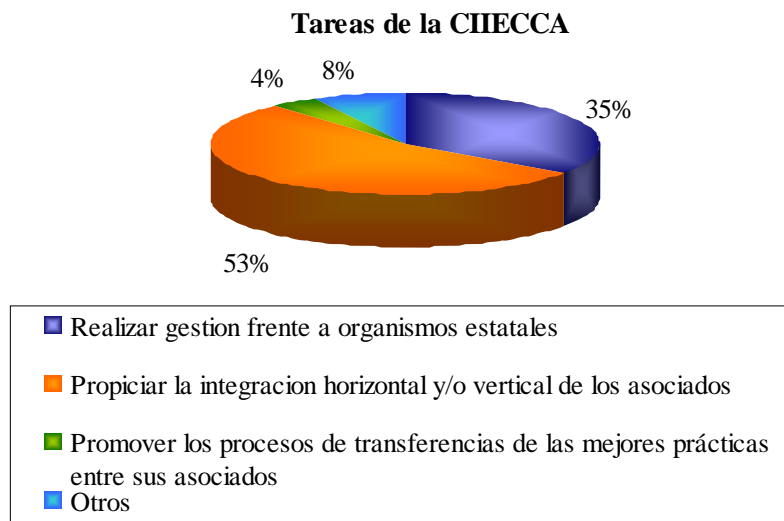


Figura 2: Tareas que desarrolla la CIIEECCA

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a estos resultados y, teniendo en cuenta que un alto porcentaje consideró que el propiciar la integración horizontal y vertical de los asociados constituye la principal tarea que desarrolla la CIIEECCA, se investigó acerca de la influencia que tiene esa integración entre los socios de la CIIEECCA con respecto al aspecto de la exportación, pudiéndose, a través de esta alianza, facilitar el acceso a los mercados externos y beneficiarse de las ventajas que aporta el no hacerlo individualmente sino en conjunto como parte de un modelo asociativo, para obtener una mejor relación costo beneficio.

Para ello, en un primer paso, se analizaron porcentajes de las empresas asociadas que exportan su producción y en qué condiciones lo hacen. De lo relevado, se concluyó tal y como se detalla en la figura 3, que el 47% de las empresas exporta su producción. De ellas, solo el 12% lo realiza asociado a otras empresas, las cuales pueden o no pertenecer a la CIIEECCA, mientras que el 35 % restante lo hace en forma individual. Por otro lado, se constata que el 53% de los asociados no exporta su producción.

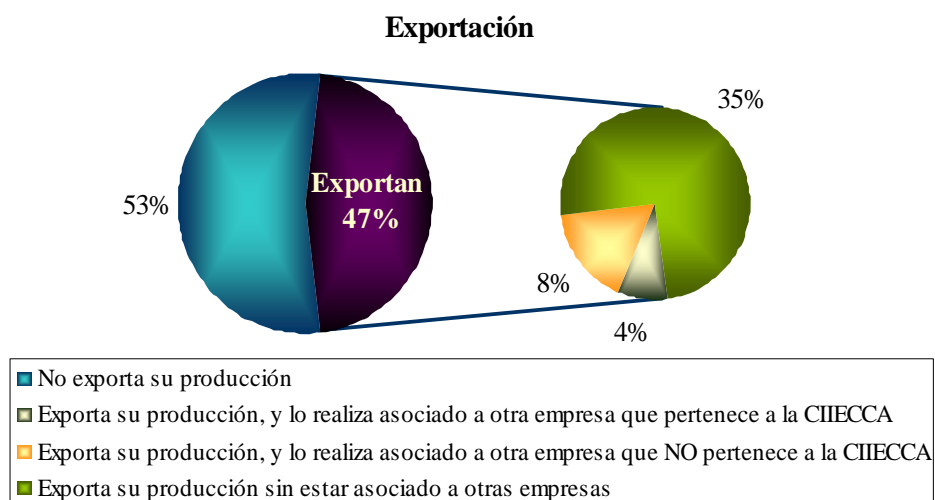


Figura 3: Exportación

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el objetivo de este trabajo es evaluar la importancia del asociativismo para el desarrollo local sustentable y que el tener facilidad de acceso a mercados extranjeros ayuda en gran medida a la consecución de tal fin, se evaluó las opiniones de los entrevistados respecto al asociativismo, como un factor crítico de éxito.

Para ello se consideró tres grandes grupos: el primer grupo corresponde a aquellas empresas que no exportan su producción (53% de los asociados), el segundo grupo está formado por las empresas que exportan su producción y lo hacen asociadas a otras empresas, pertenecientes o no a la CIIEECA (12%), en tanto que al tercer grupo lo constituyen las empresas que exportan su producción y lo hacen individualmente (35%).

Por otro lado se propuso una lista de factores considerados como relevantes para conducir al éxito empresarial, entre los que se encuentra el asociativismo y se analizó las opiniones de los entrevistados respecto a esos factores con relación a la exportación.

Del análisis de los resultados se concluyó que, de las empresas que exportan toda o parte de su producción asociadas a otras empresas (12%), grupo 2, aproximadamente el 67 % considera al asociativismo como un factor clave de éxito. En tanto que del 35%, correspondiente a las empresas que exportan su producción, y lo hacen sin estar asociada a otra/s empresa/s, grupo 3, solo el 2% considera al asociativismo como un FCE. Sin embargo, del 53%, correspondiente a las empresas que no exportan su producción – ni parte de ella – (grupo 1), el 71% considera al asociativismo como un factor relevante para alcanzar el éxito empresarial.

Estos resultados tienen que ver también con la necesidad de cada entidad asociada, ya que en el primer grupo (empresas que no exportan su producción en este momento), un gran porcentaje ve al asociativismo como un medio para abrir puertas y poder exportar en un futuro. En tanto que el bajo porcentaje en las empresas que constituyen el tercer grupo (empresas que exportan individualmente), se sustenta en el hecho de que ya están exportando, por lo que no necesitan el ingreso al mercado extranjero, y que están conformes con las condiciones en las que lo hacen. Mientras que las empresas del segundo grupo (exportan asociadas a otras empresas), la mayoría ve al asociativismo como un FCE, ya que ven resultados concretos de los beneficios en la relación costo- beneficios.

Desde otro punto de vista y tomando al asociativismo como un FCE dentro de otros más, se consideró relevante para este trabajo, indagar también, acerca de cómo califican las empresas que integran la CIIEECA al asociativismo como FCE dentro de los distintos factores de éxito considerados, estableciendo un orden de importancia.

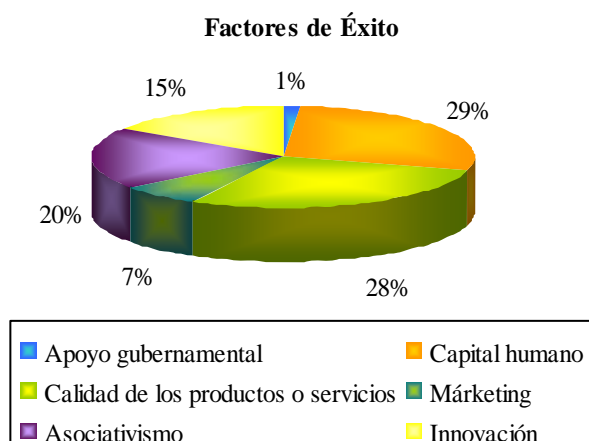


Figura 4: Factores de Éxito

Fuente: Elaboración propia

En referencia a ello, y desde una perspectiva general que involucra a todos los sectores, se puede ver en la figura 4 la opinión sobre los beneficios que los distintos factores considerados en este trabajo aportan a la consecución del éxito en sus empresas. En este sentido, se considera más importante como clave del éxito el capital humano y la calidad en los productos o servicios, con un 29% y un 28% respectivamente, siguiéndole en orden de importancia se encuentra el asociativismo con un 20%, y la innovación con un 15%, y en menor proporción, el marketing con un 7% y el apoyo gubernamental, con tan solo el 1%.

Con respecto a lo anterior, y reforzando estos resultados se puede observar en la figura 5 que, independientemente de cada sector, el asociativismo ocupa un tercer lugar en el orden de importancia, es decir, que es considerado un factor importante para la consecución del éxito, si bien, para las empresas pertenecientes al sector electrónica y de comunicaciones, el factor más importante es el capital humano, en tanto que la calidad de los productos y servicios es el factor clave para las empresas dedicadas a la informática.

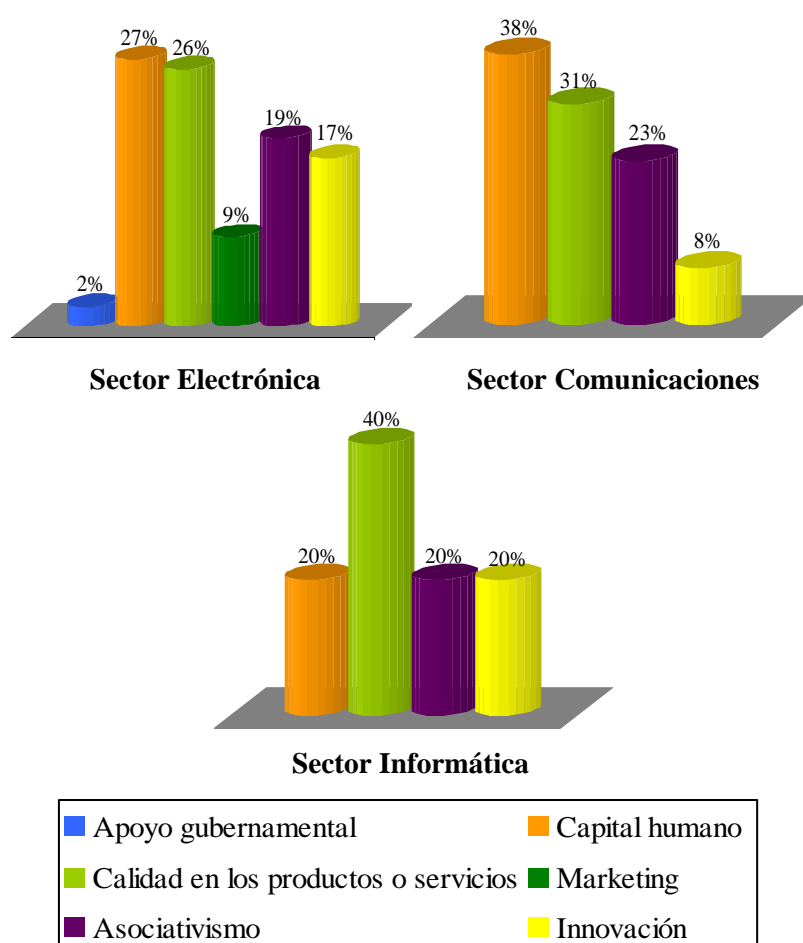


Figura 5: Valoraciones respecto al asociativismo discriminado por sector empresarial
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se realizó el mismo cuestionamiento pero esta vez considerando la envergadura de las empresas asociadas, para ello se las clasificó en tres grandes grupos, el primero, correspondiente a las empresas con menos de 10 empleados, el segundo con un número superior a 10 empleados e inferior a 50 empleados, y un tercer grupo a aquellas empresas que tienen más de 50 empleados. Los porcentajes correspondientes a esta clasificación se pueden apreciar en la figura 6.

CANTIDAD DE EMPLEADOS

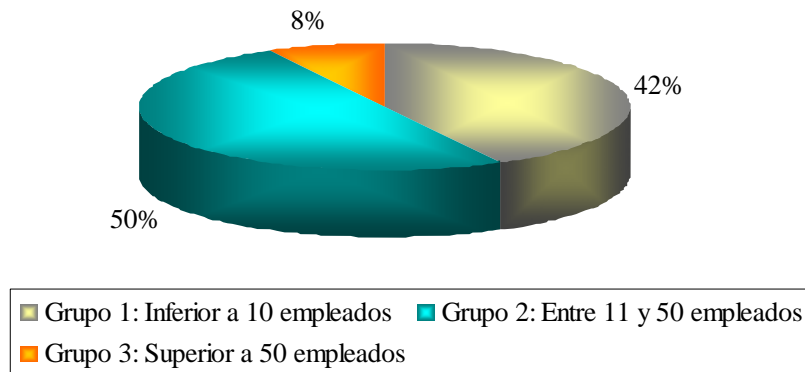


Figura 6: Clasificación según la cantidad de empleados que poseen
Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se indagó acerca de las opiniones de los entrevistados de los tres grupos respecto al asociativismo como FCE, intentando efectuar nuevamente un ordenamiento de niveles de importancia.

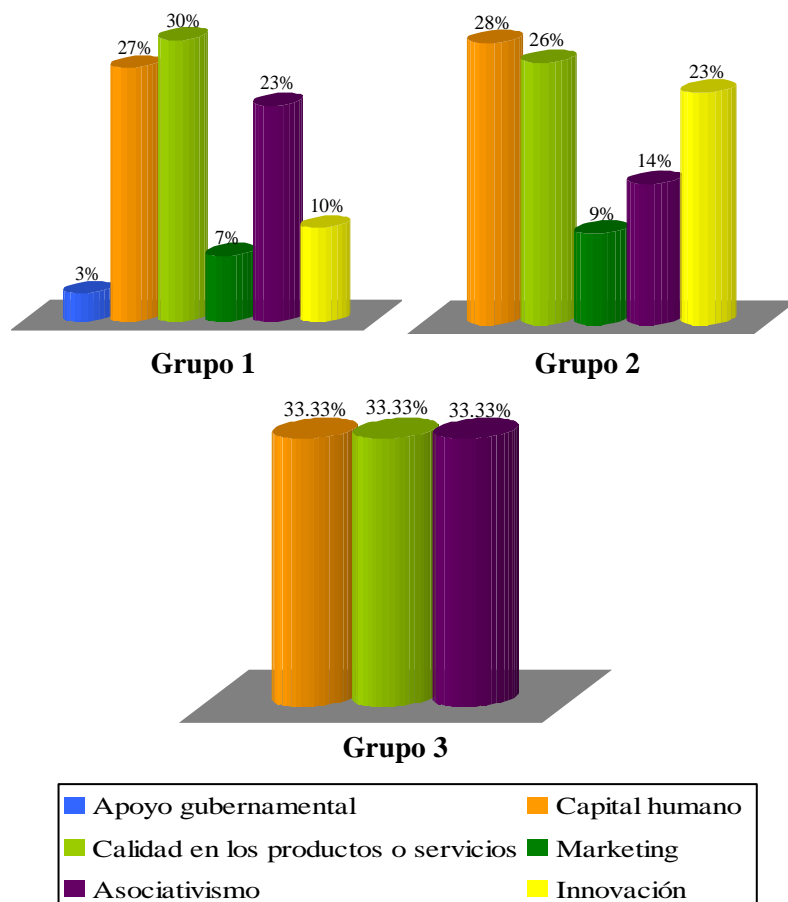


Figura 7: Valoraciones respecto al asociativismo discriminado grupo.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que en las empresas pertenecientes al grupo 1, el asociativismo es considerado un importante FCE, ocupando un tercer lugar en la escala de ordenamiento. Desde otro punto de vista, si se evaluara sobre el total de las empresas de este grupo cuantas consideraron como un FCE al asociativismo, se puede observar que se alcanza el 64%. Esto puede explicarse en que, mediante la integración con otras empresas los pequeños emprendimientos pueden ampliar sus actividades y sus horizontes comercial y exportador, accediendo a oportunidades a las que, por su escasa dimensión, no tendrían acceso por sí solos.

Se observa también en la figura 7, que el asociativismo ocupa un cuarto lugar en la escala de ordenamiento para las empresas del grupo 2 (empresas que poseen entre 11 y 50 empleados). En este caso, además se puede afirmar que solo el 38% ve al asociativismo como un FCE. Este hecho puede sustentarse en que este tipo de empresa ya ha superado su etapa inicial, está en pleno funcionamiento y si bien en un futuro posiblemente planea asociarse a otras empresas con el fin de ampliar sus horizontes, actualmente solo se enfoca en la actividad que está desarrollando. Para este tipo de empresa el factor más preponderante es el capital humano.

Las empresas del grupo 3 solo consideran tres FCE, para este tipo de empresas el asociativismo adquiere igual importancia que la calidad de los productos y servicios y el capital humano. Por otro lado, también se puede apreciar que el 100% de las empresas del grupo 3, es decir aquellas que cuentan con más de 50 empleados, contemplan al asociativismo como un FCE. Son empresas que ya cuentan con una trayectoria reconocida y experiencias en las que el asociativismo les ha aportado grandes beneficios, como por ejemplo en la integración productiva con sus proveedores.

4. Conclusiones

En el contexto actual, las pequeñas y medianas empresas juegan un importante rol en cuanto al desarrollo de las economías regionales y en la generación de empleos, no obstante es bien sabido que son las grandes firmas las que, gracias a su dimensión y posibilidades, fijan precios y condiciones en base a sus estructuras de costo y beneficios, haciendo cada vez menos viable, para las primeras, mantenerse y subsistir en el mercado.

Esta situación está obligando a las PyMEs a enfrentarse con la necesidad de replantear su funcionamiento y empezar a percibir a la asociatividad como una de las alternativas válidas y necesarias para poder competir contra las grandes empresas y lograr un desarrollo sostenido y mejor posicionamiento en el mercado.

El asociativismo significa aliarse para poder alcanzar una meta en común. Esa alianza permite potenciar las capacidades individuales, permitiendo comprar, conseguir financiamientos, negociar con bancos tasas de interés con una mejor relación costo beneficios. No obstante lo expresado precedentemente es necesario mencionar que a pesar de las bondades de esta nueva modalidad de cooperación, su viabilidad, se ve limitada por algunos factores propios del ambiente donde se desarrolla. Uno de los más importantes es la falta de cultura asociativa en los pequeños empresarios que tradicionalmente han desarrollado un espíritu competitivo y no de cooperación.

Para finalizar, podemos reconocer a los esquemas asociativos tales como la CIIECA, como una forma de facilitar el desarrollo de las ventajas competitivas de cada uno de los integrantes, contribuyendo a su sostenibilidad conjunta y potenciando su desarrollo y crecimiento.

En la práctica, estimamos que para lograr una implementación exitosa y el logro de los objetivos esperados, se requerirá de un esfuerzo significativo tanto por parte de los actores directos como de las instituciones intermedias relacionadas, así como también por parte del Estado en lo atinente a su apoyo y regulación.

5. Referencias

- [1] ESTRADA BÁRCENAS, R; GARCÍA PEREZ DE LEMA, D; SANCHEZ TREJO, VG. (2009). Factores determinantes del éxito competitivo en la PyME: Estudio Empírico en México. *Revista Venezolana de Gerencia*. Maracaibo, Venezuela. v.14 n.46 p. 169 – 182. Versión impresa ISSN 1315-9984.
- [2] BARNEY, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, Texas, EEUU. V. 17, n 1 p. 99-120.
- [3] PENROSE, E. (1959). The theory of the growth of the firm. New York. John Wiley & Sons.
- [4] GIL, I, M. E IBARRA, S. (2014). Incidencia del liderazgo en los factores críticos del éxito como estrategia competitiva empresarial. *Revista Dimensión Empresarial Colombia*. v. 12, n 2, p. 117-126.
- [5] TAVELLA, M.; GONZÁLEZ, G; MIROPOLSKY, A. (2008). Los Parques Industriales como Estrategia para el Desarrollo Sustentable en Ciudades de la Provincia de Córdoba. En DELGADINO, F.A. *Municipios y Servicios Públicos: Herramientas para el Desarrollo*, Coord. FCEfYN U.N.C. Córdoba. Argentina.
- [6] MIROPOLSKY, A; TAVELLA, M, GONZÁLEZ, G. (2010). Nueva metodología para la localización óptima de grandes plantas industriales bajo un criterio de sustentabilidad. Congreso Mundial y Exposición Ingeniería 2010 – Buenos Aires – Argentina.
- [7] Corporación Andina de Fomento – CAF (2007). Electrónica colombiana de clase mundial. Fortalecimiento del clúster de eléctricos y electrónicos. Colección PAC. Versión digital en www.caf.com/publicaciones
- [8] LOZANO MONROY, F. D. (2010). La asociatividad como modelo de gestión para promover Las exportaciones en las pequeñas y medianas empresas en Colombia. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia Y Seguridad*. Bogotá (Colombia). v.5. n 2. p. 161 – 191.
- [9] OLAVE GUTIÉRREZ, J. E. (2005). Propuesta de un modelo asociativo de gestión exportadora a partir del análisis del sector de confecciones del departamento del Atlántico. Pensamiento & Gestión. Colombia, Universidad del Norte. N 19. p. 141-199.
- [10] SURRACO, G. (2004). Las PyMEs argentinas y el apoyo estatal. *Anuario de investigaciones de la Facultad de Periodismo y Comunicación Social de la UNLP*. La Plata. Pág. 127 a 131. Disponible en: www.mp.gba.gov.ar. Fecha de consulta 17 de Junio de 2016.

- [11] BERENSON, M. L.; LEVINE, D. M.; KREHBIEL, T. C. (2006). *Estadística para administración*. Sexta Edición. México. Editorial Pearson Education Latinoamerica. 615.p.
- [12] HERNANDEZ SAMPIERI, R.; FERNANDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Cuarta edición. México. Editorial Mc Graw Hill. 600 p.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LA INDUSTRIA TEALERA

Posluszny, José Antonio, Facultad de Ingeniería. UNaM, posluj@fio.unam.edu.ar

Kolodziej Sebastián Federico, Facultad de Ingeniería. UNaM, kolodz@fio.unam.edu.ar

Posluszny, Lucio Héctor, Facultad de Ingeniería. UNaM, poslul@fio.unam.edu.ar

Resumen— La elaboración de té negro es una de las principales actividades industriales de la provincia de Misiones, concentrándose su producción principalmente en el departamento de Oberá. Existen gran cantidad de establecimientos industriales de diferentes tamaños y características, que llevan a cabo el proceso de obtención de té negro. Para llevar a cabo la elaboración, existe una primera transformación que incluye el marchitado, enlulado, la fermentación y secado de la materia prima proveniente de las plantaciones (yemas, hojas, pecíolos y tallos tiernos de Té). La segunda transformación comprende el despalado, desfibrado, tipificación y envasado en diversas formas. La información disponible si bien explica las etapas de transformación que son propias para el producto, difiere en cuanto a la tecnología que es utilizada en la industria. En este sentido es escasa la información. Por ello, el presente trabajo tiene por objetivo la descripción de la tecnología utilizada por un grupo de empresas para llevar a cabo la primera transformación. Para esto se ha utilizado la visita a distintos establecimientos que forman parte del Clúster del Té. Si bien todos los establecimientos industriales visitados siguen la secuencia del proceso para la obtención de té negro en rama, el equipamiento presenta diferentes características principalmente en etapas como el conservado, marchitado, el enlulado y el secado.

Palabras clave— *Té negro en rama, Equipamiento, Proceso.*

1. Introducción

La producción de té negro se da en la región nordeste de la provincia de Corrientes y en prácticamente todo el territorio de la provincia de Misiones, y en esta, el departamento de Oberá, que es la región central de la provincia, se produce la mayor concentración de la producción [1].

En los últimos años, desde el gobierno provincial y en conjunto con los distintos actores de la cadena productiva y distintas instituciones del medio, entre ellas las del ámbito académico, se han impulsado diversos estudios orientados al diagnóstico de la cadena productiva del té negro, con la finalidad de mejorar la competitividad de cada uno de los eslabones que componen la cadena productiva. En este sentido vale destacar que la cadena productiva se divide en cuatro eslabones. El primer eslabón de la cadena es la producción primaria, y se asocia con el cultivo de la planta de té (*Camellia sinensis*), la cosecha y transporte del brote de té desde el campo hasta el secadero. El segundo eslabón de la cadena está asociado con la industrialización de los brotes de té, donde mediante una serie de procesos u operaciones simples el brote de té verde se transforma en té negro seco. El tercer eslabón también se

asocia con la industria, pero en este caso con el proceso de tipificación o clasificación y la formación de los Blending (mezcla de partidas). El cuarto eslabón de la cadena se relaciona con las cuestiones referentes a la comercialización, transporte y mercados para el té negro [2].

En general todos los informes de publicados sobre el diagnóstico competitivo de la cadena tealera, se menciona la existencia de problemas en el control del proceso de transformación primaria, que se produce en la industria que en la provincia se conoce como secadero de té. En realidad en los documentos de diagnóstico, solo se habla de problemas de control y no se mencionan cuáles son los problemas del proceso, esto hace pensar que desde el punto de vista de la gestión de procesos productivos hay factores que no son tenidos en cuenta dentro de la industria tealera y que afectan la calidad final del producto y la competitividad del sector. Esto significa que existe una necesidad imperiosa de incursionar o bien llevar adelante un diagnóstico de lo que sucede dentro de la industria tealera (secadero de té).

En este contexto es importante tener en cuenta que en la producción de té negro, existen distintos factores que influyen en la producción y por lo tanto afectan el producto final. Factores como proceso sin las especificaciones adecuadas, ineficiente uso de recursos, entre otros, llevan a generar desperdicios de materia prima, tiempo, energía, recursos involucrados en el proceso, que además de dar como resultado un producto con características alejadas de las condiciones de diseño, generan un costo adicional en el proceso de producción, haciendo poco competitivo el sector.

Sin lugar a dudas, cada uno de los eslabones de la cadena productiva es responsable de la competitividad total del sector tealero. Cada uno de los eslabones de la cadena tiene su responsabilidad en cuanto a la calidad del producto final. Sin embargo los dos primeros eslabones que son el cultivo, cosecha y transporte del brote y el del secado, son los que inician la formación del valor del producto, y están comprometidos con el manejo de la materia prima, la cual debe ser manipulada adecuadamente para conservar sus características de brote tierno y fresco desde el proceso de cosecha y hasta su inicio dentro del proceso de secado. Lo mismo ocurre con las distintas operaciones que se producen dentro de la planta industrial donde se elabora el Té Negro.

1.1 Elaboración de Té Negro

En la industria tealera se produce la elaboración del Té negro, y en la misma se desarrollan operaciones mecánicas combinadas o alternadas con reacciones químicas y enzimáticas y un proceso final de secado. Desde un punto de vista práctico el proceso que se lleva adelante en un secadero de té negro, está compuesto por las operaciones conocidas como: conservado, marchitado, enrulado, fermentado y secado. Si bien la elaboración de Té negro es un proceso simple, se debe realizar considerando diversos factores que pueden afectar la calidad del producto final. Las operaciones que se deben llevar adelante dentro del secadero de se te muestran en el diagrama de flujo de la figura 1.

Los brotes de Té que ingresan a la planta industrial deberían ir directamente al proceso de marchitado, sin embargo esto es bastante difícil de lograrlo debido a que los mismos ingresan a la planta por lotes y en horarios discontinuos, por ello en los secaderos de té se incorpora una operación destinada a conservar los brotes de té. En este sector la materia prima (brotes de té) se debe disponer bajo una distribución uniforme en su espesor para asegurar una correcta aireación y mantener los brotes frescos sin que se produzca el ardido de los mismos.

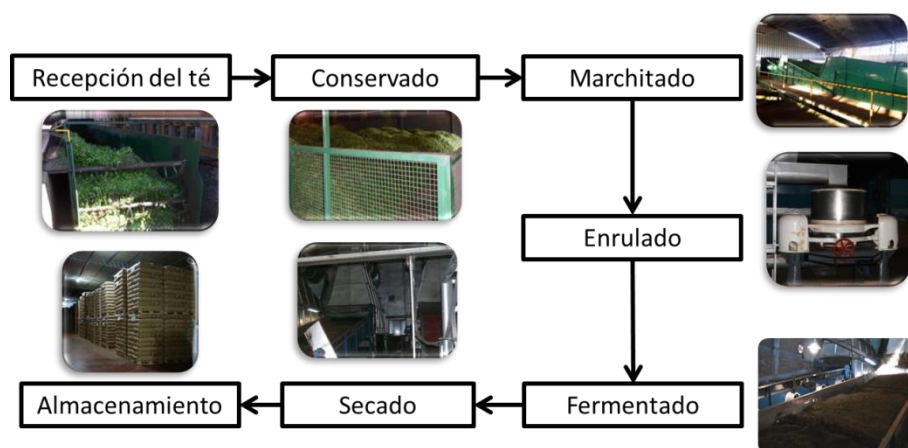


Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de secado del Té

La operación de marchitado tiene por objetivo la deshidratación parcial de los brotes de té. Este proceso se realiza en artesas, tambores, túneles o marchitadoras mecánicas continuas donde la permanencia del brote de té va desde las 12 a las 18 horas dependiendo del tipo de tecnología utilizada. En todos los casos se inyecta aire a temperaturas inferiores a los 36°C.

La operación de enrulado, consiste en torsionar y cortar los brotes de té con la finalidad de romper las células del brote, y así liberar ciertos componentes químicos, los que al tomar contacto entre sí, y con el oxígeno del aire desarrollan las cualidades propias del té negro. En la industria este proceso se realiza mediante maquinas conocidas como enrolladoras de las cuales existen distintos niveles de desarrollo tecnológico.

La fermentación en sí, es un proceso de oxidación debido a la combinación del oxígeno del aire con los componentes enzimáticos del brote de té, confiriéndole las características de sabor y aroma adecuados. Esta operación se suele hacer en artesa (bandejas) o en cintas continuas.

Luego de que se hayan obtenido las características adecuadas de fermentación la materia prima pasa al proceso de secado que tiene por finalidad detener el proceso de fermentado y deshidratar el producto para conservar su calidad. La operación de secado se realiza en hornos de cinta del tipo continuo y a temperaturas inferiores a los 100°C. En el proceso de secado se produce la deshidratación de la materia prima a valores aproximados del 3% al 4% en el producto final.

En las industrias que no cuentan dentro de su proceso las actividades del cuarto eslabón de la cadena productiva el té seco elaborado es almacenado a granel a la espera de los procesos de tipificado y elaboración de mezclas para su venta.

En este trabajo se presenta un estudio descriptivo y comparativo de los procesos de transformación que se dan en un par de industrias de la región central de la provincia de Misiones, en este caso se procedió a analizar cada una de las etapas del proceso respecto a las consideraciones y/o recomendaciones para cada una de ellas para producir un producto de buena calidad.

2. Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo tomando de referencia las tecnologías y procedimientos establecidas por Normas IRAM y Buenas Prácticas de Manufactura para la industria del Té, desarrolladas

por expertos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) del Centro Regional Misiones, Cerro Azul.

Se realizaron visitas a dos establecimientos productores de té, ambos localizados en el departamento Oberá, pero en distintos municipios. Por razones de confidencialidad no se darán mayores datos respecto a los nombres y localizaciones de los mismos, sino que para identificarlas se dará el nombre genérico de Industria “A” e Industria “B”.

Vale destacar que ambas industrias, como la gran mayoría de los establecimientos de la región, tienen como destino de sus productos la exportación a distintos países. La industria “B” tiene certificaciones de calidad, medio ambiente e higiene y seguridad, como así también certificaciones internacionales como la Rainforest Alliance.

Las visitas fueron realizadas entre los meses de Abril y Mayo, periodo en el que la zafra de té es menor ya que está en su etapa de culminación, hasta que vuelve a brotar en Octubre – Noviembre. Esta situación si bien no permitió ver la producción en su máximo nivel, si posibilitó tener un mayor acceso a los distintos sectores y a las distintas maquinarias utilizadas ya que algunas incluso se encontraban en mantenimiento.

En cada visita se relevaron datos de la tecnología utilizada y las metodologías de trabajo de cada etapa, para posteriormente compararlos entre sí y con la bibliografía de referencia.

3. Resultados y Discusión

En los siguiente subapartados se describe cada una de las etapas del proceso haciendo referencia a lo establecido por la bibliografía y los datos relevados de las industrias visitadas.

3.1 Recepción de los brotes de té verde

El sistema de recepción ha sido modificado con el tiempo. Anteriormente el mismo era transportado en camiones donde el producto era almacenado en bultos comúnmente denominadas ponchadas. En los últimos años, debido a la mecanización de los sistemas de cosecha, se realiza una carga directa de los camiones, almacenando el producto en forma a granel, en este caso en los camiones también adaptados para este tipo de transporte, denominados camiones jaula.

Estos cambios llevaron a modificar el sistema de recepción en los secaderos, donde anteriormente la descarga se hacía de manera manual por los operarios, mientras que actualmente se utilizan cintas que con una mínima intervención de operarios permiten una rápida descarga de la materia prima. En la figura 2 se observan el sistema de descarga en el secadero “B”.

La descarga del camión se realiza en una tolva, la misma en su fondo posee una cinta transportadora de velocidad variable que comunica el sector de recepción con el de conservado. En general este sistema es utilizado por los dos secaderos visitados. En la figura 3 se presenta la tolva de descarga.



Figura 2: Sistema de descarga. Industria "B"



Figura 3: Tolva de recepción Industria "A"

3.2 Conservado

Esta etapa tiene como principal objetivo conservar las propiedades intrínsecas de los brotes mientras los mismos esperan para ingresar al proceso productivo. Para ello los mismos son depositados en una superficie ventilada, por la misma circula aire a temperatura ambiente con el fin de que los brotes del té no sufran modificaciones químicas.

Uno de los requisitos establecidos por las normas para el sector de conservado, es que todos los equipos utilizados durante la elaboración de té negro, deben estar diseñados y contruidos de modo de asegurar su higiene y permitir su fácil limpieza y desinfección.

Se pudo observar que la superficie de almacenamiento en ambas industrias para el sector de conservado si bien el material en ambos casos era madera dura, el diseño era diferente.

Para la industria "A", la superficie está conformada por tablas de madera de 250mm de ancho dispuestas una al lado de otra, sin ningún tipo de separación; dichas tablas tienen perforaciones de aproximadamente unos 10mm, separadas entre sí unos 50mm. Dichas perforaciones posibilitan el paso de aire por debajo para mantener el brote en condiciones adecuadas (figura 4).

En la industria "B", la superficie donde se deposita el brote verde está conformada por tablones de madera de 75 mm de ancho, que se encuentran separadas entre sí unos 10 mm, con el mismo objetivo de posibilitar el paso del aire, figura 5.



Figura 4: Superficie de Conservado, Industria "A"



Figura 5: Superficie de Conservado, Industria "B"

La superficie en la Industria “A” permite una distribución más uniforme del aire, aunque como se puede observar, hay varios orificios tapados, lo que reduce la eficiencia del sistema, además da cuenta de una falta de limpieza o mantenimiento de las condiciones de higiene.

La superficie en la Industria “B”, da cuenta de una distribución menos uniforme del aire, ya que el brote asentado sobre las tablas no recibiría aireación. Por otro lado, se pudo comprobar que la separación entre tablas posibilitaba la caída de partes de hoja, brotes o palitos por debajo de este entre piso, generando la necesidad de que un operario deba entrar para retirar el producto caído ya que el mismo con el paso del tiempo puede descomponerse y generar contaminación o resecarse e incrementar el riesgo de incendio.

3.3 Marchitado

Esta es la primera operación del proceso para la obtención de té seco y básicamente consiste en la deshidratación del brote de té.

Es la operación en la cual se inyecta aire a temperatura ambiente o ligeramente calentado al lecho del material para reducir el contenido de humedad del brote. Esta operación tiene por objetivo acondicionar al material para la etapa siguiente que es el enrollado. El nivel de marchitado es aceptable cuando el nivel de deshidratación oscila entre el 65 al 70%, lo cual significa que 100kg de brote verde, se reducen entre 65 a 70kg de brote marchito. Según De Bernardi y Prat Kricun, [3] un marchitado con una humedad superior al 70% va a restar eficiencia en los procesos siguientes llegando a comprometer la calidad en cuanto al aroma y sabor por la pérdida de una gran cantidad de jugos celulares del brote en el proceso de enrollado. Por el otro lado, un marchitado con humedades inferiores al 65% tiene como consecuencia el recalentamiento de los brotes en el proceso de enrollado, lo que provoca que en el proceso de fermentado no se logren los colores dorado o cobrizo característicos de este proceso.

En este sector se observan también grandes diferencias en cuanto a la temperatura del aire que se inyecta, las longitudes de las cintas transportadoras, el espesor de la capa de brotes sobre la cinta y el tiempo de permanencia del té. En este sentido, en los secaderos visitados se ha observado que el tiempo de permanencia varía entre 6 a 18 horas en algunos casos. La longitud y la cantidad de las cintas también es variable, en uno de los secaderos se contaba con 4 etapas de 10 metros cada una, totalizando un total de 40 metros, mientras que en el otro el marchitado se hace en 3 etapas de 7 metros cada una.

Con respecto al espesor de la capa de té sobre la cinta de marchitado, se recomienda que la misma no sea superior a los 30 cm para asegurar la aireación de la materia prima. En general, en los secaderos visitados la capa del brote superaba este valor, llegando hasta los 40 cm.

En cuanto a la temperatura, si bien se recomienda que la misma sea temperatura ambiente o ligeramente calentado, no superior a los 35°C, y ligeramente superior cuando el brote se encuentra con mucha agua superficial por rocío o por lluvia. En una de las plantas visitas el aire inyectado se encontraba a 60°C.



Figura 6: Té distribuido sobre la cinta de Marchitado

3.4 Enrulado

El objetivo del enrulado es la ruptura y distorsión de los brotes de manera que se formen rulos para permitir el contacto de enzimas y sustrato con el oxígeno. Este se lleva a cabo mediante equipos enruladores cuya clasificación depende del grado de ruptura al que somete las células del brote verde [4].

Procesos CTC (Crushing, Tearing y Curling). La máquina cuenta con un sistema especial de cilindros que muelen, fragmentan y enrulan las hojas.

Proceso Legg-cut, sin marchitado. La hoja verde es pasada por una máquina que la corta en fragmentos pequeños.

Proceso LTP. La máquina produce una laceración a la hoja marchita mediante cuchillas de acero inoxidable.

Proceso Ortodoxo. En este proceso las hojas son marchitadas, enruladas en una máquina discontinua, fermentadas y secadas antes de ser clasificadas por tamizado.

Proceso rotorvane. En este proceso la hoja marchita es molida para romper más efectivamente las células que en el proceso anterior y acelerar la fermentación, constituyendo un proceso continuo.

En los secaderos visitados se pudo observar un sistema mixto entre el proceso ortodoxo y el rotorvane como se puede observar en las figuras 7 y 8.



Figura 7: Enrulado en la Industria “A”



Figura 8: Enrulado Industria “B”

Las Enruladoras utilizadas son de doble acción que se componen de un cilindro que contiene el brote de té, y una base que posee unas nervaduras que ofician de freno para que se logre el enrulado de los brotes. Se denominan de doble acción, porque el cilindro gira en un sentido y mientras que la base lo hace en el sentido opuesto.

En cuanto a los rotorvane, la molienda de la hoja enrollada se produce por el contacto entre los dientes fijos y móviles de la máquina, teniendo la misma dos etapas, una molienda gruesa y una más fina. La primera confina el producto por espacios relativamente gruesos, en donde puede pasar con relativa fluidez realizando la primer etapa; y luego lo recibe una segunda máquina que realiza el mismo proceso a través de un espacio más estrecho, completando el desgarramiento necesario.



Figura 9: Rotorvane

Ambos secaderos tenían en funcionamiento 4 enrolladoras. La diferencia entre los secaderos se da en el tiempo de residencia del té en las enrolladoras. En el primero de los secaderos la alimentación y salida del té de la máquina era continua, mientras que en el segundo se carga cada máquina enrolladora y después de un tiempo de 15 minutos se descarga y vuelve a cargar, constituyendo un proceso discontinuo. En este último un operario se encarga de controlar y realizar la carga y descarga de las enrolladoras y asegurar una alimentación continua del proceso siguiente.

3.5 Fermentado

Su objetivo es producir cambios químicos en los constituyentes de las hojas por oxidación o pardeamiento enzimático (fermentación). En esta etapa el color cambia de verde a cobrizo y los polifenoles se oxidan y condensan. Para esto se realiza una exposición al aire bajo condiciones de temperatura y humedad controladas a través de bandejas o cintas de fermentado continuo [5].

Cada Rotorvan descarga su flujo de producto en una cinta, en donde es dispersado uniformemente con un tornillo sin fin logrando que se forme una capa de 10 a 15cm de té. Sobre esta cinta se produce el proceso de fermentado propiamente dicho.

En esta etapa se debe trabajar con una humedad de entre 95% y 100% y se debe reducir la temperatura a aproximadamente entre 25 a 30°C, por lo que debe ser un espacio de ambiente controlado que permita regular estos parámetros (temperatura y humedad) [6].

En la industria “A”, el proceso de fermentado se encuentra expuesto al aire libre, de manera que no hay ningún sistema que controle la temperatura y humedad; solamente se cuenta con unos ventiladores que permiten insuflar aire por debajo de las cintas como para reducir las temperaturas aunque sin ningún tipo de registro de los valores existentes figura 10.

En la Industria “B” se contaba con un sector cerrado en el que se mantenía a temperatura y humedad controladas (Figura 11).

En ambas instalaciones industriales, el tiempo de permanencia de brote en proceso es de una hora.



Figura 10: Fermentado en la Industria “A”

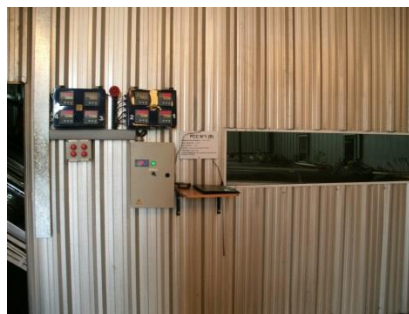


Figura 11: Fermentado Industria “B”

3.6 Secado

El objetivo del secado es detener el pardeamiento enzimático (fermentación) y deshidratar el producto para conservar su calidad en el almacenamiento. En esta etapa la humedad se reduce de un 65% a aproximadamente 3 a 4%, el producto adquiere su apariencia y color característicos, una parte de los azúcares se caramelizan y los polifenoles sufren epimerización. Esto se realiza mediante una exposición a una corriente de aire caliente dentro de un secadero por un determinado tiempo. Las condiciones que requiere el secado se resumen a continuación:

- La temperatura de entrada del aire en el horno no debe sobrepasar los 120°C. Superar este límite, aún por períodos cortos, otorga al té un aroma y un gusto a tostado o hasta quemado. Son desaconsejables las temperaturas inferiores a 80°C, pues el té secado en estas condiciones, difícilmente conserva la calidad.
- La temperatura de salida del aire en el horno, que coincide con la temperatura de entrada del té, no debe ser inferior a los 52°C. Esta es la temperatura mínima requerida para que el proceso de fermentado se detenga.
- La duración del secado oscila entre 30 y 40 minutos. Es importante no superar el tiempo establecido, ya que un secado muy prolongado elimina los componentes volátiles, responsables del aroma del té.

En general en ambas industrias se contaba con sistemas de secado semejantes. El mismo se realiza en hornos (figura 12), en los cuales el té ingresa por la parte superior mediante la cinta transportadora. Dentro del horno el té se deposita en bandejas (420 bandejas individuales) que circulan dentro del horno por 4 niveles superpuestos, y el aire caliente se insufla de abajo hacia arriba (figura 13).



Figura 12: Horno de secado



Figura 13: Disposición de las bandejas en el horno

4. Conclusiones y recomendaciones

El estudio realizado permitió determinar las tecnologías y procedimientos que siguen las industrias tealeras de la región para llevar a cabo el proceso de secado, y su relación con las técnicas propuestas por distintos expertos en el tema.

En general, en los secaderos analizados se puede observar que no se respeta estrictamente la metodología establecida por los distintos procedimientos y recomendaciones y si bien se sigue la secuencia de actividades para la elaboración de té negro, la tecnología utilizada por los distintos establecimientos productivos varía entre ellas.

La etapa de Recepción y las de Secado, en general, para los dos secaderos analizados no existían grandes variantes al menos con respecto a la tecnología, aunque sí en cuanto a los tamaños de diseño.

El Conservado presentaba diferencias en cuanto a la superficie sobre la que se depositaba la materia prima, el sistema utilizado en el secadero “A”, en primera instancia pareciera ser mejor que en el “B”.

En el Marchitado las diferencias se daban principalmente en las dimensiones de las cintas sobre las que se depositan los brotes.

Con respecto al Enrolado, si bien las máquinas eran semejantes en cuanto a su diseño y forma de operación, ya que en ambas industrias se trataba de Enroladoras de doble acción, la alimentación y el periodo de permanencia dentro de la máquina difería, siendo el de la industria “B”, un sistema discontinuo el que aseguraba una mayor uniformidad en el enrolado del brote de té. Por otro lado el picado en la Rotorvane era semejante en ambas industrias.

En el Fermentado es quizás la etapa donde se encontraban las mayores diferencias, ya que siendo un ambiente donde el proceso requiere que se mantengan determinadas condiciones de temperatura y humedad, esto solo se cumplía en el secadero “B”, siendo prácticamente inexistente en el “A”.

Del análisis se desprende que existen notables diferencias en la tecnología y procesos seguidos en la elaboración de té negro. Si bien solamente se han tomado en consideración dos secaderos, el objetivo es seguir trabajando en el análisis de los distintos procesos de estas y de

otras instalaciones industriales, a los efectos de contar con un mejor estado del arte del sector industrial dedicado a la elaboración de té negro.

5. Referencias

- [1] Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Secretaría de Política Económica. (2009). Programa de Competitividad Norte Grande. *Plan de Competitividad Conglomerado Productivo Tealero de la Provincia de Misiones*. Buenos Aires.
- [2] IPEC. (2014). *Análisis sectorial N°2: Té*. Posadas, Misiones. Departamento de PBG.
- [3] DE BERNARDI LUIS ALBERTO, PRAT KRICUN SERGIO DANTE V. (2001). *Cadena Alimentaria del Té. “Camellia sinensis”, Diagnóstico de la Región Tealera*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Buenos Aires.
- [4] PRAT KRICUN SERGIO DANTE. (2007), *Té Negro. Guía de aplicaciones de Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura*, Cerro Azul: INTA
- [5] NORMA IRAM 20650-3 Té negro (2009). Buenas Prácticas de Manufactura. Recomendaciones sobre la elaboración.
- [6] ORTT, DANIELA. (2009). *Guía para la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura en Té Negro*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires.



DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.

Couselo Romina Evelin, Facultad de Ingeniería U.N.L.P.,

romina.couselo@ing.unlp.edu.ar

García Boero Virginia, Facultad de Ciencias Económicas U.N.L.P.,

vir.garciaboero@gmail.com

Pendón Manuela Mercedes, Facultad de Ingeniería U.N.L.P.,

manuela.pendon@ing.unlp.edu.ar **Williams Eduardo Ariel**, Facultad de Ingeniería

U.N.L.P., williams@ing.unlp.edu.ar

Resumen— Es importante que las PYMES cuenten con estrategias financieras que le permitan lograr sus objetivos. La inversión y financiamiento en bienes de capital y en I+D y la innovación son los principales motores de la productividad y el crecimiento. Con la tecnología en el centro de todos los procesos, la innovación resulta clave para que las empresas resulten competitivas. La vinculación de la Universidad con las Pymes de la región es importante para poder ayudar a lograr sus objetivos. El trabajo tiene por objeto analizar la oferta por parte de organismos públicos y privados de incentivos o créditos para la inversión en bienes de capital y en I+D a Pymes de la región. Investigar sobre la accesibilidad al crédito de inversiones de bienes de capital y de I+D por parte de las Pymes. Por lo que se pretende mostrar la situación actual que atraviesan las Pymes de la región respecto a la inversión y financiamiento en bienes de capital y en investigación y desarrollo. Además se pretende realizar un documento de ayuda a las Pymes de la región con la información obtenida y analizada, sobre las diferentes oportunidades de acceso al crédito y formas de financiamiento. Para lograrlo se trabajó con información primaria, mediante encuestas a empresas de la región, e información secundaria: informes económicos y financieros públicos y privados.

Palabras clave— *Créditos, Financiamiento, Bienes de Capital, Investigación y Desarrollo.*

DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.

1. Introducción

La inversión y financiamiento en bienes de capital y en I+D y la innovación son los principales motores de la productividad y el crecimiento. Con la tecnología en el centro de todos los procesos, la innovación resulta clave para que las empresas resulten competitivas.

Los avances tecnológicos surgen de la innovación. Innovar es, por ejemplo, el proceso de inventar nuevos productos, mejorar los productos existentes y reducir el costo de producción de bienes y servicios. Investigación y desarrollo (I+D) es el término aplicado a los esfuerzos de los científicos, ingenieros y empresarios en desarrollar nuevos conocimientos y mejores formas de hacer las cosas.

La inversión en I+D implica elevados niveles de incertidumbre sobre los resultados y beneficios. Esto requiere de inversión de dinero y tiempo, que no constituyen un obstáculo para las empresas de mayor tamaño, pero sí para las pequeñas. Las restricciones en el acceso al financiamiento, por ejemplo, las solicitudes de garantías y las elevadas tasas de interés, también son barreras para la innovación e incorporación de conocimiento en las pequeñas empresas. Por el contrario, y a diferencia de las grandes empresas, las pymes aportan flexibilidad a los procesos de innovación mediante su estructura organizacional más maleable y capaz de responder rápidamente a cambios, la participación de sus trabajadores y la celeridad en la toma de decisiones.

Existen diferencias en la informalidad de implementación de las estrategias de innovación entre grandes y pequeñas empresas, así como entre diferentes sectores económicos. Por lo general, las empresas que operan en sectores intensivos en el uso del conocimiento, muestran un mayor grado de formalidad para poner en funcionamiento sus estrategias y un nivel de inversión en I+D más elevado y estable en el tiempo.

Un bajo nivel de interacción con sus pares, otras instituciones y actores, no ayudan a sus estrategias de innovación. Las pymes pueden acceder a estrategias de innovación formales a través de su vinculación con otros actores económicos, como por ejemplo grandes empresas, cámaras u organismos que las agrupan, Universidades, entre otras. La vinculación de la Universidad con las Pymes de la región es importante para poder ayudar a lograr sus objetivos.

Es importante destacar que al brindar una posibilidad de financiamiento genuina, confiable y accesible a las empresas se genera una señal clara para el sector empresario que busca expandir su capital y mejorar sus capacidades. El financiamiento permite así la mejora en la producción y en la productividad, expandiendo la inversión. A su vez, esta acción repercute en el mercado de trabajo, ya que el crecimiento de la empresa va acompañado con el aumento de la cantidad y necesidad de trabajo.

2. Materiales y Métodos

El presente trabajo se divide en dos partes: En la primer parte se expone el tema de la innovación en América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay. Se trata de un trabajo explicativo con información secundaria obtenida de informes y trabajos de La CEPAL.

DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.

Se obtiene y analiza información acerca de la situación y el panorama que muestra el tema bajo análisis a nivel país y comparado con países de América Latina.

En la segunda parte se destaca el trabajo de campo realizado a las Pymes y asociaciones que agrupan a empresas de la región como la Unión Industrial del Gran La Plata (UIGLP), brindando información a nivel regional.

En esta etapa, se destaca la obtención de información primaria mediante una encuesta de elaboración propia realizada a 165 empresas Pymes de la zona de La Plata, Berisso, Ensenada, Avellaneda, Berazategui, Florencio Varela, Magdalena y Quilmes.

Sobre la población de Pymes de la región, se obtiene una muestra no probabilística. Se divide a la población en zonas geográficas, luego de cada zona se separa a las Pymes por sector (primario, secundario y terciario) y luego dentro de cada sector, en pequeñas y medianas empresas.

Se obtiene información acerca del conocimiento y utilización de las líneas de financiamiento por parte de las Pymes y la finalidad que tenían los créditos adquiridos por las Pymes encuestadas y representativas del sector bajo estudio.

Con información suministrada y analizada por la (UIGLP) y consultoras privadas, se realiza un análisis de la oferta de líneas de financiamiento que tienen las Pymes de la región acerca de inversión en bienes de capital y de I+D. Para lo cual se realizan entrevistas a la UIGLP aportando información acerca de las diferentes líneas de financiamiento más utilizadas por las Pymes de la región para inversión en bienes de capital y de I+D y aquellas líneas de financiamiento que fueron exitosas y duraron en el tiempo.

Las líneas de financiamiento que se tienen en cuenta para este trabajo son las pertenecientes al Ministerio de Producción de La Presidencia de la Nación; Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Presidencia de la Nación y del Consejo Federal de Inversiones (CFI).

Para poder realizar una conclusión sobre el tema, se toman algunas líneas de financiamiento representativas como ser: las del Ministerio de Producción de la Nación que se trabaja con las líneas: PAC emprendedores, PAC empresas, y que son las líneas más utilizadas y difundidas, que se encuentran la mayor parte del tiempo disponibles. De la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), se destacan las líneas FONTAR, FONSOFT Emprendedores. Y el Consejo Federal de Inversiones (CFI) que presenta una línea de financiamiento.

El período que abarca el trabajo es de septiembre de 2012 a marzo de 2016.

3. Resultados y Discusión

3.1. Actividades de innovación de las empresas de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay

Sobre la base de las últimas encuestas de innovación en varios países latinoamericanos, llevadas adelante por la CEPAL, se identifican algunos patrones comunes de comportamiento de las Pymes. La medición de los procesos de innovación en las empresas constituye un esfuerzo reciente en la región, que se lleva a cabo mediante las encuestas nacionales de innovación. A continuación se expone el análisis y caracterización de las principales actividades de innovación y difusión tecnológica de las empresas de América

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

Latina, sobre la base de las encuestas de cinco países (**Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay**).

Las encuestas de innovación de los países mencionados permiten identificar ciertos rasgos comunes de sus capacidades innovadoras, así como los principales resultados de esas actividades y los obstáculos que enfrentan.

En el siguiente gráfico se exponen la innovación en: Investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D internas), Adquisición de I+D (I+D externa), Adquisición de maquinaria y equipos relacionados con productos y procesos tecnológicamente nuevos o mejorados. (Bienes de Capital) de las empresas según su tamaño y sector de actividad.

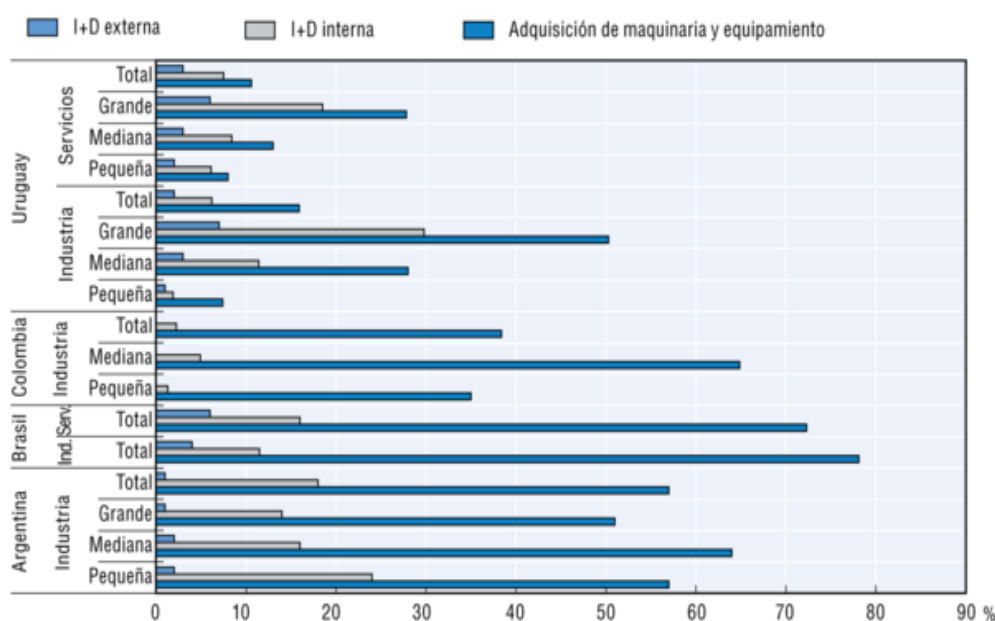


Gráfico 1: Inversión en bienes de capital e I+D según tamaño de las empresas y sector de actividad (en porcentaje de empresas innovadoras). Fuente: LA CEPAL

Hay una estrecha correlación entre el tamaño de las firmas y los resultados de las actividades de innovación: las Pymes obtienen rendimientos inferiores a los que obtienen las empresas grandes. La concentración en innovaciones marginales en productos, procesos y actividades de innovación incrementales produce un nulo o débil impacto en las posibilidades de acceso a los mercados internacionales. Esto se explica principalmente por la alta proporción de inversión en maquinarias y equipamiento por parte de las empresas latinoamericanas y la baja inversión en actividades de innovación de carácter radical, como la inversión en I+D. (Gráfico 2)

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

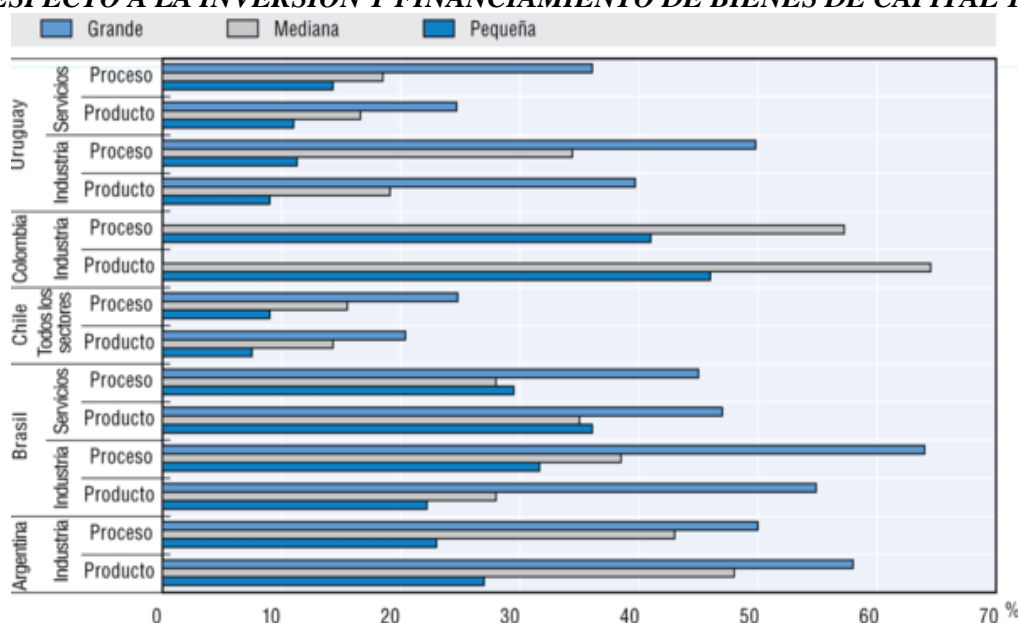


Gráfico 2: Resultados de la innovación según tamaño de las empresas y sector de actividad Fuente: La CEPAL

Las propias características de la innovación detraen las conductas innovadoras, especialmente de las Pymes. Los altos costos y riesgos de la innovación frenan o inhiben esta actividad, especialmente entre las Pymes y las empresas no innovadoras. En América Latina existen varios elementos comunes que obstaculizan la conducta innovadora. Entre estos, destacan la dificultad del acceso al crédito y la escasez de personal calificado, aspectos especialmente relevantes para las pymes y necesarios a tener en cuenta al diseñar y poner en vigor las políticas e instrumentos para la promoción de la ciencia, tecnología e innovación. El siguiente gráfico muestra los diferentes elementos que hacen que las empresas sean menos innovadoras.

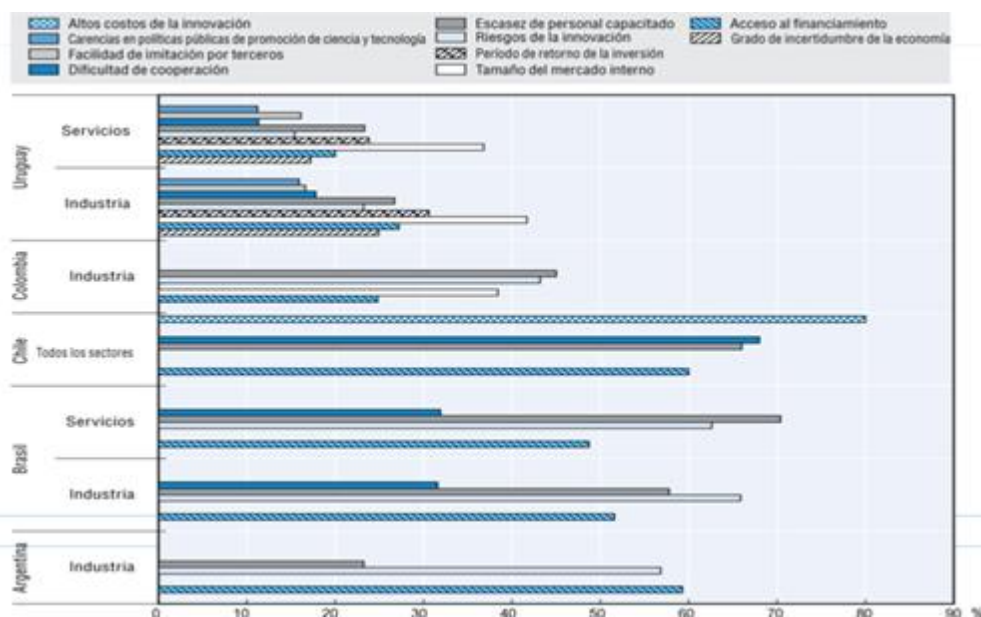


Gráfico 3: Obstáculos importantes a la innovación empresarial, por países y sector de actividad. Fuente La CEPAL.

DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.

Del gráfico 3 se desprende el análisis presentado por la CEPAL donde expone que: “las empresas no innovadoras argentinas califican a los costos elevados de la innovación 57%, los excesivos riesgos económicos de las actividades de innovación 55% y la falta de financiación 49% como los mayores obstáculos, lo que puede explicarse por su alta aversión al riesgo (Barletta, Robert y Yoguel, 2011). Los obstáculos a la innovación que enfrentan las empresas innovadoras de la industria brasileña son los altos costos 73% así como los riesgos elevados asociados a la innovación 66% y el poco acceso al financiamiento 52%. Las empresas del sector servicios identifican como sus principales obstáculos a la falta de personal calificado 70% y, al igual que las empresas de la industria brasileña, a los elevados costos de realizar innovaciones 72%, el alto riesgo asociado 63% y el restringido acceso al financiamiento 49% (IBGE, 2010). Los mayores obstáculos que presentan las pymes innovadoras colombianas radica en conseguir y capacitar capital humano 45%, los riesgos asociados a las actividades de innovación 43%, problemas organizacionales y de gestión 40%, problemas con la estructura y tamaño del mercado 38% y problemas de información relevantes en la innovación 37% (Gutiérrez, 2011).” [1].

En resumen, el análisis de las encuestas realizadas por la CEPAL de innovación dejar ver ciertas características comunes a las Pymes y los factores principales que obstaculizan sus actividades de innovación. Las Pymes introducen innovaciones de menor alcance en comparación con las empresas de mayor tamaño. En líneas generales destinan menos esfuerzo en inversión I+D y se enfocan más a la adquisición de bienes de capital. Los principales motivos por los cuales esto sucede se deben a los altos costos y riesgos asociados a la innovación así como también al escaso acceso al financiamiento. Estos resultados deben tenerse en cuenta para impulsar fomentar y apoyar a las empresas a invertir en innovación.

3.2. Las Pymes de la región de La Plata y alrededores. Inversión en bienes de capital y en I+D.

3.2.1. El acceso al financiamiento por parte de las Pymes de la región.

Del estudio y análisis de investigación de las Pymes de la región, surgen los siguientes datos que nos ayudan a realizar el diagnóstico de la situación en las que se encuentran las pequeñas y medianas empresas de los sectores que conforman la región bajo estudio.

El gráfico 4 expresa la no habitualidad de las pymes de la región a tomar créditos, debido a que de las 162 empresas encuestadas, 78 empresas no consideran habitual tomar créditos, 56 empresas nunca han tomado un crédito y sólo 28 empresas consideran habitual la toma de créditos.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

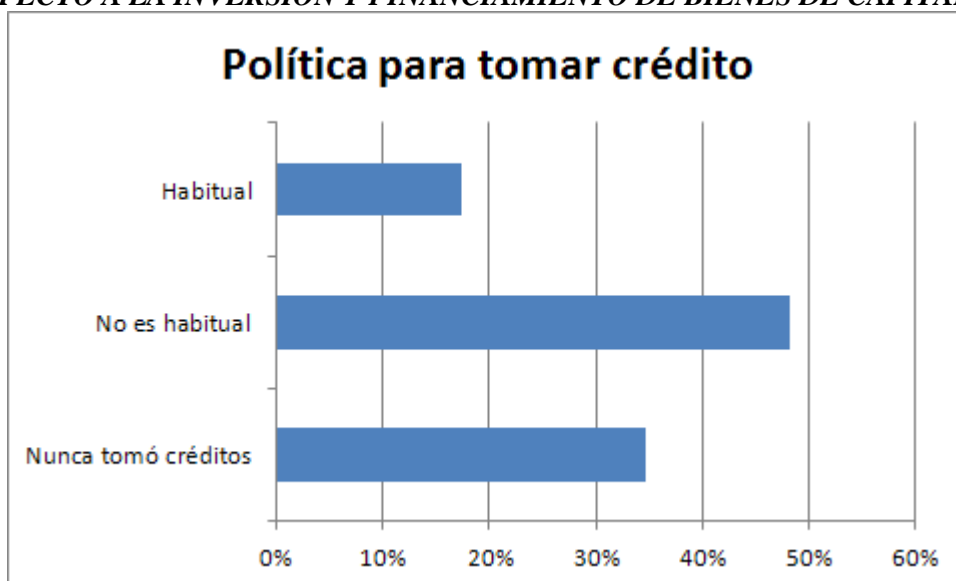


Gráfico 4: Políticas para tomar créditos. Fuente de elaboración propia

Con relación al tiempo en que las empresas obtienen su último crédito, lo muestra en forma porcentual el gráfico 6, donde el 17,9% hace menos de un año que obtienen su último crédito; el 12,7% de las empresas lo obtuvo hace 1 o 2 años y el 60,4% hace más de 5 años o nunca han podido acceder a uno de ellos. (Gráfico 5).

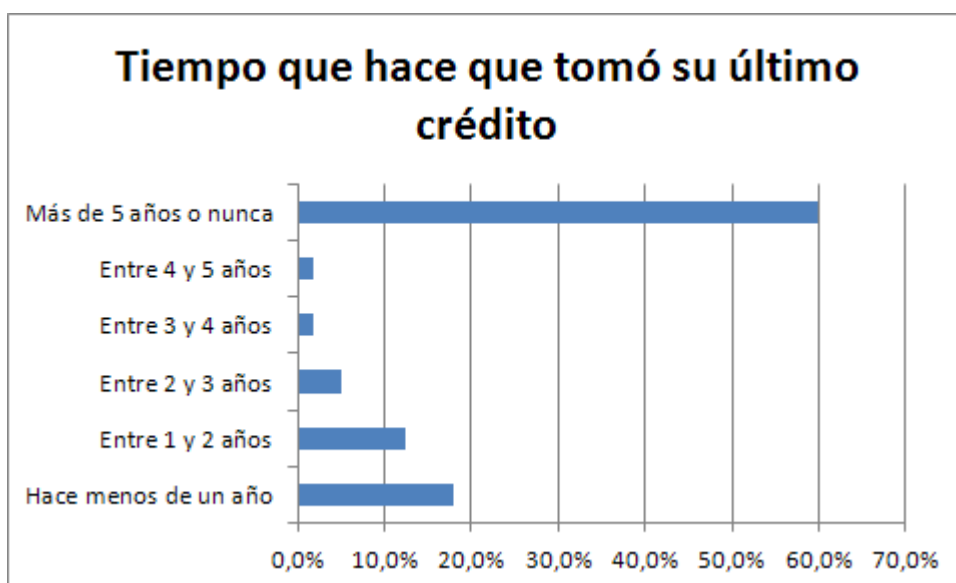


Gráfico 5: Tiempo que hace que tomó su último crédito. Fuente de elaboración propia

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

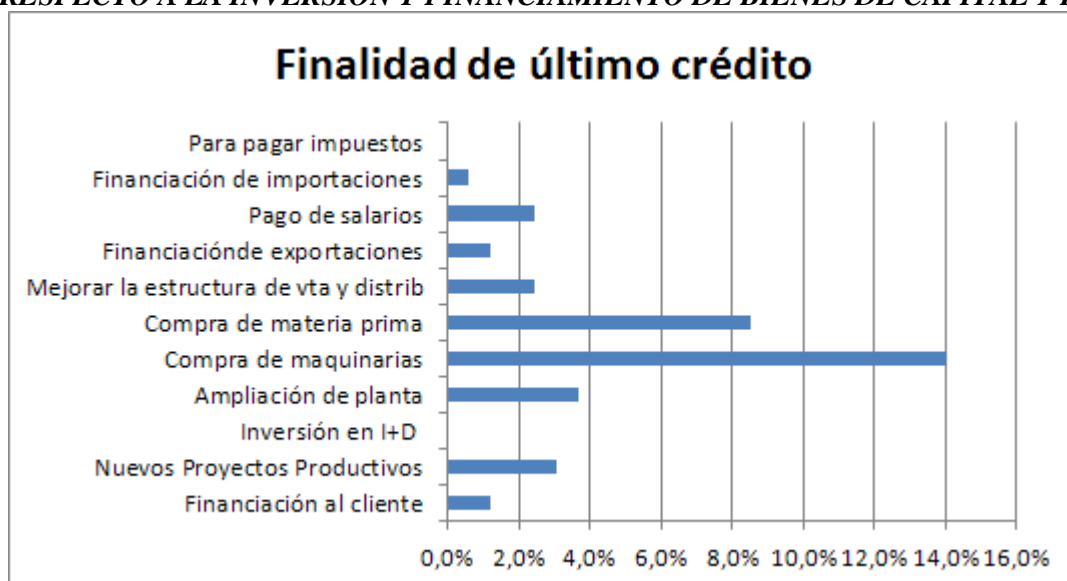


Gráfico 6: Finalidad del último crédito que obtuvo. Fuente de elaboración propia

Las Pymes obtienen sus créditos para diferentes finalidades, destacándose la compra de maquinarias con el 14% del total, le sigue la compra de materias primas con el 8,5%. Con 3,7% se encuentran las empresas que destinan sus créditos para ampliar su planta, 3% a nuevos proyectos productivos y 2,4% a pago de salarios y mayor estructura de ventas y distribución. (Gráfico 6)

En algunos casos las Pymes averiguan por líneas de financiamiento y luego por diferentes razones no acceden. De dicha consulta, el 61% averiguó y no accedió y un 39% no averiguó sobre financiamiento, como lo muestra el gráfico 7.

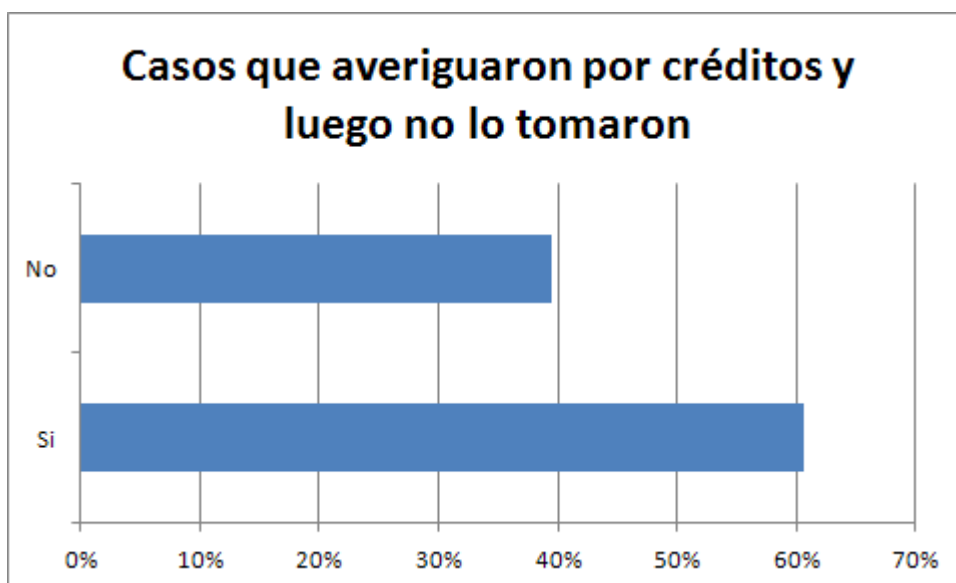


Gráfico 7: Casos que averiguaron por créditos y luego no lo tomaron. Fuente de elaboración propia

Respecto al conocimiento y utilización de las Líneas de créditos destinadas a inversión en compra de maquinarias y en I+D que se encuentran disponibles, se presentan algunas de ellas entre las que se seleccionaron: Líneas de fuerza productivas, Líneas de préstamos del ANSES, Líneas Fuerza Pymes.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

Los gráficos 8 y 9 presentan que el 84% de las empresas no conocen la línea de financiamiento Fuerza Productiva y solo una Pyme utilizó esta línea de financiamiento.

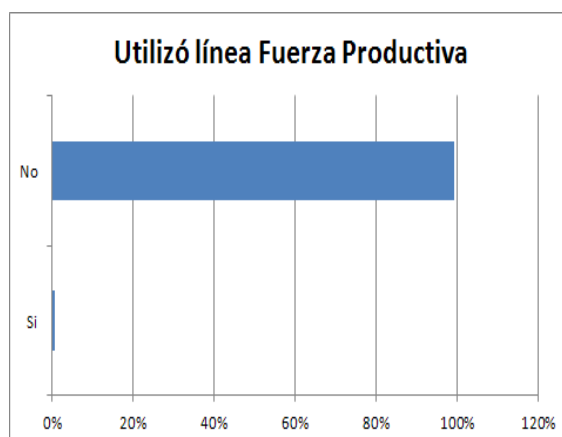
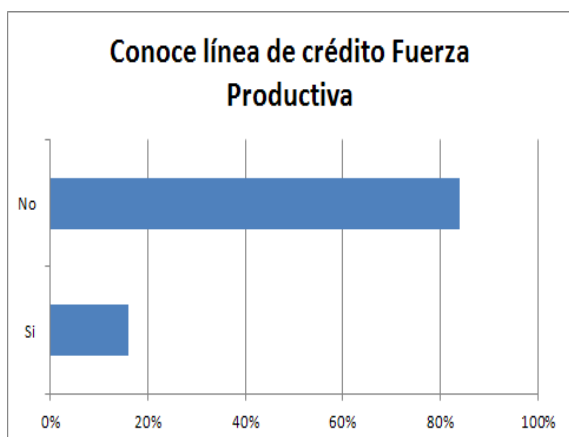


Gráfico 8: Conocen líneas de financiamiento de Fuerza Productiva **Gráfico 9:** Utilizó línea Fuerza productiva.

Respecto a la línea de financiamiento Pymes de la ANSES, el 20% del total de las empresas la conocen y 5 Pymes la utilizaron. Los gráficos 10 y 11 nos muestran lo mencionado.

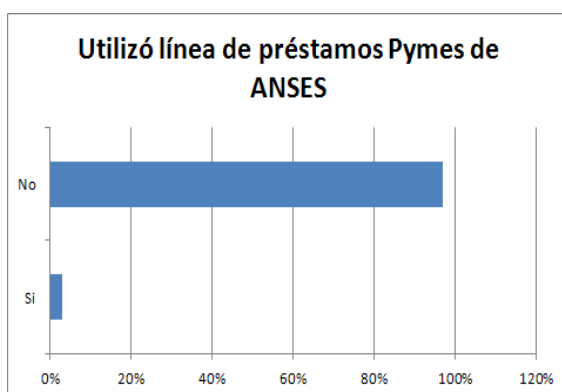
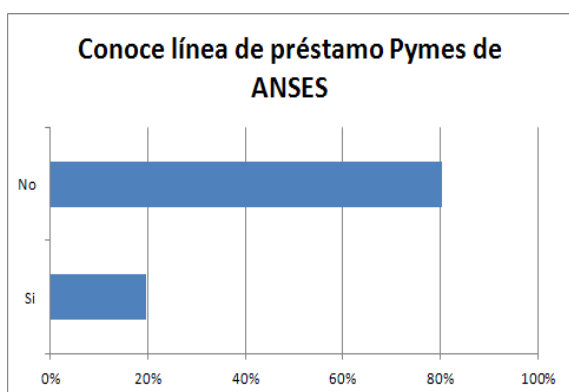


Gráfico 10: Conoce la línea de préstamo Pymes de ANSES. **Gráfico 11:** Utilizó la línea de financiamiento Pymes de ANSES.

De la línea Fuerza Pymes que presentan los gráficos 12 y 13: 30 empresas la conocen y 132 empresas Pymes no la conocen; solo una empresa utilizó esta línea de financiamiento..

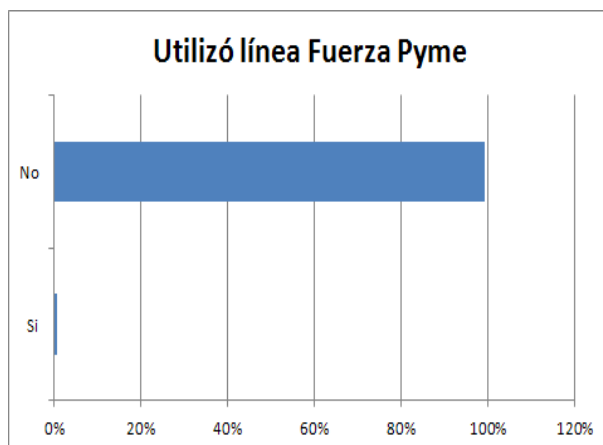
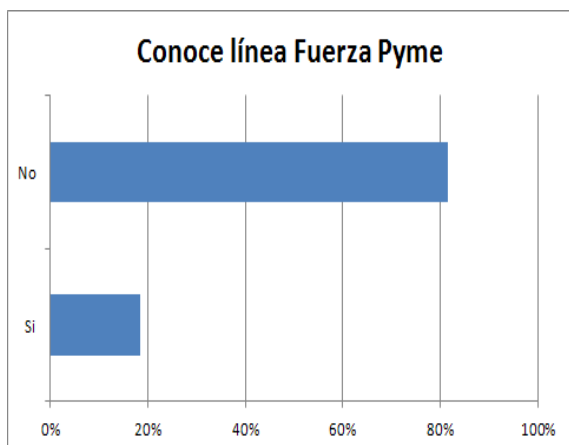


Gráfico 12: Conoce la línea Fuerza Pymes

Gráfico 13: Utilizó la línea Fuerza Pymes.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

Los gráficos 14 y 15 expresan que las Pymes de la región encuestadas, no conocen y utilizan otras líneas de financiamiento, debido a que 151 empresas respondieron a la negativa de conocer otra línea de financiamiento y 157 empresas nunca utilizaron otras líneas de fomento en la provincia.

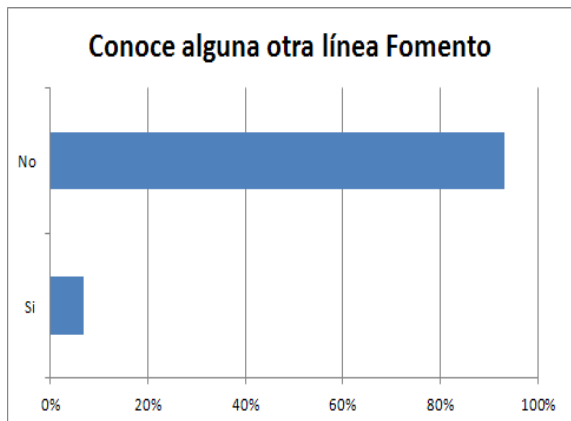


Gráfico 14: Conoce otras líneas de Fomento.

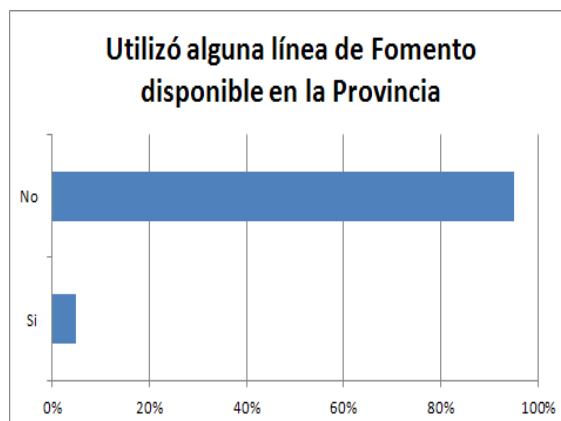


Gráfico 15: Utilizó alguna otra línea de Fomento.

3.2.3. Oferta de Financiamiento para Pymes.

El ministerio de Producción de la Presidencia de la Nación, tiene varias líneas de financiamiento para Pymes como ser: FONAPYME que financia inversión en bienes de capital, nuevas instalaciones, capital de trabajo y eficiencia energética. Es un crédito con una tasa fija anual en pesos y sistema de amortización de préstamos francés; hasta \$1.500.000 con un plazo de 7 años.

También cuentan con la línea PACC empresa que es una herramienta que busca contribuir al aumento de la competitividad de las Pymes a través de Aportes No Reembolsables de hasta \$200.000 mediante la cobertura de hasta el 60% del monto total del proyecto (el 40% restante debe ser aportado por la empresa). De esta manera, las actividades de asistencia técnica o profesional, capacitaciones, inversiones en equipamiento, gastos de certificación del proyecto u otros bienes asociados a las actividades, podrán ser reintegrados por el Programa a través de Aportes No Reembolsables.

PACC Emprendedores es una herramienta diseñada para promover la creación y el desarrollo de nuevas empresas con potencial de crecimiento y capacidad para ejecutar proyectos dinámicos, escalables e innovadores. La instrumentación es a través de Aportes No Reembolsables de hasta el 85% del total del Plan de Negocio y hasta \$150.000, los que se podrán canalizar mediante la modalidad de anticipos y/o reintegros.

La herramienta brinda asistencia económica a las nuevas empresas y emprendedores que previamente hayan transitado un proceso de estudio y gestación en una Incubadora acreditada por parte del programa. Las Incubadoras operan como facilitadores de los emprendedores en el proceso de difusión, formulación, aval y acompañamiento en la ejecución y rendición de los planes de negocio de los emprendedores.

Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) agrupa a las líneas de financiamiento como ser: FONTAR que es un aporte no reembolsable (ANR) de hasta \$3.500.000 y financia el 80% del costo total del proyecto con 3 años de ejecución. Financia proyectos con finalidad de innovación y desarrollo en tecnología a escala piloto y prototipo,

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

producción de conocimiento aplicable a una solución tecnológica a escala de laboratorio, desarrollo e innovación de nuevos procesos y productos a escala piloto de prototipo.

FONSOFT es otra línea de Agencia para el desarrollo de sistemas de software, sistemas productivos, sistemas y soluciones tecnológicas en telecomunicaciones. Subsidia hasta \$780.000 y beneficio el 50% del costo total.

Entre las herramientas de apoyo a las empresas radicadas en las provincias, el *Consejo Federal de Inversiones* ofrece financiar proyectos nuevos o existentes mediante las Líneas de Crédito, cuyas condiciones de fomento se demuestran principalmente a través de las tasas de interés y los plazos de devolución.

Desde hace varios años, el CFI asiste financieramente al sector privado, habiendo otorgado créditos a más de 17.300 empresas radicadas en las provincias (Nación) por un monto superior a los \$ \$ 2.140.000.000.-, a los que se agregan más de 5.960 beneficiarios que recibieron financiamiento en el marco de 41 Fideicomisos conformados con fines específicos, cuyo monto total desembolsado algo más de \$ 152.000.000.-

De esta manera y en forma ininterrumpida, el CFI atiende las necesidades de financiamiento de micro, pequeñas y medianas empresas agropecuarias, industriales, turísticas, mineras y de servicios vinculados, poniendo a disposición del empresariado sus Líneas de Reactivación Productiva (en pesos) y de Apoyo a la Producción Exportable (en dólares).

Los créditos se gestionan en las Unidades de Enlace Provincial (UEPs) que son oficinas técnicas localizadas en cada capital de provincia, donde se presentan los proyectos para su evaluación.

3.2.4 Resultados de proyectos presentados para obtener financiamiento por parte de Pymes y emprendedores de la región.

De las líneas de financiamiento ofrecidas por el Ministerio de Producción, PACC emprendedores recibió 13 proyectos formulados por la incubadora, de los cuales fueron aprobados el 31%, el 39% se encuentran en ejecución 15% fueron ejecutados y 15% fueron desistidos. Los motivos por los cuales estos proyectos de emprendedores son desistidos generalmente pueden darse por no consiguen realizar el aporte propio o de contraparte que deben realizar para obtener los préstamos. El gráfico 16 muestra la distribución de los 13 proyectos formulados.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

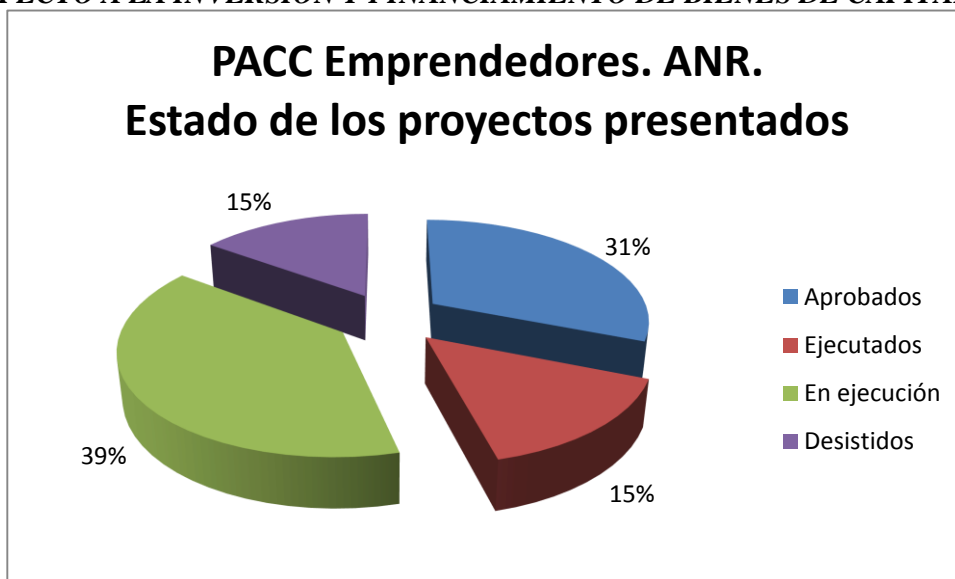


Gráfico 16: PACC Emprendedores. Fuente de elaboración propia

Respecto a los proyectos presentados en la línea de PACC empresa, 10 fueron los formulados y un 30% de los mismos fueron ejecutados, 30% se encuentran en ejecución y 20% aprobados y desistidos en el mismo porcentaje, tal como lo muestra el siguiente gráfico. El desistimiento de las empresas en llevar adelante el proyecto presentado y financiado se debe en algunos casos por no disponer de tiempo y recursos humanos al proyecto presentado ya los recursos humanos disponibles alcanzan para resolver el día a día.

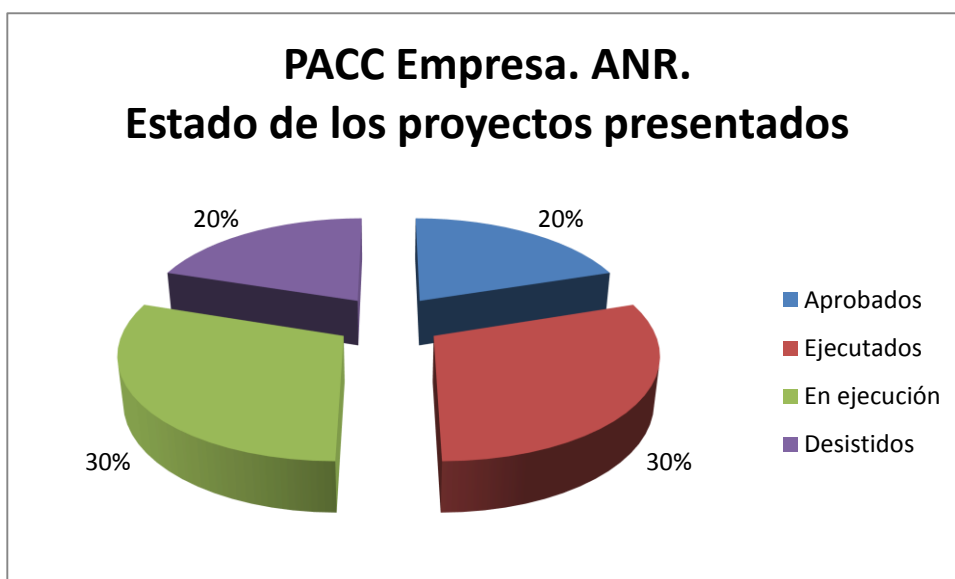


Gráfico 17: PACC Empresa Fuente de elaboración propia

La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, ofrece al FONTAR como línea de financiamiento. El gráfico 18 muestra que de los 30 proyectos formulados por la incubadora, de los cuales el 33% se encuentra en ejecución, el 27% fue aprobado, un 10% fue desistido, 27% rechazados y 3% ejecutados.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

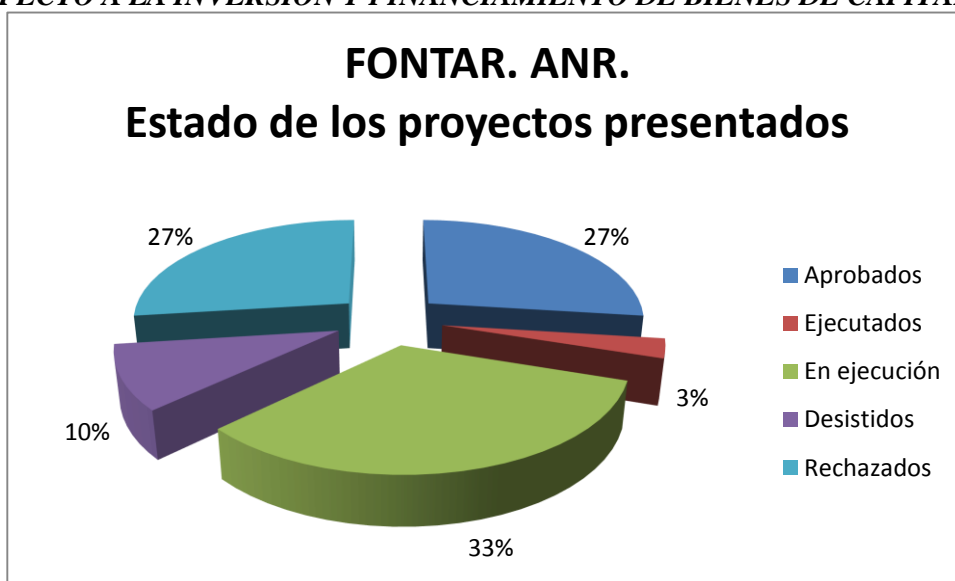


Gráfico 18 FONTAR. Fuente de elaboración propia

Los proyectos formulados para la línea de financiamiento FONSOFT emprendedores, donde se destacan los proyectos de innovación, fueron 4 por un total de \$ 1030120, los cuales se encuentran en ejecución. Los temas abordados en estos proyectos son: Desarrollo de una plataforma virtual para la administración y gestión de inspecciones de higiene y seguridad para aseguradora de riesgos de trabajo. Una plataforma organizativa y de difusión para la cerveza artesanal. Plataforma online de acceso interactivo a servicios, eventos y productos culturales.

En el CFI se formularon 39 proyectos por un monto de \$27.910.000 de los cuales el 47% se encuentra en ejecución, 19% fueron desistidos, el 11% aprobados en espera del banco y también con un 11% se encuentran los proyectos rechazados. Y con igual porcentaje de 6% se encuentran los proyectos ejecutados y en ejecución.

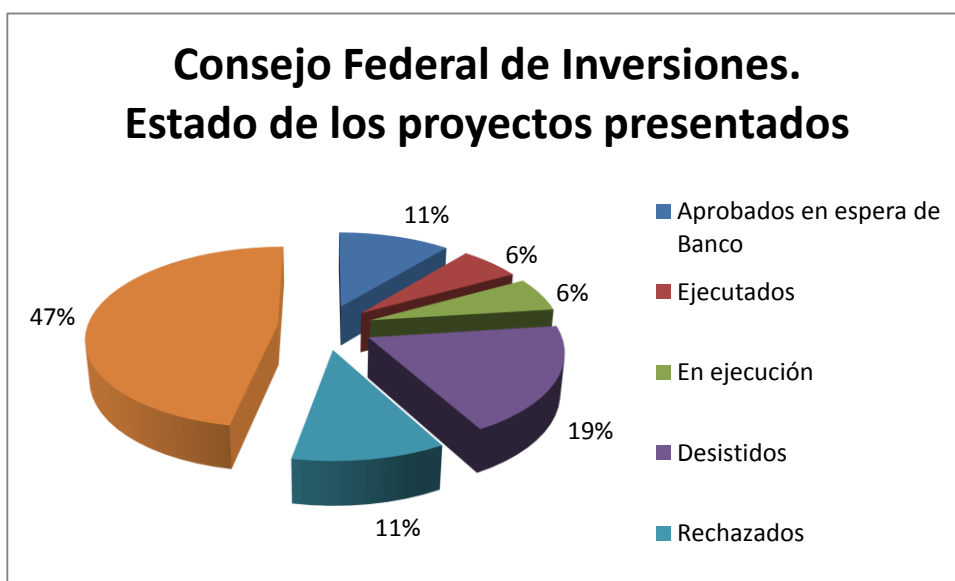


Gráfico 19 Consejo Federal de Inversiones. Fuente de elaboración propia

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

4. Conclusiones y recomendaciones

Las principales actividades de innovación de las Pymes latinoamericanas se focalizan en la transferencia e imitación tecnológica. Esto se debe a su alto porcentaje de inversión en maquinaria y equipamiento, en contraste con la menor inversión en innovaciones en I+D. Mientras que la inversión de las empresas grandes se distribuye más equilibradamente entre I+D y bienes de capital, la inversión de las Pymes se concentra en estos últimos. Además el tamaño de la empresa y el sector de actividad desempeñan un papel fundamental en la determinación del tipo de actividad de innovación. Por su parte, la composición de las actividades de innovación en América Latina difiere según los países.

Las Pymes destinan escasos esfuerzos a actividades de innovación en I+D, y se concentran en la adquisición de maquinarias y equipos, con un fuerte componente de tecnologías de la información y las comunicaciones. Esto se debería a las restricciones que enfrentan por su reducido tamaño y los altos costos y riesgos asociados a las actividades de innovación, así como su escaso acceso al financiamiento.

En la región de La Plata y alrededores, la información obtenida de las Pymes, nos indica que la mayoría no conoce ni tuvo acceso a líneas de financiamiento para adquisición en bienes de capital y para I+D. Un 48% de las empresas encuestadas no consideran habitual tomar créditos, un 34% nunca tomó crédito contra solo un 17% que decidió tomar crédito. También se destaca que un alto porcentaje se encuentran aquellas que hace más de 5 años o nunca obtuvieron créditos y un 52% averiguaron por líneas de créditos pero no los obtuvieron por diferentes razones.

La finalidad por la cual las Pymes obtuvieron acceso al crédito mayoritariamente correspondió para la compra de bienes de capital y nada para I+D.

Respecto a la oferta de algunas líneas de financiamiento para las Pymes en la región en materia de innovación en I+D y adquisición en bienes de capital a nivel estatal, funcionan con éxito y en el tiempo. Esto debido a que agentes como Universidades, incubadoras, cámaras y agrupaciones que ayudan y acompañan en el desarrollo de los proyectos de las Pymes de la región.

De las líneas de financiamiento tenidas en cuenta para el estudio, el PACC emprendedores que destaca la inversión en prototipos, innovación y adquisición de bienes de capital, tuvo un alto porcentaje de proyectos aprobados o en ejecución y sólo un 15% de ellos fueron desistidos por diferentes motivos como no contar con el aporte de contraparte que les corresponde a los fines de obtener el financiamiento y así poder llevar adelante el proyecto.

La línea de PACC empresa: el 60% se distribuyó en partes iguales entre los proyectos ejecutados y los que se encuentran en ejecución y el 40% restante, se distribuye en 20% de aprobados y 20% desistido, por no contar con recurso humano disponible para llevar adelante el proyecto presentado o por falta de tiempo de las empresas que necesitan solucionar problemas del día a día.

El FONTAR y FONSOFT son líneas que han tenido éxito en otorgar ayuda a empresas y proyectos innovadores de la región. El CFI también cuenta con varios proyectos formulados de los cuales un alto porcentaje fueron aprobados y en ejecución.

Con lo cual las líneas de financiamiento para las Pymes de la región acerca de proyectos de innovación y bienes de capital funcionan bien, con éxito y en el tiempo siempre y cuando

**DIAGNÓSTICO DE LAS PYMES DE LA REGIÓN DE LA PLATA Y ALREDEDORES
RESPECTO A LA INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO DE BIENES DE CAPITAL Y EN I+D.**

las empresas encuentren apoyo en aquellos agentes externos públicos o privados como ser Universidades, cámaras o asociaciones que agrupa y apoya al desarrollo de proyectos que hacen que las Pymes puedan crecer y desarrollarse y así generar un crecimiento sustentable de la economía regional.

Es importante que estos organismos asesoren y acompañen a las Pymes a innovar, a formular y seguir alentando en sus nuevos proyectos para el desarrollo y crecimiento de las Pymes de la región y por consiguiente el desarrollo del sector en el cual se encuentran.

5. Referencias

- [1]. CEPAL *Perspectivas económicas de América Latina 2013: políticas de PYMES para el cambio estructural* 194 p: gráfs., tabs. Capítulo 4 pág 117 en adelante
- [2] FILLIPO AGUSTIN, KOSTZER DANIEL, SCHLESER DIEGO (2004) *Créditos a Pymes en Argentina: racionamiento crediticio en un contexto de oferta ilimitada de dinero*. Chile CEPAL
- [3] BEBCZUK RICARDO N (2010) *Acceso al financiamiento de las Pymes en Argentina: estado de situación y propuesta política*. Chile CEPAL
- [4] Ministerio de Producción. Presidencia de la Nación Argentina.
<http://www.produccion.gob.ar>
- [5] Consejo Federal de Inversiones. <http://cfi.org.ar>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CONSTRUYENDO CONOCIMIENTO PARA OPTIMIZAR LA COOPERATIVA NUEVA GENERACION TEXTIL

Lic. Gabriela Cecilia Mariño, UTN FRA, gabymarino@hotmail.com

Ing. Sebastian Matias Blasco, UTN FRA, sblasco@fra.utn.edu.ar

Ing. Pablo Gastón Baldacchino, UTN FRA, pbaldacchino@fra.utn.edu.ar

Resumen— Un grupo de 70 emprendedores de la economía social y solidaria llevan adelante la cooperativa de trabajo Nueva Generación. Ubicada en el barrio “Unidad y Lucha”, en Wilde, partido de Avellaneda. La cooperativa se dedica a fabricar guardapolvos, remeras e indumentaria de trabajo como buzos polares y ambos sanitarios. También elaboran filtros para aire acondicionado, y desde hace tres años confeccionan juguetes de tela, muñecas, duendes, cubos sonajeros y pelotas.

La organización reúne a ex desocupados organizados a partir de la crisis del 2001, que ponen en funcionamiento la Cooperativa en el año 2003 con el aporte de maquinarias del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación. Es en este sentido que la propuesta implicó no sólo el trabajo conjunto entre la universidad y la sociedad sino también, un nuevo enfoque en torno a la educación superior pública que construye un estudiante y futuro profesional comprometido, tanto con el desarrollo de la Nación como con el devenir histórico y político de la comunidad en la cual la universidad se encuentra inserta.

Palabras clave— *economía social, universidad, cooperativa, fabrica recuperada, trabajo en territorio.*

1. Introducción

Para que la cooperativa alcance el éxito con su actividad, es necesario que conozca con seguridad qué se va a llevar adelante. Es indispensable que domine todo el proceso, reduciendo las incertidumbres y los riesgos, especialmente en costos e inversiones.

Actualmente, es indispensable planificar para subsistir e incluso crecer en un entorno cada vez más cambiante y un mercado más exigente en cuanto a calidad y costos.

De esta manera, se convierte en esencial concentrar los esfuerzos de todas las personas en dirección a un único objetivo, dando sentido de unidad y organización de las acciones emprendidas.

Nueva Generación fabrica más de 2 mil prendas por semana, mil 400 guardapolvos y mil remeras. Todos sus productos se destacan por su gran calidad, se trabaja con mucha prolijidad en la confección del molde, el corte y la terminación; también se pone especial cuidado en la elección de la materia prima. Además, suministra indumentaria para los trabajadores del programa Ingreso Social con Trabajo.

De cara hacia el futuro, la cooperativa espera jerarquizarse, brindándole mayores conocimientos técnicos a sus cooperativistas para lograr de este modo más calidad en sus productos, incorporando además nuevas tecnologías y métodos de producción. A su vez, piensan en seguir ampliando sus canales de comercialización a partir de la consolidación que es dable esperar, producto de las experiencias transitadas. Respecto del circuito de producción de las mercaderías, las acciones de formación que se llevaron adelante con el presente trabajo, han repercutido de manera positiva para fortalecer las vías y modos de producción, en las distintas etapas contempladas en los procesos de fabricación y, como se ha mencionado, en la etapa posterior vinculada a la comercialización de lo producido.

2. Materiales y Métodos

Desde la UTN-FRA se consideró esta experiencia de la economía social desarrollada en la zona de influencia de la facultad como una oportunidad para llevar a la práctica la función extensionista de nuestra universidad, pensando a esta última como a la interacción de los diversos actores miembros de la comunidad académica con su entorno territorial. Al mismo tiempo, el abordaje integral que propuso la experiencia, vinculó a estudiantes y docentes, directamente con el territorio, validando sus prácticas a la luz de experiencias concretas que ponen el acento en los procesos de inclusión social y nuevos paradigmas en torno a la excelencia educativa universitaria.

Para llevar adelante el proyecto entonces, por un lado nos planteamos obtener un diagnóstico de la situación particular de la Cooperativa de Trabajo Nueva Generación que desembocó en un plan de acción priorizado a desarrollar en diversos proyectos futuros.

Por otro lado, reforzamos los conocimientos de los cooperativistas en técnicas de serigrafía y estampado mediante una capacitación intensiva de una semana brindada in situ, de modo que puedan incrementar la calidad de sus productos.

Además, se estudiaron los sistemas de producción y comercialización de modo de poder establecer planes de mejora concretos para cada uno de ellos.

La siguiente tabla sintetiza el plan de trabajo llevado adelante:

Tabla 1. Plan de trabajo

ACTIVIDAD
Relevamiento de necesidades de infraestructura
Diagnóstico de situación
Elaboración de plan de acción
Armado de contenidos para curso en técnicas de serigrafía
Dictado de la capacitación para los cooperativistas
Armado de contenidos para curso de herramientas contables / circuitos de producción / comercialización
Dictado de la capacitación para los cooperativistas
Puesta en marcha de los contenidos adquiridos
Elaboración conjunta de programa de mejoras de circuitos de producción / comercialización
Jornadas de difusión con otras cooperativas

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados obtenidos

Las derivaciones de la implementación del proyecto mejoraron los índices de calidad de los productos de la cooperativa así como la formación de los cooperativistas, con particular énfasis en los puestos de trabajo directamente asociados a las dos capacitaciones que se brindaron: serigrafía y aspectos contables referidos al costeo de la mercadería a vender. En este sentido, y dada la conformación que proponen los socios cooperativistas, fueron capacitados todos los integrantes de la organización, con la idea de favorecer la rotación de tareas; según se considere necesario y oportuno.

3.2 Indicadores de medición

Con respecto a los indicadores de calidad, se analizaron los niveles de producción descartados al inicio del proyecto vs los niveles de descarte posteriores a la implementación del mismo y se observó un decrecimiento de los mismos, por lo que se determinó la influencia positiva de estas capacitaciones en esta variación.

Por otro lado se analizaron los indicadores de niveles de ventas previos al proyecto vs los niveles obtenidos luego de los ajustes realizados a los circuitos de venta y pudo también determinarse la influencia positiva del desarrollo de una matriz de costos standarizada.

3.3 Coherencia del proyecto

El proyecto se fundó en objetivos y metas cuyas características son concordantes con los objetivos y metas nacionales y regionales en el marco de la inclusión y la igualdad de oportunidades de todos los ciudadanos.

Además, en lo que refiere a los lineamientos de la Facultad Regional Avellaneda y de su Secretaría de Cultura y Extensión Universitaria, se valora positivamente toda articulación institucional con el territorio que ponga el acento en los procesos de inclusión y desarrollo.

Respecto de la Cooperativa contraparte del presente trabajo, dentro de sus objetivos prioritarios se encontraba la articulación con la UTN, universidad pública con fuerte inserción territorial en la zona. Es importante mencionar también que los/as trabajadores/as de la Cooperativa finalizaron en el 2013 el programa FINES 2, constituyéndose entonces esta alternativa, como un buen modo de acercarse a la UTN Facultad Regional Avellaneda, a la hora de evaluar como posibilidad la continuidad de sus estudios formales.

3.4 Estrategias de sostenibilidad del proyecto a futuro

El proyecto estuvo pensado con una duración de un (primer) año, que sirviera como puntapié inicial para lograr el trabajo e interacción continuo de la comunidad educativa de la UTN-FRA con las demás instituciones del territorio (Cooperativas, PyMEs, Organismos Estatales, ONGs, etc). En este sentido, esperamos replicar la experiencia con otras Cooperativas de la zona con las que la Facultad Regional Avellaneda posee acuerdos de asistencia técnica. Además, el Centro de Oficios de la UTN Facultad Regional Avellaneda garantiza un accionar sistematizado y de experiencia continuada que involucra directamente a Cooperativas y PyMEs de Avellaneda y zonas aledañas a las dos sedes de la Facultad Regional.

4. Conclusiones y recomendaciones

Debemos reconocer que es necesario continuar con lo planteado en el presente trabajo para lograr conclusiones reales y sustentables, por consiguiente agregamos a continuación lo que sería un posible plan de acción con recomendaciones de acciones a realizar a futuro por la Cooperativa para obtener dichas conclusiones.

Etapas 1: Análisis de la situación de la Cooperativa

- Estudio del clima económico presente.
- Capacidades técnicas y productivas en la actualidad. Determinación del tiempo ocioso.
- Estado económico y financiero futuro y su viabilidad de acceso.
- Situación del sector comercial donde se va a desarrollar el negocio.
- Capacidad de los Recursos Humanos y de Control.

Etapas 2: Investigación del mercado

- Definir el tamaño del mercado: como esta segmentado o estructurado.
- Sus características: quiénes son sus principales clientes, que tipo de productos venden.
- Como están las empresas de la totalidad del mercado: en comparación con la cooperativa.
- Canales de distribución: cuales son y cuales utiliza la competencia.
- Métodos de comunicación: cuales se usan (prensa, TV, correo directo) que tipo de promoción usan.

Etapas 3: Implementar un sistema de gestión de stock y facturación.

- Definir el portafolio actual de productos.
- Fijación de precios según tipo de cliente.
- Creación de los canales de comercialización
- Generar la imagen corporativa de la empresa.
- Definir las ventajas competitivas tanto de la empresa como la de producto.
- Definir Misión y Visión de la cooperativa.
- Creación de página Web.
- Generación de contenido.
- Definición del departamento comercial.
- Creación de acciones de marketing que fomente las ventas.
- Definir el organigrama departamental.

Etapas 4: Imagen.

- Definir el estado del ISO Logo actual, evaluar si necesita restyling.
- Establecer la paleta de colores autorizados para el diseño de la comunicación visual.
- Diseñar papelería: Tarjetas, hojas membretadas y sobres.
- Definir firma de correos electrónicos.

Etapas 5: Página Web.

- Definir servidor de alojamiento.
- Definir secciones de la página Web.
- Inicio
- Quienes somos
- Catálogo de productos
- Contacto
- Redacción de contenido.

- Armado de imágenes.
- Creación de banners publicitarios que rotarán en portada.
- Definir presupuesto anual de mantenimiento del servidor y casillas de email.

Etapas 6: Estrategia de Fijación de precios

- Definir costos de materia prima por productos.
- Costos fijos, Costos variables.
- Definir costo de mano de obra.
- Benchmarking en precios con los principales competidores.
- Establecer una estrategia de precios teniendo en cuenta los factores anteriores.

Etapas 7: CRM (customer relationship management)

Se propone para una etapa futura la implementación de un CRM que permita el seguimiento de clientes y el análisis de ventas.

El CRM es la administración basada en la relación con los clientes. CRM es un modelo de gestión de toda la organización, basada en la satisfacción del cliente, se basa en un software hecho a medida de las necesidades que permitirá el desarrollo comercial de manera más efectiva y productiva.

5. Referencias bibliográficas

- William ; White, John Arch y Larson, Kermit D. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE CONTABILIDAD. Editorial CECOSA. México, 1995.
- Polimeni, Fabozzi, Adelberg. CONTABILIDAD DE COSTOS. Mc Graw Hill, 1989.
- Gitman, Lawrence. Principios de Administración Financiera. Undécima edición. Prentice Hall. 2007.
- Brigham. Besley. Fundamentos de Administración Financiera. Cengage, 14ª. Edición. 2008.
- Besley, Scott y Brigham Eugene F. Fundamentos de la Administración financiera. Editorial McGraw Hill. Doceava edición México, 2000.
- LA IMPRESIÓN COMO ARTE. Calcografía-Relieve-Litografía- Serigrafía-Monotipo. TÉCNICAS TRADICIONALES CONTEMPORÁNEAS. Ann d'Arcy Hughes - Hebe Vronon-Morris. Ed. BLUME.
- - EL GRABADO Y LA IMPRESIÓN. Guía completa de técnicas, materiales y procesos. Beth Grabowsky y Bill Fick. Ed. BLUME.

LA TRANSFERENCIA DE HABILIDADES TIC. DE LA UNCA A LAS ESCUELAS PRIMARIAS DEL NOA

Fernández, Natalia Edith, Universidad Nacional de Catamarca, saa@tecno.unca.edu.ar

Gandini, María Verónica, Universidad Nacional de Catamarca, vgandini@unca.edu.ar

Juri, Marisa Rosana, Universidad Nacional de Catamarca, rosanajuri@eco.unca.edu.ar

Resumen— Durante el 2014 la Universidad Nacional de Catamarca luego de haber participado y ganado una licitación del Ministerio de Educación de la Nación, organizó, coordinó y desarrolló el dispositivo Primaria Digital en las escuelas bajo cobertura PIIE¹ del Noroeste Argentino. Este dispositivo, cuyos contenidos académicos fueron diseñados por el Ministerio de Educación de la Nación y financiado por un préstamo BID, se instaló en más de 3800 escuelas, capacitando a más de 7300 docentes y autoridades de escuelas primarias de Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta, Santiago del Estero y Tucumán.

Resulta interesante la experiencia desde una perspectiva de desarrollo regional, a partir de la dificultosa articulación de políticas públicas nacionales y provinciales, a lo que a su vez se suman las tensiones que aparecen ante las lógicas de gestión y administración del dispositivo, entrelazando prácticas universitarias con saberes del nivel primario de educación.

Se enuncian las debilidades y fortalezas detectadas en este dispositivo de un año de duración, y se destacan las capacidades instaladas en la región NOA a través de las acciones llevadas a cabo entre Nación y Provincias, siendo la UNCA² un factor de articulación fuerte en el desarrollo e instalación de estrategias de políticas de Tecnología de la Información y Comunicación.

Palabras clave— vinculación, tics, transferencia.

1. El accionar universitario en un nuevo contexto de demanda social.

En este siglo XXI la Universidad se encuentra con que están apareciendo nuevas demandas sociales y por lo tanto, se definen nuevos objetivos que la universidad debe cumplir. En lo que respecta a los valores, la responsabilidad social universitaria se configura en una acción ética que le da sustento a una nueva proyección social universitaria, lo que genera asimismo la introducción de múltiples cambios en las misiones y visiones de las instituciones. “Todo parece articularse alrededor de un nuevo rol de las Universidades a través de una reinserción social. Este nuevo modelo de articulación con la sociedad se desarrolla a través de programas y actividades cada vez más concretos, medibles y de duración definida.” Rama [1].

Martínez [2] por su parte, opina “que el papel de la universidad no es el de sustituir al Estado o a las Organizaciones no Gubernamentales de desarrollo, sino de asumir cada vez mejor su rol de formación superior integral con fines éticos y en pro del desarrollo sostenible de su

¹ Programa Integral para la Igualdad Educativa

² Universidad Nacional de Catamarca

comunidad, precisando no concebir las relaciones entre la universidad y el entorno social en términos de donación o ayuda unilateral.”

Esto constituye un esquema de cambio global que redefine las tradicionales maneras en que la universidad satisface las necesidades sociales frente a estas nuevas demandas y que también cambia el concepto y la praxis de la tradicional extensión universitaria, y que también reconfigura a la extensión en una dimensión de proyección social, la que se analiza desde una perspectiva de responsabilidad social de las instituciones de educación superior para con las sociedades en las que se inserta.

El sistema universitario toma el criterio de Responsabilidad Social Empresaria, para adaptarlo a su actividad, poniendo foco en los problemas de la comunidad donde está inserta esta institución de educación superior, propuesta que le sugiere asimismo UNESCO [3] en “La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo”.

La renovada función de la extensión universitaria en América Latina, se orienta más a la construcción de redes y capital social, transfiriendo capital humano y abriendo las puertas a la empleabilidad.

Un reto para las Instituciones de educación superior es involucrarse con las demandas sociales de manera integral como una forma de mejorar la enseñanza y la investigación, y colaborar en la transformación social. Este compromiso se expresa según UNESCO [4] desde una diversidad de perspectivas y epistemologías de conocimiento. Lograr “asociarse” con otras instituciones y con miembros de la sociedad, es una de las formas más importantes para desarrollar compromisos, e implica una comprensión mutua, reciprocidad, colaboración en la toma de decisiones y transparencia en relación con los resultados. Los países desarrollados han denominado *University Community Engagement* al compromiso social que asume una universidad en el desarrollo de actividades docentes y de investigación conjuntamente con su sociedad.

El siguiente gráfico muestra el modelo utilizado por los países desarrollados en cuanto a la interrelación de actividades de extensión universitaria o *Community Engagement*

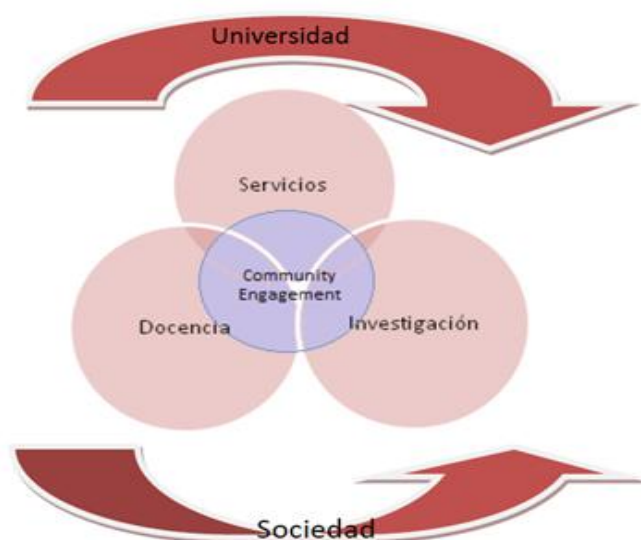


Figura 1. Modelo de articulación de actividades de extensión universitaria.

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta al accionar extensionista de los estudiantes, también se incorporan y sistematizan instrumentos tales como las pasantías en empresas y en la administración pública (en el caso de pasantías internacionales sólo se realizan en empresas), las prácticas profesionales supervisadas, las prácticas profesionales académicas, y en el caso de Argentina, en el año 2005 la Secretaría de Políticas Universitarias creó el Programa de Voluntariado Universitario.

Se puede decir entonces que la función renovada de la extensión universitaria cumple una función social que se sustenta en las prácticas docentes, las de gestión y en las de investigación, articulando sus propios saberes con los de la sociedad. En esta articulación la universidad se nutre de su entorno produciendo una sinergia con el entorno social, e implementando renovadas formas y estrategias de vinculación e interacción con los diferentes sectores sociales, el sector productivo y los gobiernos nacionales y locales.

Naturalmente una gran mayoría de los universitarios están acostumbrados a trabajar en equipos y conformando redes donde participan diferentes instituciones. El trabajo en red está siendo fuertemente sustentado por el uso de las nuevas tecnologías y la cobertura de Internet, que aunque en nuestro país no tiene aún un carácter masivo, su incorporación en muchos aspectos de la vida cotidiana permite observar un cambio rotundo en la forma de comunicarse y de relacionarse.

El trabajo en redes propicia la generación de espacios interdisciplinarios y multidimensionales, en donde las problemáticas sociales que se deseen estudiar pueden ser abordadas desde diferentes perspectivas con una visión más holística, y además, estas discusiones no sólo se producen en ambientes donde las personas se encuentran físicamente presentes, sino que es posible realizarlas en forma virtual, a través de la utilización de las herramientas TIC.

Todos estos nuevos conceptos: responsabilidad social, Internet, herramientas TIC, creación y transmisión del conocimiento, extensión renovada, pasantías, voluntariados, etc, que aparecen fuertemente en los escenarios de la educación del siglo XXI, se conjugan para que la educación superior reciba nuevas demandas y participe en nuevos ámbitos sociales asumiendo mayores responsabilidades con un compromiso social definido. Hoy más que nunca la educación superior discute, participa y se compromete con los modelos de desarrollo que propicien mejoras decisivas en las sociedades locales.

La participación de las instituciones universitarias en ámbitos diversos y ajenos a su ambiente institucional natural, no siempre resulta totalmente articulada, debido a las diferentes lógicas de gestión y a la diversidad de estructuras organizacionales y reglamentarias existentes en las diferentes instancias de los niveles de participación e intervención y en las diferentes jurisdicciones involucradas.

Con este pensamiento de interacción de las instituciones de educación superior en el desarrollo de las comunidades locales, se inserta el Centro de Estudios de Políticas Públicas de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad Nacional de Catamarca. El Centro de Estudios en Políticas Públicas es un ámbito de reflexión, debate, investigación, difusión y asesoramiento sobre políticas públicas y, como tal, pretende posicionarse como un articulador natural entre las demandas de la sociedad y el Estado. Desde su creación en el año 2006 ha venido trabajando para promover una adecuada relación entre el Estado, la sociedad civil, la economía y la universidad respondiendo a las necesidades de la sociedad de Catamarca, de la región y el país, promoviendo la implementación de mejores prácticas en el sector estatal y el desarrollo de más y mejores profesionales con vocación por lo público. Desde aquí se establece un espacio para la reflexión sobre la relación Estado - Sociedad - Universidad, originándose diferentes acciones comunitarias y sociales de transferencia, capacitación y colaboración en la implementación de políticas de desarrollo.

En este contexto un conjunto de profesores pertenecientes a este Centro de Estudios de Políticas Públicas se embarca en el año 2014 en la ejecución del Programa “Capacitación TIC en el Nivel Primario a escuelas bajo cobertura del PIIE: Primaria Digital en la región NOA” perteneciente al Ministerio de Educación de la Nación. Este programa que fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, puso a la UNCA en el rol de articulador de políticas públicas de educación TIC en las seis provincias del NOA.

2. Coordinación de la estructura de recursos humanos desplegada por la UNCA en el dispositivo Primaria Digital

La Universidad Nacional de Catamarca ganó en Abril de 2014 la licitación para desplegar el dispositivo de capacitación TIC en las escuelas de Nivel Primario pertenecientes al Programa PIIE de la región Noroeste argentino, donde participaron las seis provincias de la región: Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y La Rioja.

El dispositivo de capacitación de carácter gratuito, tuvo como destinatarios a los directivos, supervisores, docentes, responsables informáticos y bibliotecarios de las escuelas implicadas. Su objetivo apuntaba a que los destinatarios participaran activamente de una propuesta de formación en medios audiovisuales y nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) aprovechando los recursos audiovisuales, multimediales e informáticos suministrados en el marco del Proyecto. Asimismo, el curso proponía construir una articulación teórico-práctica donde las TIC se integraran al desarrollo de las iniciativas pedagógicas escolares que se estuvieran llevando adelante. En este sentido, el dispositivo se planteaba como un espacio donde docentes y directivos pudieran desarrollar y apropiarse de conocimientos, competencias analíticas, competencias instrumentales y estrategias didácticas para la implementación de propuestas pedagógicas de integración de TIC en diversos campos disciplinares.

La capacitación se planteó llevando a cabo 11 encuentros presenciales y 9 semi-presenciales, cumplimentando un total de 76.5 horas de duración, que fueron desarrolladas durante el transcurso de 8 meses: Mayo-Julio. Al finalizar la intervención se implementó una evaluación a los destinatarios.

La UNCA debió planificar, organizar, ejecutar, evaluar e informar las acciones de capacitación, organización y logística que formaron parte del dispositivo. Asimismo tuvo la responsabilidad de la elección de los capacitadores y responsables provinciales. El Ministerio de Educación de la Nación fue el responsable del diseño de los contenidos de las capacitaciones como de la provisión de los materiales didácticos utilizados en los cursos.

El mayor desafío que la UNCA debió enfrentar fue sin duda, consensuar y articular las diferentes políticas, reglamentaciones y estilos de gestión de las diferentes jurisdicciones, desarrollando una administración flexible y con una permanente comunicación entre todos los actores intervinientes.

Las escuelas participantes se reunieron en agrupamientos, y por cada agrupamiento se definió una escuela que sería la sede de la capacitación. De esta manera, en la región NOA se tuvo la siguiente distribución de escuelas participantes:

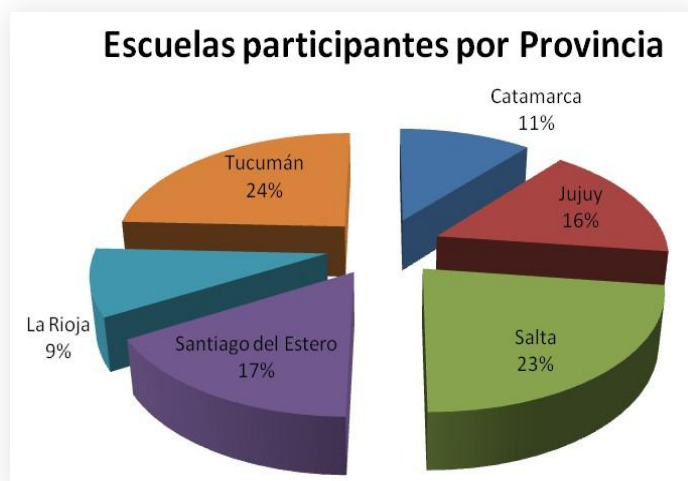


Figura 2. Escuelas participantes por provincia.
Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Distribución de Agrupamientos y Escuelas por provincia

Provincia	Agrupam.	Escuelas participantes
Catamarca	29	77
Jujuy	33	114
Salta	66	162
Sgo. del Estero	46	115
La Rioja	20	65
Tucumán	59	171
Total NOA	253	704

El pliego disponía la siguiente estructura operativa:

- 1 coordinador pedagógico regional
- 1 coordinador provincial
- Asistentes informáticos provinciales (1 cada 30 agrupamientos)
- 1 Capacitador cada dos agrupamientos

En el NOA se implementó entonces el siguiente esquema de trabajo:

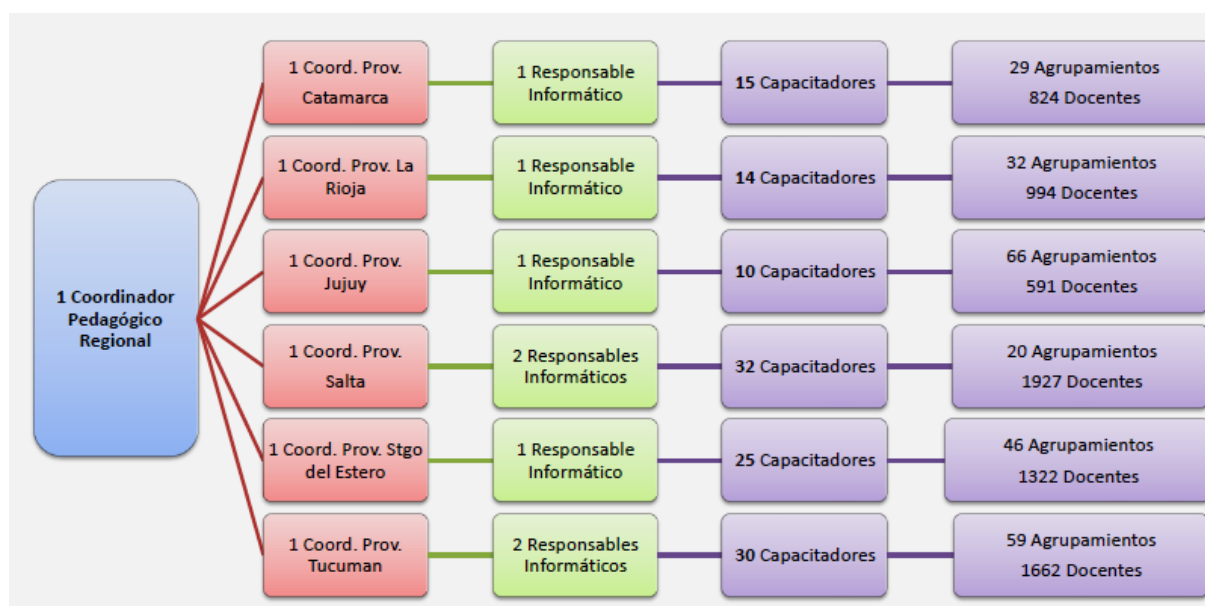


Figura 3. Estructura operativa del dispositivo Primaria Digital en el NOA.

Fuente: elaboración propia

Resultando entonces en la siguiente estructura general de recursos humanos administrados:

- 1 Coordinador Pedagógico Regional
- 6 Coordinadores Provinciales
- 8 Responsables Informáticos
- 126 Capacitadores
- 704 Escuelas Primarias participantes
- 7326 Docentes Inscriptos

En el dispositivo se previó la identificación de los participantes según las siguientes categorías:

MG: Maestro de Grado

ED: Equipo Directivo

MC: Maestro curricular / Materias Especiales

S: Supervisores

O: Otros

El siguiente gráfico muestra la distribución de los inscriptos al programa detallando la categoría y discriminados según provincia.

Inscriptos por Provincia según Categoría

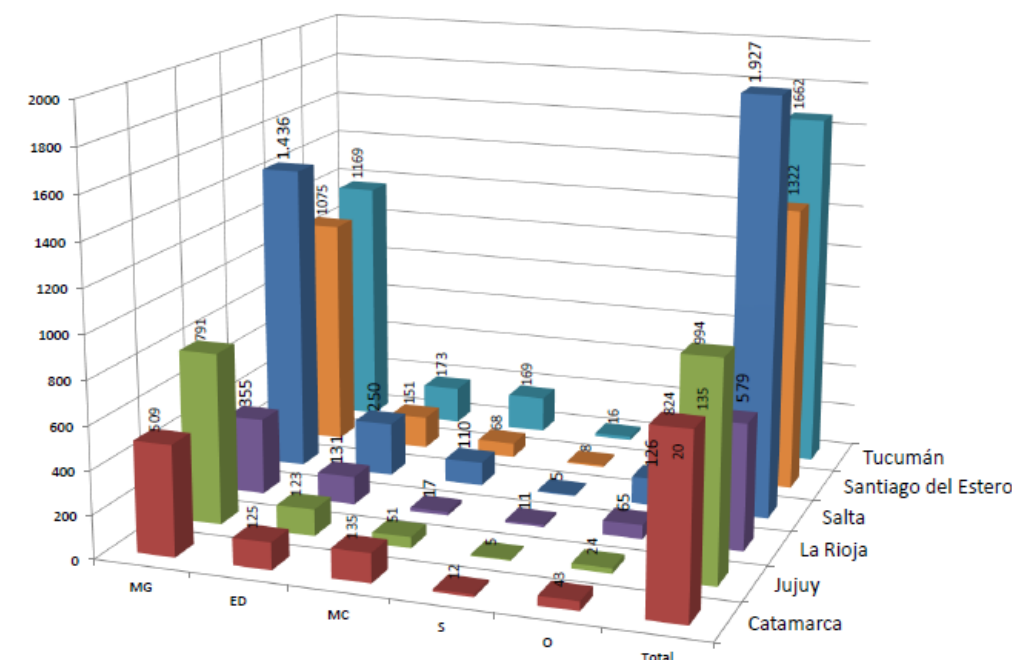


Figura 4. Situación de revista de los inscriptos.

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico, hubo una gran mayoría de Maestras de Grado que participaron en la capacitación; sin embargo es de destacar la importante participación de directivos y supervisores.

La provincia de Salta fue la que más capacitandos aportó al dispositivo, mientras que La Rioja fue la que contó con menor cantidad de participantes.

Luego de los 8 meses de capacitación, el porcentaje de aprobados en relación a la cantidad de inscriptos fue en promedio del 71%. El siguiente gráfico muestra la relación entre el total de inscriptos y el total de aprobados.

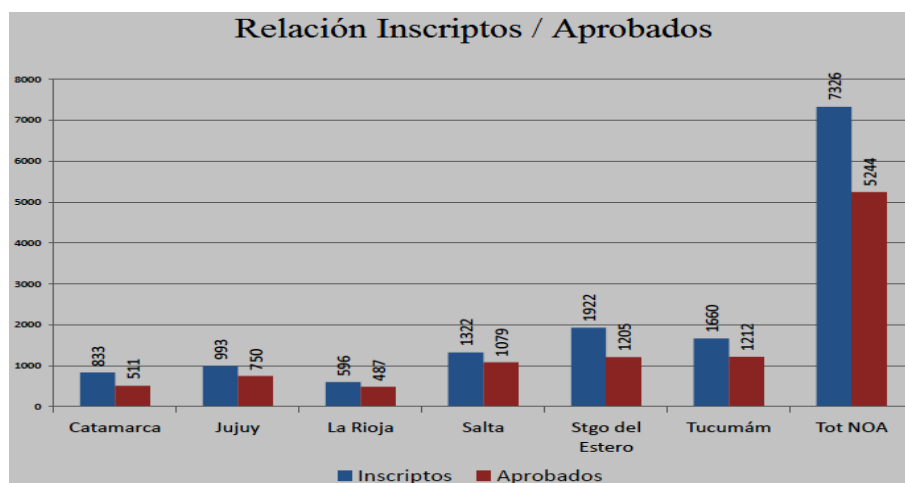


Figura 5. Relación Inscriptos / Aprobados

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, la estructura de recursos humanos movilizados a través de este dispositivo fue muy importante, generando asimismo, un sinnúmero de actividades administrativo-contables, que no siempre fueron sencillas de realizar en forma eficiente. Tal el caso por ejemplo del pago electrónico de viáticos y honorarios en las diferentes provincias.

El lanzamiento del programa Primaria Digital causó mucho entusiasmo entre los participantes, tanto en los capacitadores como en los capacitandos. En la convocatoria el MEN –Ministerio de Educación de la Nación-, proponía a los docentes que aprobaran el curso, dar por aprobados los 2 primeros módulos de la especialización Educación Primaria y TIC, propuesta formativa que efectivamente el MEN puso en marcha en 2015.

Para ello resultó imprescindible la articulación de estrategias de comunicación y generación de documentación e informes entre la UNCA, el MEN y los Ministerios de Educación de las provincias, a fin de implementar la acreditación del curso Primaria Digital a aquellos docentes que aprobaran el curso.

Se debieron asimismo articular meticulosamente las actividades de movilidad, asistencia técnica, comunicación y pago de contratos, resultando también dificultosa la coordinación de las actividades académicas en cada una de las jurisdicciones. Algunas de estas dificultades encontradas se detallan a continuación:

- El diseño de la intervención fue realizado por los equipos técnicos del MEN y no siempre se tuvieron en cuenta las limitaciones geográficas de la región.
- La capacitación consideró que los docentes participantes traían incorporados conocimientos y habilidades tecnológicas básicas; sin embargo la puesta en marcha del dispositivo en territorio demostró que la mayoría de los docentes de la región desconocían cuestiones básicas tecnológicas.
- La falta de transporte público hacia los sitios alejados de las ciudades principales.
- Las estructuras administrativas en cada una de las jurisdicciones mostraron fuertes pujas de poder en el desarrollo del proyecto, lo que en muchos casos produjo debilitamiento de las estructuras y alejamiento de funcionarios públicos.
- La disparidad existente en los acuerdos gremiales que cada uno de los gobiernos provinciales mantiene con los trabajadores docentes, influyó decisivamente en el logro de una articulación homogénea de las estrategias de intervención.
- Falta de una cultura de la comunicación interpersonal dentro de las estructuras administrativas de los ministerios de educación de las jurisdicciones provinciales y nacional.
- Escasa interconectividad digital en las zonas alejadas de las ciudades capitales de las provincias.
- La escasa comunicación entre el MEN y los ministerios de educación provinciales sumado a los problemas de índole político, demoraron casi 2 años la acreditación del curso Primaria Digital a los docentes que lo aprobaron.

Todas las dificultades mencionadas influyeron decisivamente en los resultados de la intervención, ya que si bien el resultado académico de la capacitación resultó exitoso, fracasaron todos los mecanismos de comunicación formal entre el MEN y las jurisdicciones, generando una ruptura en las relaciones institucionales y una falta de credibilidad en las propuestas educativas coordinadas.

Finalmente, si bien los docentes participantes del curso acrecentaron su capital humano en lo referido al uso de las TIC, ellos no han logrado aún contar con la certificación formal de la aprobación del curso, la cual está a cargo de cada una de las jurisdicciones. Esta situación los afecta directamente en 2 ámbitos: por un lado no pueden certificar las competencias

adquiridas en cada una de sus provincias y por otro lado, no han logrado articular sus estudios con la especialización en Educación Primaria y TIC ofrecida y tan publicitada por el MEN.

3. Desarrollo del Dispositivo de capacitación.

El dispositivo previó la participación de un Responsable Informático para cada provincia con el objeto que realice el apoyo técnico en cada sede. Debido a la cantidad de agrupamientos por provincia se designó un responsable informático en las provincias de Catamarca, La Rioja, Jujuy y Santiago del Estero y dos responsables informáticos en las provincias de Tucumán y Salta.

El caso de la provincia de La Rioja muestra una situación diferenciada y singular, como indican Gandini y Fernández [3]. Esta provincia viene desempeñando un programa propio de inserción gradual de contenidos TIC denominado “Joaquín V González” y para ello, cuenta con una estructura administrativa en el ámbito del Ministerio provincial de Educación, denominado UPT o Unidad Provincial TIC. La introducción del programa Primaria Digital se percibió como una invasión a la autonomía provincial en materia de apropiación de las TIC, por lo que el despliegue en territorio del programa debió manejarse con cautela. Actualmente coexisten ambos programas con una doble asignación de recursos nacionales y provinciales para un mismo fin.

Al momento de relevar el estado del equipamiento existente, se determinó que no sería posible avanzar con el dispositivo en esta provincia debido al mal estado del equipamiento existente. No se contaba con Aulas Digitales Móviles (ADM), y la capacitación se sustentaría sobre la base de los laboratorios existentes y deteriorados. La UNCA debió contratar el servicio técnico adicional para poner a punto los laboratorios, instalar y probar programa del Servidor Pedagógico Instalable en cada computadora, ya que los servidores PIIE no estaban en condiciones de soportar el dispositivo.

Como ocurrió en La Rioja, fue necesario también en otras provincias coordinar la intervención de Primaria Digital con eventuales programas provinciales de capacitación vigentes, procurando la mayor interacción de los actores políticos y técnicos. Desde Nación no se habían previsto estas situaciones, generando en el ámbito provincial una sensación de intromisión en las políticas públicas locales.

3.1. Modalidad y contenido.

Como se expresó al inicio, “TIC en la escuela primaria: PRIMARIA DIGITAL” se planteó a través de un dispositivo de modalidad semipresencial dictado en territorio durante el plazo de aproximadamente 8 meses, desde su inicio, y cuyos destinatarios fueron docentes (maestros de grado y de áreas curriculares específicas como ser música, plástica, tecnología, etc.) de escuelas bajo cobertura PIIE y sus directores, más supervisores de estas escuelas, bibliotecario, referente informático en los casos que las escuelas lo tuvieran.

Primaria Digital es la línea de integración pedagógica de las TIC para el nivel primario; su entorno multimedial es un desarrollo que contiene un conjunto de herramientas y recursos que pone a disposición distintas propuestas de enseñanza con integración de TIC con el objetivo de acompañar los propósitos pedagógicos del nivel.

El trayecto se propone como un espacio y un tiempo de reflexión compartido, y tiene como objetivos que los docentes logren:

- Participar activamente de una propuesta de formación en TIC a partir del aprovechamiento de los recursos multimediales disponibles.
- Construir una articulación teórico-práctica en la que las TIC se integren al desarrollo de las iniciativas pedagógicas escolares que se están ejecutando.
- Desarrollar y apropiarse de conocimientos y estrategias didácticas para la implementación de propuestas pedagógicas de integración de TIC en diversos campos disciplinares.
- Producir una fotonovela como propuesta integradora y final de la capacitación.

Contiene actividades multimediales, realizadas en base a materiales provenientes del nivel. Estas actividades incorporan material audiovisual, oralizaciones, y una lógica hipertextual de navegación. Las mismas permiten materializar los tres ejes sobre los que se basa: la relación entre el acceso y la información y la transformación de esos datos en conocimiento común, la relación entre el sujeto y su vínculo con las tecnologías de manera individual y colectiva y las propuestas de producción fortaleciendo la participación ciudadana.

El entorno multimedial va acompañado de una serie de materiales (manuales, instructivos y tutoriales en diversos formatos) y anexos técnicos informáticos para completar su implementación. Con el fin de motivar la producción docente de contenidos multimediales, contiene una sección denominada “Docentes Creando”, que consiste en una serie de recursos para la producción de contenidos multimediales por parte de los docentes, utilizando el software disponible en las netbook y una serie de plantillas prediseñadas por Primaria Digital.

3.2. Descripción general de la capacitación.

La capacitación propiamente dicha inició en todos los agrupamientos en un período que fue desde mediados de junio de 2014 y fines del mismo mes, culminando en noviembre de 2014, con 11 encuentros presenciales y 9 no presenciales, completando 73,5 horas de duración -33 presenciales y 40,5 no presenciales-, más 3 horas en el caso de ser necesario recuperar o corregir la producción de la evaluación final, dando un total de 76,5 horas. El docente debía tener el 80% de asistencia a los encuentros presenciales para aprobar el recorrido.

En cuanto a la infraestructura edilicia, la mayoría de las escuelas contaban con las comodidades mínimas para realizar la capacitación. Algunas muy pequeñas, otras que alquilan el inmueble; algunas con laboratorio de informática, otras que disponían de un aula para realizar la cursada. Los mayores inconvenientes eran causados por: la falta de enchufes en las aulas, las fallas en la electricidad que era recurrente, no prever la limpieza con anterioridad o no contar con personal de maestranza. En el interior de las provincias la limitante era no contar con aulas adecuadas, y tener que soportar el calor o el frío según la época del año. En todos los casos los directivos manifestaban haber informado ante las autoridades pertinentes tal situación, no obteniendo respuestas positivas que permitieran solucionar los problemas.

En varios agrupamientos, las distancias físicas y las condiciones del transporte hacían que la llegada a la escuela sede tuviera algunos inconvenientes, causados en muchos casos por:

- Excesivo tiempo de desplazamiento entre el lugar de residencia de los capacitadores y la sede, como consecuencia de las distancias y tramos que se deben realizar para llegar a la localidad donde se encuentra la escuela sede.

- La imposibilidad de contar con transporte público directo, o en el caso de disponer del mismo, la frecuencia reducida de recorrido y/o su escasa capacidad para transportar los pasajeros (en algunos casos los docentes y capacitador tuvieron que viajar parados)
- La inseguridad de esperar en la ruta para lograr que pase algún vehículo que pueda acercarse al capacitador, ante la falta de transporte público.
- La necesidad de contratar un taxi para el desplazamiento, que en muchos casos no cumplía con el horario prometido y/o que no disponía de lugar; y/o que además, no contaba con la seguridad necesaria para el traslado de pasajeros.
- Zonas complicadas y/o peligrosas que deben atravesar los capacitadores.

Dependiendo de las restricciones gremiales, las capacitaciones se realizaron en horario escolar, o a contra turno, o los días sábados. El cronograma sufrió varias modificaciones debido principalmente a la superposición de jornadas de capacitación organizadas por la provincia o por nación, lo que derivaba en ausencia de los docentes. Ante estas situaciones planteadas, se recurría a la realización de jornadas dobles a los fines de recuperar encuentros suspendidos. Esta última situación fue, en la mayoría de los casos, muy bien aceptada por los docentes ya que de esta manera les permitía reducir la cantidad de encuentros que restaban.

El inicio de la capacitación estuvo cargado de expectativas y entusiasmo de los docentes inscriptos, hubo varios que tenían sus expectativas puestas en una capacitación de tipo más informática, por ejemplo aprender algún aplicativo específico o a navegar por Internet, pero la mayoría buscaban poder aplicar lo aprendido con los alumnos; se observaba más interés en trabajar directamente en las netbook, navegar la calesita, investigar los recursos que trae, también cuando se les pidió recabar información acerca del material audiovisual de la escuela, quedaron admirados de la cantidad de material que hay y muchos desconocían.

En los grupos, muy variados, había maestros que nunca antes habían trabajado con computadora, algunos temerosos y desmotivados, y otros más experimentados que ya utilizaban la tecnología en sus clases, y que ayudaban y apoyaban a los más reticentes.

En cuanto a la construcción del aprendizaje, la opinión de los capacitadores en su mayoría, es que se pudo observar un trabajo superador en los docentes, desde el momento de inicio hasta el final. Los docentes progresaron considerablemente, considerando que muchos de ellos tenían miedo utilizar las computadoras. Algunos incluso compraron sus propias netbook durante el proceso y pudieron trabajar en sus hogares. Las primeras clases muchos no sabían ni encenderlas y al final ya retiraban las netbook del carro con total soltura, las prendían e ingresaban solitos tanto a la Calesita como a las Aulas Virtuales. También se sorprendieron con la inmensa cantidad de material audiovisual que tienen para enriquecer las clases, tanto en las netbooks como en la biblioteca de la escuela.

Los capacitandos en su mayoría no utilizaban el trabajo en red, o los pocos que tenían competencias o conocimientos, no los aplicaban, la provisión de las ADM y el entorno de las aulas virtuales fueron cruciales en las competencias adquiridas.

4. Resultados de la Capacitación.

Luego de los 8 meses de capacitación, el porcentaje de aprobados en relación a la cantidad de inscriptos fue en promedio del 71%. El siguiente gráfico muestra la relación entre el total de inscriptos y el total de aprobados.

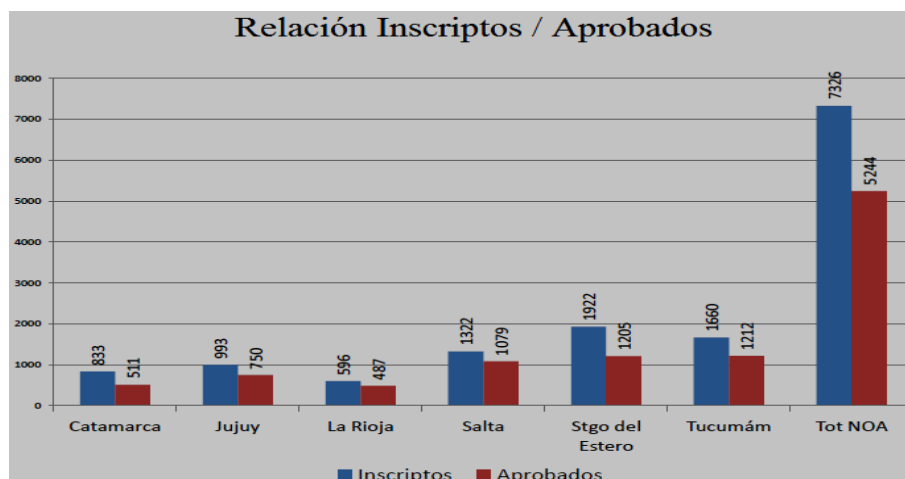


Figura 5. Relación Inscriptos / Aprobados
Fuente: elaboración propia

Al finalizar el dispositivo se aplicó una encuesta de opinión tanto a los capacitadores como a los capacitandos, arrojando resultados interesantes, que podrían ser sumamente útiles para la posible aplicación de capacitaciones futuras.

4.1. La opinión de los capacitadores

Los capacitadores se auto percibieron como muy satisfechos por la tarea desarrollada; consideraron que con esta experiencia crecieron profesionalmente. A través de los distintos informes presentados por los capacitadores, se puede concluir que en su mayoría destacan que la consolidación del equipo fue fácil, rápida y amigable; quizás porque muchos de ellos se conocían anteriormente por haber trabajado en otras capacitaciones similares.

Destacaron también el papel fundamental que tuvieron las TIC, especialmente en la comunicación entre ellos y también con el Coordinador Provincial. En la mayor parte de los casos ante dudas o inconvenientes técnicos la ayuda llegaba inmediatamente, tanto del Coordinador o Auxiliar Informático como también de sus compañeros.

En cuanto a su percepción de la Apropriación de los contenidos propuestos en relación a la práctica pedagógica opinaron:

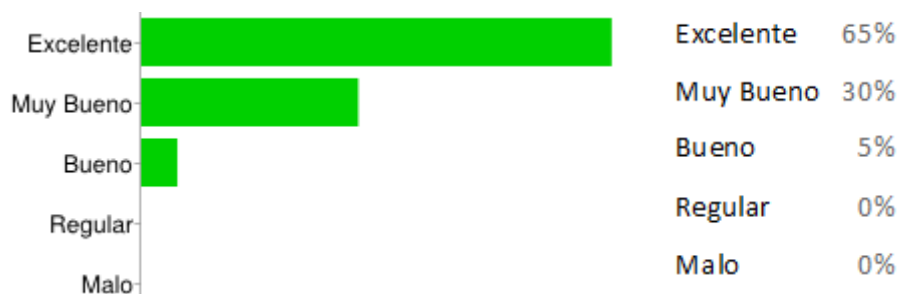


Figura 6. Opinión de los Capacitadores en relación a los capacitandos
Fuente: elaboración propia

4.2. La opinión de los docentes capacitados.

Pudo observarse que la relación entre los docentes era al comienzo distante, o de grupos que no se hablaban entre sí. Al finalizar estuvieron totalmente integrados, inclusive con directivos y supervisores, donde las jerarquías desaparecieron en el transcurso de la capacitación. En cuanto al vínculo establecido entre los capacitadores y los capacitandos, la mayoría coincidió en que el mismo se basó en el respeto, la confianza, el afecto.

Con respecto a cómo se encontraban los capacitandos al inicio del dispositivo:



Figura 7. Motivación de los capacitandos al inicio del dispositivo

Fuente: elaboración propia

Muchos de ellos expresaron su alegría por haber conformado un grupo en que llegaron a compartir también aspectos propios de la vida personal e institucional, creando vínculos muy sólidos.

Los aspectos salientes de la encuesta aplicada reflejan las siguientes opiniones:

- Que hay nuevas formas de enseñar y de aprender, que deben estar predispuestos al cambio que implica este nuevo tiempo que vivimos, de ruptura de barreras de tiempo y espacio, de inmediatez en la información.
- Que incorporar la tecnología en las aulas es atractivo para los alumnos por cuanto ellos nacieron con la tecnología y les resulta muy sencillo aprender a utilizarla, pero en general no la aprovechan de manera productiva.
- Que la televisión es un elemento presente en todos los hogares por lo que su uso en las aulas resulta muy favorable, para enseñar a los niños a ser más críticos y selectivos en lo que ven, pero sobre todo porque no se va a “ver” televisión en la escuela sino a trabajar “con” y “a partir de ella”, con el acompañamiento de una propuesta pedagógica.

5. Conclusiones.

El diseño de las políticas educativas en nuestro país, no siempre viene acompañado de una coordinada estrategia de intervención.

El caso de la puesta en marcha del dispositivo Primaria Digital, generó en los actores involucrados innumerables expectativas y produjo invalorable resultados, que se han visto empañados por una débil planificación de las formas de implementación.

La Universidad Nacional de Catamarca ha logrado en general sobrellevar eficientemente las dificultades de la gestión y puesta en marcha del dispositivo. Es importante destacar la excelente comunicación interna del equipo de trabajo, que logró articular discursos y metodologías a veces disímiles, que mostraron las políticas educativas de Nación y de las provincias del NOA. De esta manera la universidad supo escuchar las demandas concretas que se generaron y desarrollar estrategias superadoras de intervención.

No obstante haber superado exitosamente dificultades técnicas, geográficas y hasta logísticas, y de haber logrado en muchos casos articular políticas educativas que competían entre sí y que, de no haber sido por la participación de la UNCA, no se hubieran podido implementar, queda el sabor amargo de que en algunas provincias la acreditación de la capacitación realizada se efectivizó recién a los 18 meses de finalizada, mientras que en otras provincias aún no han logrado la formalización de la acreditación del curso, lo cual impacta negativamente en la imagen universitaria.

Queda en el colectivo de docentes de nivel primario implicado en el proyecto una dualidad de sensaciones: por un lado, haber participado –y eventualmente haber aprobado– una capacitación que estuvo durante 8 meses a cargo de una institución pública universitaria. Sin embargo les queda también la sensación de que la universidad no ha cumplido con las expectativas de la formalización de la acreditación. Este colectivo de docentes no logra identificar las responsabilidades institucionales de las organizaciones participantes, comunicando su frustración a la universidad, que finalmente se convierte en la única institución que hasta la fecha ha escuchado sus reclamos.

La universidad se convierte de esta manera en un receptor de reclamos sociales y en un intermediario de los mismos ante los organismos correspondientes, respondiendo de esta manera a un compromiso ineludible de la responsabilidad que le cabe. La universidad ha tomado este caso como una experiencia que se encuentra en investigación y que derivará en propuestas concretas de diseño de políticas públicas.

6. Referencias

- [1] RAMA C (2006). *La Tercera Reforma de la Educación Superior en América Latina y el Caribe: masificación, regulaciones e internacionalización*. Revista Educación y Pedagogía, vol. XVIII, núm. 46.
- [2] MARTÍNEZ C. (2011). *Responsabilidad Social Universitaria y su Articulación con las Funciones Docencia-Investigación-Extensión para su Vinculación con el Entorno Social*. IESALC. Consultado Mayo 2014:
http://iesalc.unesco.org.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=2595%3Aresponsabilidad-social-universitaria-y-su-articulacion-con-las-funciones-docencia-investigacion-extension-para-su-vinculacion-con-el-entorno-social&catid=126%3Anoticias-pagina-nueva&Itemid=712&lang=es

- [3] UNESCO (2009). *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, “La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo”*, París, Unesco.
- [4] UNESCO (2015). *Institutionalising Community University Research Partnerships*. University of Victoria.
- [5] GANDINI V., FERNÁNDEZ N (2014). *Informe Final Provincia de La Rioja. Primaria Digital Región NOA*. UNCA-MEN.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESTIMACIÓN DEL APORTE BIOENERGÉTICO DE LAS PROVINCIAS DE MISIONES Y CORRIENTES A LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE BIOETANOL

Milton Eduardo Sosa, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones,
mesosa@fceqyn.unam.edu.ar

María Angélica Sosa, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad
Nacional de Misiones, angiesosa@fceqyn.unam.edu.ar

Gustavo Manuel Gonzalez, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales,
Universidad Nacional de Misiones, gustavomgonzalez@gmail.com

Laura Lidia Villalba, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad
Nacional de Misiones, lavilla65@gmail.com

José Antonio Posluszny, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones,
mesosa@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen— El último balance energético nacional demostró una alta dependencia a los combustibles fósiles y sus derivados, que continúa en nuestro país. Para paliar esta situación y los variados problemas acarreados por el uso de dichas fuentes de energía, existen regulaciones que imponen la mezcla de biocombustibles con los combustibles fósiles.

En este contexto, las provincias de Misiones y Corrientes surgen como potenciales productoras de bioetanol, ya que cuentan con una variada producción primaria de cultivos bioenergéticos regionales. En este trabajo, se toman en cuenta los cultivos de maíz, caña de azúcar y mandioca para ambas provincias; y residuos forestales de eucalipto para la provincia de Corrientes.

Los objetivos planteados fueron: i) obtener una capacidad de producción de bioetanol para la región a partir de la materia prima actualmente disponible y ii) cuantificar el aporte de la producción estimada a la producción de bioetanol nacional.

Para ello, se utilizaron las relaciones estequiométricas típicas, datos de relevamiento de cultivos y datos de producción de bioetanol argentino por provincia. Para estimar el aporte a la producción de bioetanol nacional se consideró únicamente un quinto de la producción total de la región.

Los resultados evidencian un gran potencial para la región como productora de bioetanol, con un aporte de 75.950 m³/año a la producción actual nacional (aproximadamente un 10%).

Palabras clave— *bioetanol, cultivos energéticos, Corrientes, Misiones.*

1. Introducción

La energía en sus diferentes formas y aplicaciones, constituye un bien social y una necesidad permanente para el desarrollo. Su adecuado uso y maneras de obtención, constituyen un debate permanente, que se replantea conforme evolucionan ciertos estándares de medición.

Si bien el temor al agotamiento de una de las fuentes de energía principales como el petróleo parece revertirse al detectarse megareservas de este hidrocarburo, lejos están de resolverse los

inconvenientes medioambientales generados por la quema de combustibles fósiles. Peor aún, el panorama se agrava [1, 2].

El incentivo al desarrollo de diferentes tipos de biocombustibles que puedan sustituir a los combustibles fósiles se vislumbra hoy como la alternativa más lógica y socialmente más digna.

Entre los diferentes biocombustibles descritos, el etanol de obtención fermentativa ha sido reconocido como una importante alternativa a los combustibles fósiles para el transporte [3]. Como consecuencia de esto, se puede ver que la producción mundial de bioetanol para combustibles ha aumentado desde un valor cercano a los 14 millones de metros cúbicos en 2005 a más de 93 millones en el 2014 [4]. Más recientemente, en la conferencia de París sobre el cambio climático (30 de noviembre - 11 de diciembre de 2015), 195 países reunidos en esa ciudad aprobaron un acuerdo final que se entrará en vigor a comienzos de 2016. Este es el primer acuerdo en el que tanto naciones desarrolladas como países en desarrollo se comprometen a gestionar la transición hacia una economía baja en carbono [5].

El bioetanol se puede producir a partir de diferentes tipos de materias primas, las cuales se subdividen en tres grupos principales de acuerdo a la forma en que se encuentran los azúcares en su composición: azucaradas cuando las moléculas de azúcar están libres, amiláceas cuando se encuentran polimerizadas en almidón, o lignocelulósicas cuando los azúcares se encuentran conformando celulosa y hemicelulosa. En este amplio conjunto de materias primas se destacan la caña de azúcar y el maíz, siendo este último, el material más utilizado para la producción industrial de bioetanol en Estados Unidos [6, 7].

Si bien los biocombustibles como el bioetanol no se presentan como una solución definitiva para reemplazar al petróleo, sí representan la alternativa más viable a mediano plazo para paliar una crisis energética inminente, hasta que otras energías alternativas como la solar o la eólica se desarrollen definitiva, técnica y económicamente. Deben mencionarse aquí también nuevas alternativas estudiadas actualmente, como los sistemas híbridos que utilizan otras fuentes de energía renovables (solar, eólica) combinadas con el uso de bioetanol [8, 9, 10].

Los biocombustibles, por definición, se caracterizan por producirse a partir de biomasa y, en el caso del bioetanol y el biogas, a través de la acción de microorganismos. Los cultivos bioenergéticos, por su parte, pueden reducir o compensar las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la combustión de los biocombustibles, a través de la absorción directa del dióxido de carbono del aire a medida que crecen y lo almacenan en la biomasa y el suelo. Además de biocombustibles, muchos de estos cultivos generan productos complementarios como proteínas para la alimentación animal, fertilizantes, e incluso biomasa residual de alto poder calorífico para la producción de energía eléctrica, calor y/o vapor para la industria, mediante incineración [11, 12].

En Argentina, con la sanción de la Ley nacional N°26.093 del año 2006, se establece que los combustibles líquidos deben mezclarse con biocombustibles, siendo el corte mínimo del 5% del volumen total producido. Recientemente, el gobierno nacional incrementó el corte de bioetanol en los combustibles, elevándolo a un valor entre el 10% y el 12%. Las motonaftas se deben mezclar con bioetanol anhidro y el gasoil con biodiesel. Por otro lado, la Ley de Energías Renovables (N° 26.190) fomenta el uso de fuentes renovables para la producción de energía, haciendo que la matriz energética Argentina se encuentre actualmente en una etapa de transición hacia un nuevo paradigma en cuanto a la administración de sus recursos energéticos. Sin ir más lejos, la RFA (Renewable Fuels Association) de Estados Unidos incluyó en el 2015 a la Argentina entre los primeros productores de bioetanol a escala mundial [4].

Sin embargo, a partir de datos obtenidos del balance energético nacional del año 2014 [13], se estimó que la producción de bioetanol (280.982 m³) no fue suficiente para cubrir la demanda

necesaria (456.743 m³). De esta manera, se observa que existió un déficit de 175.760 m³ de bioetanol para mezcla con combustibles, evidenciando el incumplimiento de la Ley 26.093. Por esta razón, surge la necesidad de generar proyectos que permitan fomentar y acrecentar este tipo de industrias; contar con estudios que permitan identificar y caracterizar las regiones del país con potencial de producción para biocombustibles, tendrá una gran importancia en los próximos años.

En la Argentina son seis las provincias que se dedican a producir bioetanol para mezcla con combustibles. Las provincias de Córdoba y Tucumán representan casi el 70% de la producción nacional, utilizando como materia prima maíz y caña de azúcar, respectivamente. Las restantes provincias que integran esta industria son Salta, Jujuy, Santa Fé y San Luis [14]. Por su parte, el nordeste argentino, conformado por las provincias Formosa, Corrientes, Chaco y Misiones, se caracteriza por ser una de las regiones agroindustriales más productivas a nivel nacional. Entre estas provincias, Misiones y Corrientes presentan un gran perfil agrícola como productoras de diversos cultivos, razón por la cual se las podría considerar como una región estratégica para la producción de biocombustibles.

En este contexto y con bases en los resultados obtenidos en trabajos previos [15, 16], la provincia de Misiones se muestra como potencial productora bioetanol. Esta potencialidad se basa principalmente en la aptitud y calidad de sus suelos y en las buenas características agroclimáticas que presentan para los cultivos bioenergéticos, propiciando el crecimiento de los cultivos caña de azúcar, mandioca, maíz y madera. En la actualidad, el único productor alcoholero en las provincias es el Ingenio Azucarero ubicado en el Departamento de San Javier de Misiones. El mismo, produce un alcohol grado 96 con un 22% de rendimiento en melaza, que se destina a la elaboración de licores. La capacidad de producción de su destilería es de 70.000 litros de alcohol diarios, los cuales pueden ser purificados en dos torres destilorectificadoras: una de acero inoxidable con capacidad de 50.000 litros al día y otra completamente fabricada de chapas de cobre con una capacidad de 20.000 litros diarios [17]. Se debe mencionar aquí, que esta última es una columna diseñada especialmente para la industria de bebidas alcohólicas y no para la producción de alcohol para combustibles.

Por su parte, la provincia de Corrientes comparte parte de las características agroclimáticas de Misiones y entre sus cultivos primordiales se encuentran el arroz, el maíz, la yerba mate, la soja, el tabaco, diferentes variedades de cítricos, el té y el algodón entre otros. Además, reúne condiciones únicas a nivel nacional para la producción concentrada y sostenible de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos [18]. A nivel nacional, la provincia de Corrientes se posiciona como el segundo productor forestal nacional, siendo a la vez el principal productor de Eucalipto Rosado (*Eucalyptus grandis*), concentrándose su producción en los departamentos de Paso de los Libres, Monte Caseros, Santo Tomé e Ituzaingó (Figura 1).

La disponibilidad potencial de los residuos de forestales viene dada por la gran capacidad aserradora de la provincia, la baja competitividad de industrias por la demanda de estos residuos y los elevados costos de envío a zonas de mayor demanda. Así, se vislumbra un escenario muy prometedor, con materia prima de excelencia en cantidades abundantes que actualmente no se aprovechan, y se prevé una oportunidad para la producción viable y sustentable de bioetanol de segunda generación.

De esta manera, en el presente trabajo se evaluará el potencial de la región conformada por las provincias de Corrientes y Misiones como productora de bioetanol a partir de la materia prima actualmente disponible. Para ello, se establecen los siguientes objetivos:

- Obtener una capacidad de producción de bioetanol para la región a partir de maíz, mandioca, caña de azúcar y residuos de eucalipto.

- Cuantificar el aporte que dicha producción representaría en la actual industria nacional de bioetanol.

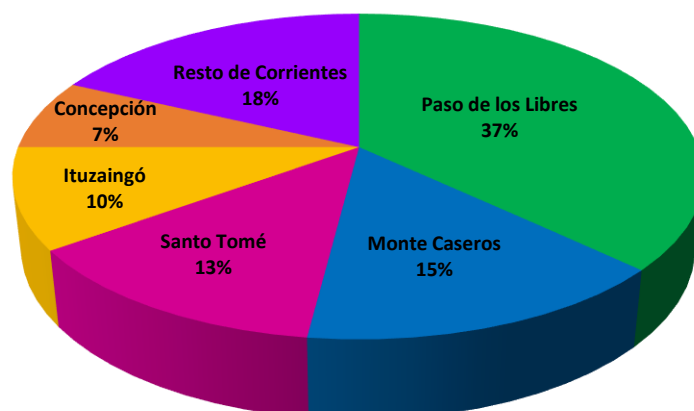


Figura 1. Proporción de superficie forestada con eucalipto en la provincia de Corrientes.

Fuente: Dirección de Recursos Forestales de la provincia de Corrientes [19]

2. Materiales y Métodos

2.1. Selección y análisis de las potenciales materias primas para la producción de bioetanol.

Los cultivos utilizados en este trabajo como material de partida para la producción de bioetanol, se seleccionaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Contenido alto de fuentes de carbono accesibles para la fermentación alcohólica.
- b) Aptitud para la producción agrícola en la zona: deben contar con aptitud edáfica y agroclimática para su producción. Preferentemente aquellos que cuenten con un historial de productividad en la zona.

De esta manera, se seleccionaron los cultivos de caña de azúcar, maíz, mandioca y material lignocelulósico. Estos cultivos cuentan con un gran arraigo en la producción agrícola en la provincia de Misiones, tanto como cultivos para el autoconsumo como industriales. Lo mismo sucede con la provincia de Corrientes aunque, si bien presenta aptitudes para estos tres cultivos, actualmente no es productora de caña de azúcar a nivel industrial.

Por otro lado, la actividad forestal se encuentra fuertemente marcada en ambas provincias. Sin embargo, en este trabajo no está contemplada como posible materia prima para la producción de bioetanol en la provincia de Misiones. Esto se debe a que la legislación provincial actual regula a toda industria que requiera de combustible a sustituir la leña de bosques nativos por leña renovable y otros productos de biomasa forestal, como fuente de energía. De esta manera, se pretende disminuir la deforestación y mejorar la eficiencia energética en los procesos industriales.

Los datos de plantaciones de maíz y caña para Misiones y Corrientes se obtuvieron del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA) perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) [20]. Los datos de las plantaciones de Mandioca para ambas provincias fueron provistos por expertos del INTA [21]. Una vez obtenidas las superficies plantadas de los cultivos de interés, y con base en las prácticas agrícolas vigentes reportadas

por el MAGyP y el INTA, se pudieron obtener los rendimientos provinciales para maíz, mandioca y caña de azúcar en función de las toneladas producidas por hectárea cosechada.

En cuanto al material lignocelulósico, los datos de partida se obtuvieron de la Dirección de Recursos Forestales de la provincia de Corrientes (DRF) [19], y a partir de ellos se calculó el rendimiento en toneladas de residuos de eucalipto por hectárea forestal inventariada. La tabla 1 resume los rendimientos provinciales de cultivos analizados para las provincias de Corrientes y Misiones.

Tabla 1. Rendimientos provinciales de cultivos en Misiones y Corrientes.

Provincia	Cultivo	Rendimiento (kg/ha)
Misiones	Caña de azúcar	80.000
	Maíz	3.000
	Mandioca	21.000
Corrientes	Maíz	3.000
	Mandioca	21.000
	Residuos lignocelulósicos	1.700

Fuente: Elaboración propia

2.2. Rendimientos en azúcares.

Los rendimientos de sacarificación se establecieron con base en el contenido de azúcares fermentables que pueden extraerse de las materias primas seleccionadas. Debe mencionarse aquí, que para los residuos de eucalipto se utilizó un rendimiento volumétrico de bioetanol por unidad de peso de materia prima de 0,46 m³/Tn [18]; de esta manera no resultó necesario obtener y utilizar rendimientos intermedios.

Para la caña de azúcar, con base en los datos proporcionados por Cardona et al. [22], Seabra [23] y Horta Nogueira [24], se elaboró la tabla 2 que muestra la composición química centesimal promedio de la caña de azúcar (en base seca). El agua constituye casi el 70% del peso de la caña de azúcar, mientras que los azúcares representan aproximadamente un 15% del peso de la misma. De esta manera, se toma este último como “rendimiento de azúcares” para este cultivo.

Para el maíz, a partir de los datos experimentales obtenidos por Sosa [11] se elaboró la tabla 3, que muestra el contenido porcentual de las sustancias que componen al grano. Como se observa, el almidón de maíz constituye aproximadamente las dos terceras partes del grano (en base seca). Con esta base, se tomará un contenido promedio de almidón del 67% para los cálculos realizados en este trabajo.

El rendimiento en almidón de mandioca se obtuvo a partir de datos reportados por diferentes autores [21, 25, 26]. Estos datos se resumen en la tabla 4, que presenta los porcentajes de los constituyentes de la raíz descortezada de mandioca, para la cual un tercio de su contenido está compuesto por almidón. En base a este contenido se tomará un rendimiento en almidón del 33% para la mandioca.

Tabla 2. Composición química centesimal promedio de la caña de azúcar en peso (en base seca).

Componentes	Porcentaje en peso
Agua (%)	69,7
Sacarosa (%)	13,5
Glucosa (%)	0,90
Fructosa (%)	0,60
Azúcares no fermentables (%)	0,35
Celulosa (%)	6,48
Hemicelulosa (%)	5,40
Lignina (%)	1,42
Proteína (%)	0,40
Grasa (%)	0,30
Ácidos orgánicos	0,10
Otros componentes reducidos (%)	0,35
Cenizas	0,50

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados [22, 23, 24]

Tabla 3. Composición química centesimal promedio de un grano de maíz (en base seca).

Componentes	Porcentaje en peso
Almidón (%)	66,6
Proteína cruda (%)	9,46
Fibra detergente (%)	21,2
Cenizas (%)	2,74

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados [11]

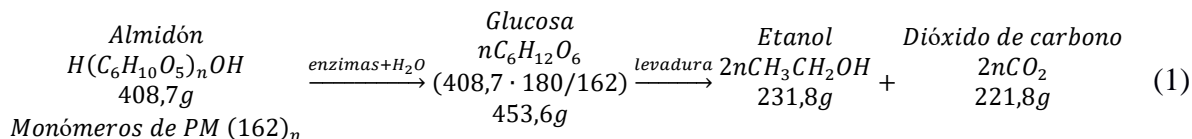
Tabla 4. Composición química centesimal promedio del tubérculo de mandioca.

Componentes	Porcentaje en peso
Agua (%)	65,2
Almidón (%)	32,8
Grasa (%)	0,40
Fibra (%)	1,00
Cenizas (%)	0,60

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados [21, 25, 26]

2.3. Rendimientos de fermentación.

Los rendimientos de fermentación para cada materia prima se obtuvieron a partir del balance estequiométrico presentado por Ingledew [27] (Ecuación 1).



2.4. Estimación del aporte de la región a la producción nacional.

Los volúmenes de producción de bioetanol a nivel nacional se obtuvieron de la Cámara de Alcoholes de la República Argentina [14] y se presentan en la tabla 5.

Una vez obtenidos los volúmenes de producción de bioetanol estimados para Corrientes y Misiones, se evaluó la participación que tendría la región conjunta a nivel nacional. Para ello, teniendo en cuenta que los valores presentados hasta aquí no tuvieron en cuenta los diversos destinos de cada material analizado (alimento, autoconsumo, quema, comercio, etc.), se tomó únicamente una fracción correspondiente a un quinto del total estimado.

Tabla 5. Volúmenes de producción de bioetanol por provincia a nivel nacional.

Provincia	Producción de bioetanol (m ³ /año)
Tucumán	172.157
Córdoba	276.200
Jujuy	54.440
Salta	70.498
San Luis	30.536
Santa Fe	53.320
TOTAL ARGENTINA	657.155.723

Fuente: Cámara de Alcoholes de la República Argentina [14]

3. Resultados y Discusión

En la tabla 6 se presentan los volúmenes de producción de bioetanol a partir de cada materia prima para la provincia de Misiones, como así también el total estimado a partir de las cosechas actuales de cada materia prima.

Como se puede apreciar, a partir de una superficie combinada de 71.630 hectáreas existentes de cultivos de maíz, mandioca y caña de azúcar, la provincia de Misiones tiene la capacidad de producir actualmente 226.207 m³ de bioetanol al año. Por otro lado, un resultado interesante de remarcar, es que la provincia presenta en la actualidad un mayor potencial de producción de bioetanol a partir de los cultivos de origen amiláceo (mandioca y el maíz) que a partir de caña de azúcar.

Debe remarcarse aquí que en el sector cañero argentino existen casos donde la mayoría de la materia prima proviene de productores que venden su producción a los ingenios, esto trae como desventaja que el productor pasa a ser la variable de ajuste que soporta la mayoría de las variaciones en el mercado. En el mes de marzo de 2015 la Confederación Argentina de la Mediana Empresa [28], expuso que la situación por la que atraviesa la caña de azúcar en Argentina es crítica, debido a los costos de producción en alta y el mismo valor de mercado del azúcar durante los últimos cuatro años.

Tabla 6. Producción teórica anual de bioetanol a partir del total de materias primas (M.P.) disponibles en la provincia de Misiones.

Cultivo (M.P.)	Maiz	Caña	Mandioca	TOTAL
Superficie sembrada (ha)	30.830	3.300	37.500	226.207 m³ de Bioetanol
Rendimiento (kg M.P./ha)	3.000	80.000	21.000	
Producción (Tn M.P.)	92.490	264.000	787.500	
Rendimiento de azúcares	67%	15%	32%	
Almidón producido (Tn)	61.968,30	0	252.000	
Azúcares producidos (Tn)	68.776,20	39.600	279.684,90	
Bioetanol producido (Tn)	31.631,60	18.212,90	128.632,90	
Bioetanol producido (m ³)	40.091	23.083	163.033	

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, en la tabla 7 se presentan los volúmenes de producción de bioetanol a partir de cada materia prima en la provincia de Corrientes.

Si bien Corrientes presenta un mayor potencial de producción a partir de residuos lignocelulósico que a partir de los cultivos amiláceos, la capacidad de producción total estimada para la provincia resulta un poco menor que la obtenida para Misiones.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a pesar de poseer un clima que resulta muy favorable para el cultivo de una gran variedad de productos, el principal cultivo en el suelo correntino lo constituye el arroz. Así, a modo comparativo, se puede ver que las hectáreas cultivadas con potenciales cultivos bioenergéticos (mandioca y maíz), resultan ser aproximadamente la mitad que las correspondientes a Misiones.

De esta manera, la región que compuesta por las provincias de Corrientes y Misiones posee una capacidad potencial de producción de bioetanol actual de aproximadamente 380 millones de litros de bioetanol.

Por otro lado, en la figura 2(a) se muestra la actual participación (2014) de cada una de las provincias a la industria nacional de bioetanol para combustibles. En la figura 2(b) se agrega el aporte potencial de la región bajo estudio, considerando que ambas provincias destinasen solamente un quinto del total de sus cultivos bioenergéticos a la producción de bioetanol.

Como se puede apreciar, Misiones se ubicaría en el sexto lugar de importancia con un 6,17% de participación (45.241 m³/año), mientras la provincia de Corrientes tendría una participación casi igualitaria a la provincia de San Luis (30.709 m³/año).

Tabla 7. Producción teórica anual de bioetanol a partir del total de materias primas (M.P.) disponibles en la provincia de Corrientes.

Cultivo (M.P.)	Maiz	Mandioca	Residuos lignocelulósicos	TOTAL
Superficie sembrada (ha)	14.455	16.500	80.941	153.827 m³ de Bioetanol
Rendimiento (kg M.P./ha)	3.000	21.000	1.700	
Producción (Tn M.P.)	43.365	346.500	137.600	
Rendimiento de azúcares	67%	32%	-	
Almidón producido (Tn)	29.054	110.880	-	
Azúcares producidos (Tn)	32.246	123.061	-	
Bioetanol producido (Tn)	14.830	56.594	49.937	
Bioetanol producido (m ³)	18.797	71.734	63.296	

Fuente: Elaboración propia

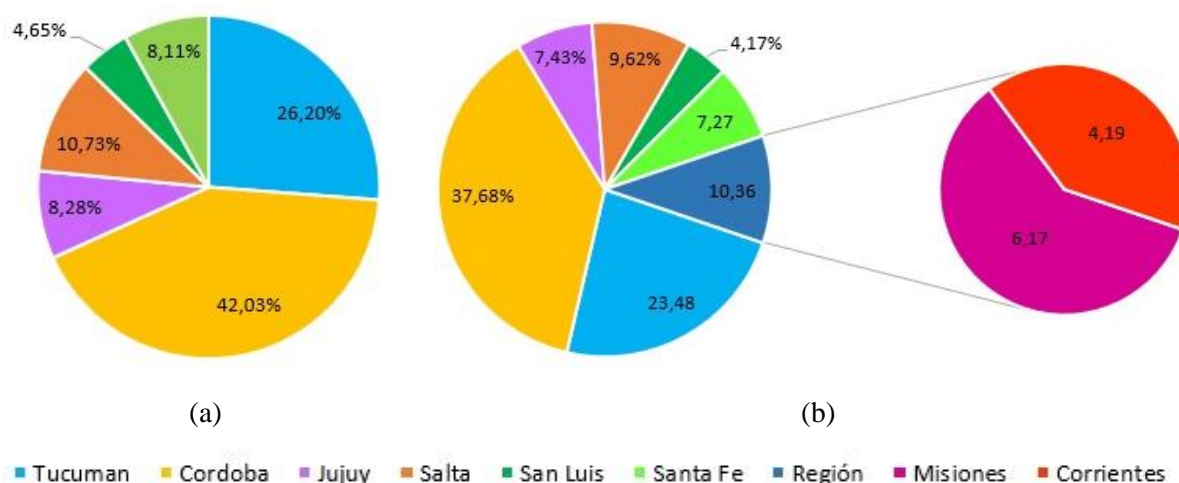


Figura 2. Participación actual sin la región (a) y con la región Corrientes-Misiones (b) de cada una de las provincias a la industria nacional de bioetanol.

Fuente: elaboración propia

Así, los resultados obtenidos hasta aquí muestran que si la región destinase el 20% de su producción primaria actual de maíz y mandioca, el 20% de los residuos lignocelulósicos de eucalipto de la provincia de Corrientes y el 20% de la producción actual de caña de azúcar, la industria nacional de bioetanol crecería un 11,56% con respecto a su valor actual.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos han permitido demostrar el gran potencial de la región bajo estudio para la producción bioetanol. Ante un panorama que, a nivel país, incentiva su desarrollo y la continuidad del estudio y análisis del impacto ambiental, la viabilidad técnica y la factibilidad económica de los procesos de producción relacionados a cada una de las materias primas.

Los potenciales volúmenes de producción obtenidos en este trabajo, demuestran que existe una notable viabilidad de producción de bioetanol a partir de maíz y mandioca en la provincia de Misiones; mientras que para la provincia de Corrientes, los resultados mostraron que la materia prima más prometedora fue la basada en residuos de eucalipto. Sin embargo, se debe mencionar que la tecnología necesaria para una planta productora de bioetanol lignocelulósico se encuentra íntimamente ligada a la disponibilidad de enzimas que traten la materia lignocelulósica. Esto último es lo que representa actualmente el cuello de botella de esta industria en particular, debido a los altos costos de las enzimas celulolíticas.

El trabajo desarrollado permite prever la necesidad y recomendar el estudio de los criterios tecno-económico-sociales que serán los que en definitiva ayudarán en la toma de decisiones y la reconducción de los esfuerzos para una producción asequible, rentable y sustentable a nivel regional.

5. Referencias

- [1] IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.
- [2] PLASS, G.N., (1959). Carbon Dioxide and Climate. *Scientific American*, v.Julio, p.41-47.
- [3] GOVINDASWAMY, S.; VANE, L.M. (2007). Kinetics of growth and ethanol production on different carbon substrates using genetically engineered xylose-fermenting yeast. *Bioresource Technol.*, v.98, p.677–685.
- [4] RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. (2014). 2014 World Fuel Ethanol Production. Disponible en: <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production>.
- [5] CONFERENCIA DE LAS PARTES DE LA CONVENCION MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMATICO (COP21). (2015). Disponible en: <http://www.ambafrance-es.org/Presidencia-francesa-de-la-COP21>
- [6] VANE, L. (2005). A review of pervaporation for product recovery from biomass fermentation processes. *J Chem Technol Biot.*, v.80, p.603-629.
- [7] LYONS, T.P. (2003). Alcohol production: a traditional process changing rapidly, In: JACQUES, K.A., LYONS, T.P., KELSALL, D.R. (Ed.) *The alcohol textbook. 4th Edition*. Nottingham: Alltech Inc. p. x - xi.
- [8] FEROLDI, D.; DEGLIUOMINI, L.; BASUALDO, M. (2013). Energy management of a hybrid system based on wind-solar power sources and bioethanol. *Chemical Engineering Research and Design*, v.91, p.1440-1455.
- [9] OBARA, S. (2009). Hydrogen production characteristics of a bioethanol solar reforming system with solar insolation fluctuations. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.34, n.13, p.5347–5356.
- [10] OBARA, S. (2014). A simulation study of a bioethanol-solar-reforming system for proton-exchange membrane fuel cell home cogeneration system. *Energy Science and Engineering*, v.2, n.3, p.128–137.
- [11] SOSA, M.A. (2014). Tesis doctoral: “*Síntesis óptima de procesos híbridos con énfasis en la recuperación de solventes y la producción de bioetanol para combustibles*”, Santa Fe, FIQ-UNL.

- [12] SOSA, M.A.; CHOVAU, S.; VAN DER BRUGGEN, B.; ESPINOSA, J. (2013). Ethanol production from corn contaminated with fumonisins: A preliminary economic analysis including novel processing alternatives. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v.52, p.7504 – 7513.
- [13] SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN ARGENTINA. (2014). Balance Energético Nacional. Disponible en:
<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- [14] CÁMARA DE ALCOHOLES DE ARGENTINA. (2015). Disponible en:
<http://www.camaradealcoholes.org.ar/sito.html>
- [15] SOSA, M.E., GONZALEZ, G.M.; SOSA, M.A.; POSLUSZNY, J.A. (2015). Estimación del potencial de Misiones para la producción de bioetanol a partir de cultivos regionales. *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de la FCEQyN-UNaM*, Posadas, ISBN 978-950-766-112-0, pp. 328.
- [16] GONZALEZ, G.M.; SOSA, M.A.; SOSA, M.E.; POSLUSZNY, J.A. (2015). Suelos misioneros con aptitudes para la producción de cultivos energéticos regionales. *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de la FCEQyN-UNaM*, Posadas, ISBN 978-950-766-112-0, pp. 301.
- [17] INSTITUTO DE FOMENTO AGROPECUARIO E INDUSTRIAL. (2015). Ingenio Azucarero San Javier. Disponible en: <http://www.ifai.gov.ar/iasj.php#diez>.
- [18] GONZALEZ, G.M. (2015). Tesis de grado: *Bioetanol a partir de Eucalipto en el marco de una Biorrefinería*. Posadas: FCEQyN-UNaM.
- [19] DIRECCIÓN DE RECURSOS FORESTALES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. Disponible en: <http://recursosforestales.corrientes.gob.ar/>
- [20] SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA (SIIA) perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Disponible en:
http://www.siaa.gov.ar/_apps/siaa/estimaciones/estima2.php
- [21] FELTAN, R. (2015). El cultivo de Mandioca en la provincia de Misiones. Presentación E.E.A. INTA Montecarlo Misiones
- [22] CARDONA, C.A.; SÁNCHEZ, O.J.; GUTIÉRREZ, L.F. (2010). *Process synthesis for fuel ethanol production*. Boca Ratón: CRC Press. 415p.
- [23] SEABRA, J. E. A. (2008). Tesis doctoral: “*Análise de opções tecnológicas para uso integral da biomassa no setor de cana-de-açúcar e suas implicações*”. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.
- [24] HORTA NOGUEIRA, L.A. (2008). *Bioetanol de caña de azúcar : Energía para el Desarrollo Sostenible*. Rio de Janeiro: BNDES y CGEE. 317p.
- [25] FRETES, F. (2010). Mandioca: una opción industrial. Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Disponible en:
<https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/mandioca.pdf>
- [26] INFOAGRO. (2016). El cultivo de la yuca. Disponible en:
<http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>
- [27] INGLEDEW, W.M. (1999). Alcohol production by *Saccharomyces cerevisiae*: a yeast primer. In: JACQUES K.A, LYONS T.P. AND KELSALL D.R. (Ed.) *The alcohol textbook (3rd Edition)*. Nottingham: Alltech Inc. p.49 - 87.

- [28] CONFEDERACIÓN ARGENTINA DE LA MEDIANA EMPRESA (CAME).
Disponible en: <http://www.redcame.org.ar/contenidos/comunicado/Con-los-precios-y-la-demanda-en-baja-los-productores-de-azucar-enfrentan-una-situacion-critica.1178.html>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CULTIVOS REGIONALES DE MISIONES: RENDIMIENTOS DE MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCION DE BIOETANOL

Gustavo Manuel Gonzalez, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales,
Universidad Nacional de Misiones, gustavomgonzalez@gmail.com

María Angélica Sosa, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad
Nacional de Misiones, angiesosa@fceqyn.unam.edu.ar

Milton Eduardo Sosa, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones,
mesosa@fceqyn.unam.edu.ar

Laura Lidia Villalba, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad
Nacional de Misiones, lavilla65@gmail.com

José Antonio Posluszny, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones,
posluj@fio.unam.edu.ar

Resumen— El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar el suelo misionero a partir de parámetros básicos, reales y confiables sobre los principales cultivos bioenergéticos disponibles actualmente en la provincia. De esta manera, se obtienen rendimientos volumétricos de bioetanol por hectárea y por tonelada de cada una de los cultivos analizados (m^3/ha y m^3/Tn , respectivamente).

Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron como base a los datos de implantación, producción y cosecha de los diferentes cultivos amiláceos y azucarados disponibles en la provincia de Misiones (maíz, mandioca y caña de azúcar). Para estimar los rendimientos de bioetanol según cada materia prima, se consideraron primero los porcentajes promedio de almidón y azúcares contenidos en las mismas. Posteriormente, se utilizaron relaciones estequiométricas para la etapa de fermentación, considerado un factor de eficiencia de 0,9.

Los resultados obtenidos indican rendimientos de $1,30 \text{ m}^3/\text{ha}$ para el maíz, $4,35 \text{ m}^3/\text{ha}$ para la mandioca y $6,99 \text{ m}^3/\text{ha}$ para la caña de azúcar. Por otro lado, los rendimientos volumétricos de bioetanol por tonelada de materia prima son de $0,43 \text{ m}^3/\text{Tn}$ para el maíz, $0,21 \text{ m}^3/\text{Tn}$ para la mandioca y $0,09 \text{ m}^3/\text{Tn}$ para la caña de azúcar.

De esta manera, el cultivo con mayor rendimiento en bioetanol por unidad de superficie resultó ser la caña de azúcar, mientras que el maíz demostró tener un mayor rendimiento por unidad de masa.

Palabras clave — Bioenergía, bioetanol, cultivos regionales, Misiones.

1. Introducción

Durante los últimos años hemos atestiguado un crecimiento continuo de la población mundial. Como es de esperar, este crecimiento poblacional vino acompañado por una continua erosión del suelo, y significativa desertificación por acción antropológica directa: agricultura y urbanización. Todo lo anterior se agrava, cuando ello implica una mayor demanda de energía, alimentos (humanos), comida (ganado) y fibras.

Desde inicios del siglo pasado se pensó en el petróleo, el gas natural y el carbón como fuentes de energía económicas y abundantes. Sin embargo, en las últimas décadas se ha demostrado que estas fuentes energéticas son recursos finitos y, por sobre todo, no renovables. Estos hechos evidencian la necesidad de encontrar fuentes de energía alternativas y renovables, y la urgencia en despertar una conciencia global sobre sustentabilidad, ahorro y eficiencia [1].

En general, la matriz energética mundial está conformada por un 30% de energía derivada de petróleo, un 30% por energía derivada de carbón natural, un 20% por energía derivada de gas natural, y el resto deriva de otras fuentes menos utilizadas como la energía nuclear, hidroeléctrica, biomásica, etc [2]. Sin embargo, los expertos [2, 3] estiman que la proporción de petróleo utilizada globalmente disminuirá en los próximos años, dando mayor participación a fuentes como la biomasa y el gas natural.

Si bien los biocombustibles no se presentan como una solución definitiva para reemplazar al petróleo, sí representan la alternativa más viable a mediano plazo para paliar una crisis energética inminente, hasta que otras energías alternativas como la solar o la eólica se desarrollen definitivamente, técnica y económicamente. Sin ir más lejos, en la conferencia de París sobre el cambio climático realizada recientemente (30 de noviembre - 11 de diciembre de 2015), 195 países reunidos en esa ciudad aprobaron un acuerdo final que entrará en vigor a comienzos de 2016. Este es el primer acuerdo en el que tanto naciones desarrolladas como países en desarrollo, se comprometen a gestionar la transición hacia una economía baja en carbono [4].

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenidos de manera renovable a partir de materia orgánica. Esto implica que cumplen un ciclo biológico: el ciclo del carbono. De esta manera, las emisiones de CO₂ producidas durante su elaboración (por fermentación), como así también durante la combustión de los mismos al ser utilizados, vuelve a ser absorbida por las plantas (materias primas) mediante su fotosíntesis.

Si bien el petróleo también es un residuo orgánico, no puede ser obtenido de manera renovable, ya que se sintetiza naturalmente a partir de materia orgánica acumulada durante enormes períodos de tiempo.

Los principales tipos de biocombustibles según el Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología [5] se muestran en la tabla 1. El carácter renovable de los mismos contribuye al desarrollo sustentable de la humanidad, ya que permite satisfacer las necesidades energéticas presentes y en el tiempo, sin afectar las necesidades de las generaciones futuras.

Tabla 1. Principales tipos de biocombustibles

SÓLIDO	LÍQUIDO	GASEOSO
Carbón Vegetal Leña Briquetas Paja Astillas	Alcoholes Aceites vegetales y ésteres derivados Aceites de pirólisis	Gas de gasógeno Biogás Hidrógeno

Agregar Fuente: Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología [5]

En la actualidad, las principales naciones productoras de biocombustibles según la “Asociación de combustibles renovables” [6] y la “Administración de información de energía de EE.UU.” [7] son: Estados Unidos, Brasil, Alemania, Francia, China, Argentina, Canadá, Tailandia e India. Estados Unidos es el principal productor de maíz a nivel mundial y destina más del 20% de su cosecha a la producción de bioetanol [8], posicionándose por lo tanto, como nación líder en cuanto al volumen producido de bioetanol de maíz.

En Latinoamérica, por otro lado, los primeros usos de bioetanol producido para ser utilizado como combustible en automóviles (utilizó caña de azúcar como materia prima) datan de mediados la década del 70'. En aquel momento, y a partir de la crisis del petróleo, el gobierno de Brasil implementó el programa “pro-alcohol”. Este programa recibió especial atención ya que el gobierno proporcionó estudios de mercado, transferencia tecnológica e inclusive subsidios a plantas destiladoras de bioetanol. De esta manera, en 1.980 la industria automotriz en Brasil adoptó el bioetanol como combustible alternativo para sus vehículos, ofreciendo modelos que funcionaban exclusivamente con bioetanol o con gasolina. En el año 2003, se lanzó la versión de autos FLEX, una versión híbrida que permite a los vehículos funcionar tanto con gasolina como con mezcla gasolina-bioetanol. Esta tecnología aún se encuentra vigente en más de la mitad del parque automotor brasileño según informa el Ministerio de Minas y Energía [9].

En Argentina, la Ley nacional N°26.093 del año 2006 establece que los combustibles líquidos deben mezclarse con biocombustibles, siendo el corte mínimo del 5% del volumen total producido. Recientemente, el gobierno nacional incrementó el corte de etanol en los combustibles, elevándolo a un valor entre el 10% y el 12%. Sin embargo, a partir de datos obtenidos del balance energético nacional del año 2014 [10], se estimó que la producción de bioetanol (280.982 m³) no fue suficiente para cubrir la demanda necesaria (456.743 m³), evidenciando un déficit de bioetanol para mezcla con combustibles.

Entre las provincias argentinas que se dedican a producir bioetanol para mezcla con combustibles, las provincias de Córdoba y Tucumán representan casi el 70% de la producción nacional, utilizando como materia prima maíz y caña de azúcar, respectivamente. Las restantes provincias que integran esta industria son Salta, Jujuy, Santa Fé y San Luis [11].

Teniendo en cuenta que los automóviles convencionales pueden utilizar naftas con niveles de mezcla con bioetanol de hasta el 15% sin tener que modificar su tecnología, se pueden prever aumentos en la demanda de bioetanol para los próximos años. Por esta razón, surge la necesidad de generar proyectos que permitan fomentar y acrecentar este tipo de industrias. Contar con estudios que permitan identificar y caracterizar las zonas con potencial de producción para biocombustibles, tendrá una gran importancia para la región en los próximos años.

El nordeste argentino conformado por las provincias Formosa, Corrientes, Chaco y Misiones, se caracteriza por ser una de las regiones agroindustriales más productivas a nivel nacional. Entre estas provincias, Misiones presenta un gran perfil agroforestal. En los últimos años, sin embargo, a la hora de considerar la plantación de un cultivo ante otro, la decisión del uso del suelo en la provincia recae principalmente en la rentabilidad que produzca el mismo. La normativa vigente hoy en día, junto con la rentabilidad de la producción agrícola a nivel provincial, muestra un escenario favorable para el desarrollo de proyectos que analicen la producción de biocombustibles. Resultados obtenidos en trabajos previos demostraron que la provincia de Misiones se muestra como potencial productora bioetanol (Figuras 1 y 2) [12, 13, 14].

Misiones, es conocida por ostentar un gran perfil agrícola para la producción de cultivos alimenticios. Entre dichos cultivos, la caña de azúcar, el maíz y la mandioca se destacan como las materias primas propicias para la producción de bioetanol. Estos cultivos cuentan con un

gran arraigo en la producción agrícola en la provincia, tanto como cultivos para el autoconsumo como industriales.

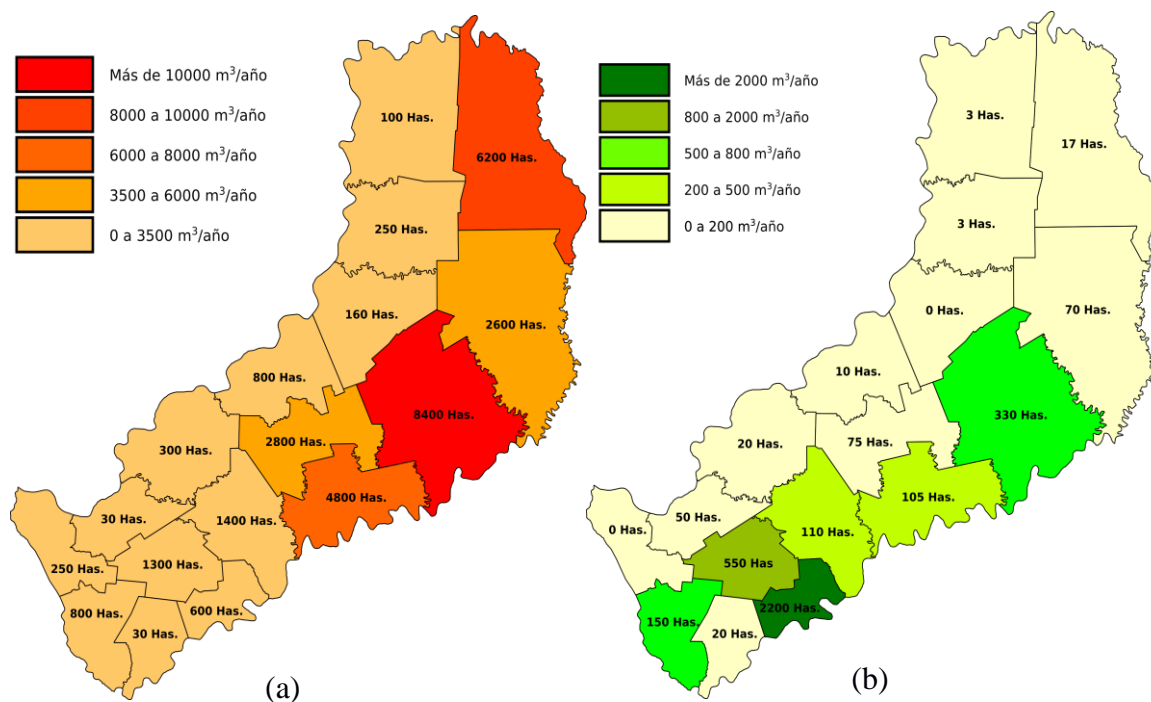


Figura 2. Mapa de las zonas con mayor potencial de producción de bioetanol a partir de maíz (a) y de caña de azúcar (b) en Misiones. Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Regiones mandiokeras con potencial de producción de bioetanol en Misiones. Fuente: Elaboración propia

Ante el panorama planteado, se presenta la necesidad de contar con indicadores que permitan evaluar, de manera rápida y concreta, la factibilidad de producción de bioetanol a partir de los distintos cultivos existentes en los suelos misioneros.

De esta manera, el objetivo más general planteado en el presente trabajo es caracterizar el suelo misionero a partir de parámetros básicos, reales y confiables sobre los principales cultivos bioenergéticos disponibles actualmente en la provincia. En este marco general, se estableció como objetivo específico obtener los rendimientos volumétricos de bioetanol por superficie de área sembrada y por tonelada cosechada de caña de azúcar, maíz y mandioca en los suelos misioneros (m^3/ha y m^3/Tn , respectivamente).

2. Materiales y Métodos

2.1. Selección de materias primas para la producción de bioetanol.

Los cultivos utilizados en este trabajo como material de partida para la producción de bioetanol, se seleccionaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Contenido alto de fuentes de carbono accesibles para la fermentación alcohólica.
- b) Aptitud para la producción agrícola en la zona: deben contar con aptitud edáfica y agroclimática para su producción. Preferentemente aquellos que cuenten con un historial de productividad en la zona.

Los datos de plantaciones de maíz y caña para se obtuvieron del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA) perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) [15], mientras que los datos de las plantaciones de mandioca fueron provistos por expertos del INTA [16]. Una vez obtenidas las superficies plantadas de los cultivos de interés, y con base en las prácticas agrícolas vigentes reportadas por el MAGyP y el INTA, se pudieron obtener los rendimientos provinciales de las toneladas producidas por unidad de hectárea cosechada.

Tabla 2. Rendimientos provinciales de cultivos bioenergéticos en Misiones

Cultivo	Producción (Kg/Ha)
Maíz	3.000
Mandioca	21.000
Caña de azúcar	80.000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados [15, 16].

2.2. Rendimientos en azúcares.

Los rendimientos de sacarificación se establecieron con base en el contenido de azúcares fermentables que pueden extraerse de las materias primas seleccionadas. Para ellos, en la tabla 3 se presentan los contenidos de almidones y azúcares promedio más representativos para cada cultivo en base a datos publicados para la caña de azúcar [17, 18, 19], maíz [1] y mandioca [16, 20, 21].

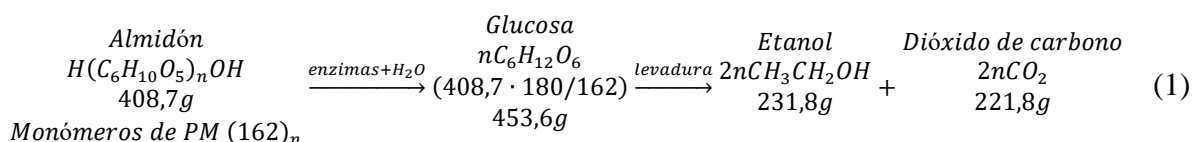
Tabla 3. Contenidos de almidones y azúcares promedio característicos de cada materia prima.

Cultivo	Almidón (Kg/Tn)	Azúcar (Kg/Tn)
Maíz	670	743,6
Mandioca	320	355,2
Caña de azúcar	0	150

Fuente: elaboración propia a partir de datos publicados [1, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

2.3. Rendimientos de fermentación.

Los rendimientos de fermentación para cada materia prima se obtuvieron a partir del balance estequiométrico, presentado por Ingledew [22] (Ecuación 1).



2.4. Cálculo de los rendimientos

Los volúmenes estimados de producción de bioetanol se calcularon utilizando un factor de eficiencia del 90% para la etapa de fermentación. Una vez obtenidos estos valores, mediante un balance de masa, se obtuvieron los rendimientos por hectárea sembrada y por tonelada de materia prima cosechada.

3. Resultados y Discusión

En la tabla 4 se presentan los datos de la superficie sembrada y la cantidad cosechada actualmente para cada cultivo, así como también los volúmenes estimados de producción potencial de bioetanol en Misiones. Los rendimientos estimados de bioetanol por superficie sembrada y por tonelada cosechada de materia prima en la provincia, se muestran en las figuras 4 (a) y (b).

En la figura 4 se puede observar que el cultivo que presenta mayor rendimiento de bioetanol por tonelada de materia prima resulta ser el maíz (0,43 m³/Tn), seguido de la mandioca (0,21 m³/Tn) y la caña de azúcar (0,09 m³/Tn). Los valores de rendimientos por hectárea sembrada muestran un comportamiento inverso (6,99 m³/ha para la caña de azúcar, 4,35 m³/ha para la mandioca y 1,30 m³/ha para el maíz).

Es importante tener en cuenta que, a pesar de que la caña de azúcar es el cultivo que menos superficie ocupa en la actualidad, también presenta el proceso de producción más simple para la elaboración de bioetanol. Sin embargo, en el caso de la mandioca y el maíz, aunque los procesos empleados para la producción del alcohol (que incluyen una etapa de sacarificación del almidón) resultan ser más complejos y costosos, se encuentran ya muy estudiados y son ampliamente utilizados en países productores de bioetanol.

Los valores de la tabla 4, muestran que la provincia de Misiones presenta una gran viabilidad de producción de bioetanol, a partir de maíz y mandioca en mayor medida. Sin embargo, observando los volúmenes estimados de producción de bioetanol, se puede decir que el cultivo más promisorio resulta ser la mandioca con 163.033 m³ de bioetanol por año, presentando a su

vez buenos rendimientos por superficie y por cantidad cosechada. Una ventaja adicional de la producción de bioetanol a partir de mandioca, es que permitiría darle un mayor uso a este cultivo, ayudando a paliar la difícil situación frente las importaciones a menor precio.

Tabla 4. Superficie sembrada, cantidad cosechada y volúmenes estimados de bioetanol para cada materia prima en Misiones.

Cultivo	Superficie sembrada (ha.)	Cantidad cosechada (Tn.)	Volúmen estimado de bioetanol (m ³)
Caña	3.300	264.000	23.083
Maíz	30.830	92.490	40.091
Mandioca	37.500	787.500	163.033

Fuente: Elaboración propia

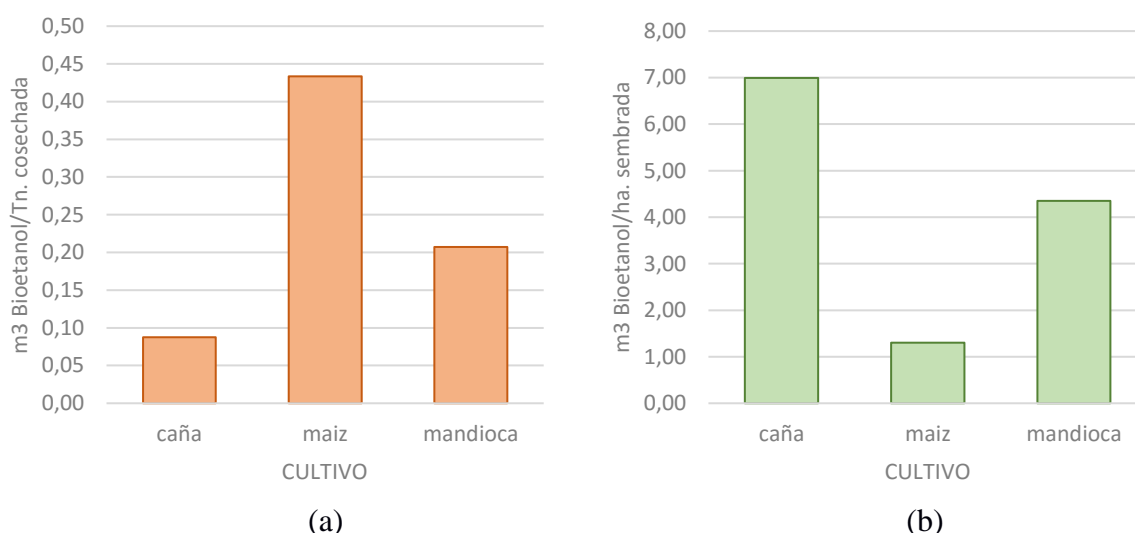


Figura 4. Rendimientos estimados de bioetanol por tonelada cosechada (a) y por superficie sembrada de materia prima (b) en la provincia de Misiones. Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran de manera clara el potencial que presentan cada uno de los cultivos para la producción alcohólica. El cultivo con mayor rendimiento en bioetanol por unidad de superficie sembrada resultó ser la caña de azúcar, mientras que el cultivo que demostró mayor rendimiento en bioetanol por tonelada de materia prima cosechada resultó ser el maíz.

Sin embargo, el potencial del cultivo de mandioca como materia prima para la producción de bioetanol resulta muy alentador, con buenos valores de rendimientos y producción estimada.

Una etapa más avanzada deberá evaluar los aspectos técnicos del proceso de producción de bioetanol a partir de estos diferentes cultivos, para así contar con herramientas indicativas y parámetros que permitan acercarnos cada vez más a una producción realista y rentable de este biocombustible en la provincia de Misiones.

5. Referencias

- [1] SOSA, M.A. (2014). Tesis doctoral: “*Síntesis óptima de procesos híbridos con énfasis en la recuperación de solventes y la producción de bioetanol para combustibles*”, Santa Fe, FIQ-UNL.
- [2] IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2008). “Key world energy statistics 2008”. París, Francia. Disponible en: <http://www.iea.org/>
- [3] WORLD ENERGY COUNCIL. (2013). World Energy Issues Monitor. Disponible en: <http://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-issues-monitor-2013>
- [4] CONFERENCIA DE LAS PARTES DE LA CONVENCIÓN MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (COP21). (2015). Disponible en: <http://www.ambafrance-es.org/Presidencia-francesa-de-la-COP21>
- [5] LEDE, S. (2015) Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología. Los biocombustibles. Disponible en: <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/biocombustibles.pdf>
- [6] RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. (2014). 2014 World Fuel Ethanol Production. Disponible en: <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production>
- [7] U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. (2015). International Energy Statistics. Disponible en: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=2>
- [8] ARVIZU FERNÁNDEZ, J.L. (2012). Biocombustibles derivados del Maíz. In: RODRIGUEZ MONTESSORO, R.; de LEON, C. (Ed.) *El cultivo del maíz, temas selectos*. Mexico: Mundi-Prensa. P. 31-37.
- [9] MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA. (2013). Avaliação do comportamento dos usuários de veículos flex fuel no consumo de combustíveis no Brasil. Disponible en: http://www.epe.gov.br/petroleo/documents/dpg_docs/epe-dpg-sdb-001-2013-r0.pdf
- [10] SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN ARGENTINA. (2014). Balance Energético Nacional. Disponible en: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- [11] CÁMARA DE ALCOHOLES DE ARGENTINA. (2015). Disponible en: <http://www.camaradealcoholes.org.ar/sito.html>
- [12] SOSA, M.E., GONZALEZ, G.M.; SOSA, M.A.; POSLUSZNY, J.A. (2015). Estimación del potencial de Misiones para la producción de bioetanol a partir de cultivos regionales. *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de la FCEQyN-UNaM*, Posadas, ISBN 978-950-766-112-0, pp. 328.
- [13] GONZALEZ, G.M.; SOSA, M.A.; SOSA, M.E.; POSLUSZNY, J.A. (2015). Suelos misioneros con aptitudes para la producción de cultivos energéticos regionales. *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de la FCEQyN-UNaM*, Posadas, ISBN 978-950-766-112-0, pp. 301.
- [14] SOSA, M.E., SOSA, M.A.; GONZALEZ, G.M.; GONZÁLEZ C.A.; POSLUSZNY, J.A. (2015). Estimación del aporte bioenergético de la provincia de Misiones a la producción nacional de bioetanol. *Libro de Resúmenes de las IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de la FCEQyN-UNaM*, Posadas, ISBN 978-950-766-112-0, pp. 327.

- [15] SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA (SIIA) perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Disponible en: http://www.siaa.gov.ar/_apps/siaa/estimaciones/estima2.php
- [16] FELTAN, R. (2015). El cultivo de Mandioca en la provincia de Misiones. Presentación E.E.A. INTA Montecarlo Misiones
- [17] CARDONA, C.A.; SÁNCHEZ, O.J.; GUTIÉRREZ, L.F. (2010). *Process synthesis for fuel ethanol production*. Boca Ratón: CRC Press. 415p.
- [18] SEABRA, J. E. A. (2008) Tesis doctoral: “*Análise de opções tecnológicas para uso integral da biomassa no setor de cana-de-açúcar e suas implicações*”. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.
- [19] HORTA NOGUEIRA, L.A. (2008). *Bioetanol de caña de azúcar: Energía para el Desarrollo Sostenible*. Rio de Janeiro: BNDES y CGEE. 317p.
- [20] FRETES, F. (2010). Mandioca: una opción industrial. Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Disponible en: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/mandioca.pdf>
- [21] INFOAGRO. (2016). El cultivo de la yuca. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>
- [22] INGLEDEW, W.M. (1999). Alcohol production by *Saccharomyces cerevisiae*: a yeast primer. In: JACQUES K.A, LYONS T.P. AND KELSALL D.R. (Ed.) *The alcohol textbook (3rd Edition)*. Nottingham: Alltech Inc. p.49 - 87.

Las ingenierías, las PyMEs y el financiamiento de la innovación tecnológica

Germán Edgardo Camprubí, Facultad de Ingeniería-UNNE, gcamprubi@ing.unne.edu.ar

Mauro Abramovich, Facultad de Ciencias Económicas-UNNE,

mauro.abramovich@comunidad.unne.edu.ar

Andrés Martín López, Facultad de Ciencias Económicas-UNNE,

lopezandresmartinctes@gmail.com

Resumen— El binomio innovación – ingeniería encuentra en las empresas, particularmente en las PyMES, el obstáculo del financiamiento de las innovaciones tecnológicas en las que las ingenierías cumplen con un rol central. En este contexto es el Estado el que tiene que asumir como financiador de proyectos intangibles orientados a la innovación para la mejora de la competitividad empresarial.

Este trabajo propone relevar las opciones de financiamiento que ofrece el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) para el financiamiento de proyectos tecnológicos en PyMES identificando a las promueven la innovación. Los proyectos elegibles en estas ventanillas estatales se ofrecen como aportes no reembolsables o como créditos a tasas promocionales.

Palabras clave— *innovación-ingeniería, empresa, financiamiento*

1. Introducción

1.1 Innovación

En los últimos años ha aumentado enormemente el interés por el estudio del proceso de innovación, en gran parte como consecuencia de diversas investigaciones que demuestran que la competitividad de las empresas, el crecimiento económico y, por tanto, la calidad de vida de los países, están estrechamente relacionados con su capacidad para introducir con éxito innovaciones tecnológicas.

Desde que se destacara la importancia de los fenómenos tecnológicos en el crecimiento económico en la segunda mitad del siglo XX[1], mucho se ha escrito sobre las innovaciones tecnológicas, pero hasta hace relativamente poco tiempo no habían sido estudiadas con suficiente profundidad [2]. Aún en estos días no existe una definición clara y precisa del término y los distintos investigadores parecen no hablar el mismo lenguaje al respecto[3]. Se puede definir a la innovación como el proceso que incluye las actividades técnicas, de diseño, manufactureras, gerenciales y comerciales involucradas en el mercadeo de un nuevo (o mejorado) producto o el primer uso de un nuevo (o mejorado) proceso de manufactura o equipo [4]. Por otra parte puede considerarse que la innovación es un proceso que abarca desde la concepción de una idea nueva hasta la solución de un problema y de allí a la utilización real del nuevo producto de valor económico y social [5]. En ambas definiciones se pueden apreciar dos aproximaciones a la innovación: como acción y como resultado. La innovación, como acción, supone el proceso de desarrollo de una idea novedosa que permite

utilizar una oportunidad para cubrir una necesidad. Como resultado de este proceso, se planteó que la innovación se materializa de diversas maneras: en un nuevo producto para el consumidor, nuevos métodos de producción o de transporte, nuevos mercados, nuevas fuentes de suministro o nuevas formas de organización[1]. A pesar de que la innovación se relaciona con una idea nueva o “invento”, se acepta comúnmente que existe una clara diferencia entre invención e innovación. Una invención pasa a ser innovación cuando ha sido implantada, es decir, cuando ha sido introducida al mercado (innovación de producto) o utilizada en un proceso de producción (innovación de proceso). En este contexto, algunos autores sostienen que el agente de la invención es el científico o el técnico, mientras que el agente de la innovación es el empresario [6]. En el Manual de Oslo se define la innovación tecnológica de producto o proceso como la puesta en mercado de un producto tecnológicamente nuevo o mejorado o la utilización dentro del ciclo productivo de un proceso tecnológicamente nuevo o mejorado. También es posible establecer la naturaleza de ambos tipos de innovación y sus diferencias [7]. La innovación de productos es definida como aquel producto o servicio introducido para satisfacer una necesidad del mercado o de un usuario externo, y la innovación de proceso es entendida como un nuevo elemento introducido en las operaciones o funciones de producción. Las innovaciones de producto están enfocadas al mercado y dirigidas al cliente, mientras que las innovaciones de proceso están enfocadas al interior de la empresa y pretenden la búsqueda de la eficiencia[8].

En general, la mayoría de los autores clasifican a las innovaciones en dos categorías:

1. Innovaciones principales o radicales: Son aquellas innovaciones que suponen una ruptura súbita (breakthrough) respecto al estado anterior. Producen mejoras sustanciales en los resultados, sin que la mejora en los costos sea la variable relevante.
2. Innovaciones incrementales o continuas: Incluyen todas aquellas innovaciones provenientes de mejoras de los productos o procesos ya conocidos. En general, generan una reducción de los costos.

Otros autores aseguran que la clasificación de las innovaciones en radicales e incrementales resulta todavía insuficiente, ya que existen innovaciones que dan lugar al nacimiento de sectores enteros, como la informática, mientras que otros también radicales, como la penicilina o el escáner no tienen la misma trascendencia económica [5].

1.2 Proceso de Innovación Tecnológica

A lo largo del tiempo, y según han surgido distintas concepciones de la naturaleza de la innovación tecnológica, se ha pretendido explicar el proceso de generación de la misma a partir de modelos conceptuales. En la plenitud de la revolución industrial se estableció el paradigma de la utilización industrial y sistemática de los resultados de la investigación básica hacia la aplicación industrial; pero, poco a poco éste se ha ido transformando al punto extremo de plantear que para inventar algo nuevo se debe determinar el nivel científico necesario y llegar a la investigación básica para encontrar solución a un problema técnico. Algunos de los modelos propuestos para explicar las diversas fases que ocurren hasta que se lleva una invención al mercado son los siguientes[7]:

- a) Modelo Lineal: el pensamiento tradicional representa la causalidad de la ciencia a la tecnología como un proceso secuencial y ordenado que, a partir del descubrimiento de nuevo conocimiento, y tras diversas fases, encuentra un producto o proceso que puede ser viable a nivel comercial. Con este esquema de pensamiento, el proceso de innovación se describe

como una secuencia de las etapas: Investigación básica, Investigación aplicada, Desarrollo tecnológico, Invención e Innovación.

b) Modelo de eslabón-cadena: una secuencia cercana a la compleja realidad empresarial es aquella que plantea el origen de las innovaciones en cualquier área de la empresa, reconociendo la posibilidad de acudir a la etapa de investigación y desarrollo (I+D) para la mejora de los conocimientos existentes en otros momentos del proceso, distintos de su origen. El modelo eslabón-cadena, afirma que el proceso de innovación tecnológica no se desarrolla de forma secuencial y ordenada desde el principio hasta el final, sino que la innovación es concebida en términos de la interacción entre las oportunidades del mercado y las capacidades y el conocimiento de la empresa.

c) Modelo interactivo: de manera semejante al modelo anterior se propone que la innovación industrial parte no sólo de la capacidad tecnológica sino también de las necesidades expresadas por el mercado. Este proceso de innovación tecnológica se trata fundamentalmente de una secuencia lógica, que no debe asociarse con un proceso lineal. Esa secuencia puede dividirse en una serie de etapas que aunque funcionalmente separadas, resultan interdependientes e interactúan en lo que simplificado se presenta como un modelo interactivo. El flujo de comunicación se da intrafirma como extrafirmaincorporando al ecosistema en el que la empresa está insertada.

1.3 Ingeniería e innovaciones tecnológicas

La Ingeniería puede pensarse como un conjunto de actividades basado en tres pilares:

- * generación de nuevo conocimiento (scientia)
- * desarrollo de nuevos productos y servicios (techné)
- * desarrollo de nuevas formas de trabajar o de hacer (praxis).

Scientia, Techné y Praxis son tres dimensiones importantes para una concepción sistémica de la Ingeniería[9]. La Ingeniería, como Scientia, se desarrolla en la academia en la mayoría de los casos; como Techné es más frecuente en la industria generando innovaciones tecnológicas; y como Praxis generalmente se lleva a la práctica en organizaciones técnicas y no técnicas, dando soporte a actividades gerenciales y procedimientos técnicos, mediante el diseño e implementación de métodos y metodologías.

Esta manera de definir a la Ingeniería la propone como uno de los substratos académicos y profesionales más sólidos para la integración del Sector Universitario con el Sector Privado y el Sector Público.

En general, las publicaciones y las conferencias en el área de Ingeniería están usualmente orientadas a una de sus tres dimensiones, lo cual es adecuado cuando el objetivo es enfocarse en una determinada disciplina, pero ello no representa a la Ingeniería como un todo y se pierden importantes relaciones de sinergia existentes entre los estos tres pilares mencionados.

Desde este paradigma la ingeniería puede definirse como la generación de conocimiento, el desarrollo de nuevos productos y servicios y nuevas formas de hacer y trabajar con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la sociedad[9].

1.4 Financiamiento de las innovaciones

Así como hay un importante consenso sobre el papel central de la innovación en la explicación de la capacidad competitiva de las economías regionales y de las empresas a medio y largo plazo, también hay evidencia de la existencia de restricciones asociadas a la obtención de fondos necesarios para llevar a cabo este tipo de proyectos de inversión. Estas restricciones se explican por la existencia de un riesgo inherente relativamente elevado y el retorno no inmediato de los recursos invertidos; el comportamiento de los agentes financiadores en los mercados de capitales (fundamentados en la preferencia por el corto plazo y una cierta aversión al riesgo), y también por los problemas derivados de las asimetrías de información entre agentes gestores y financiadores [10].

Esta paradoja entre la importancia que las empresas inviertan en innovación y la existencia, a su vez, de dificultades para acceder a la financiación necesaria para financiar estas inversiones, está ampliamente demostrada en diversos estudios a nivel internacional. Este problema se acentúa en el caso de una PyME porque las probabilidades para encarar un proyecto de innovación se reducen.

Las características económicas de las inversiones con innovación generalmente no son compatibles con los intereses de inversores y de la mayor parte de las instituciones financieras (agentes de financiación en general) que prestan dinero a aquellas empresas que presentan proyectos de inversión con rentabilidad a corto plazo y un riesgo reducido. Se generan dificultades en el acceso a la financiación necesaria por parte de las empresas más innovadoras. Estas restricciones financieras son especialmente severas cuando se trata de innovación tecnológica, dado que los recursos que se necesitan para llevar a cabo las inversiones son, en términos generales, de una cuantía muy importante [11].

Por lo tanto, en el camino del desarrollo de las innovaciones tecnológicas, las Pymes deben llevar a cabo procesos de aprendizaje que requieren, además de las actividades informales de tipo tácito desarrolladas en su interior, incorporar desde fuera de la empresa nuevos conocimientos, experiencias y saberes codificados y tácitos. Estos conocimientos se transmiten, en general, a partir de actividades de vinculación externa y de la interacción productiva con otros agentes e instituciones en el territorio [12] y de la demanda de actividades de capacitación y consultoría [13]. Por lo tanto, en este nuevo esquema, las empresas requieren permanentemente actualizar el stock de sus capacidades y competencias a través de un doble proceso integrado de aprendizaje, interno y externo. La calidad y magnitud de este flujo de nuevos conocimientos incorporados activamente en el proceso productivo y de gestión condicionan las posibilidades reales de acción en el mercado.

El rol de la Universidad en el flujo de conocimientos que podría aportar a una PyME innovadora tiene una importancia vital, más aún si la participación de los académicos constituye también uno de los requisitos para captar ciertos recursos financieros.

En suma, el desafío de la región para alcanzar un desarrollo sustentable que incluya a las Pymes entre los agentes claves requiere complejizar las estructuras productivas existentes a partir de los siguientes aspectos clave [13]: (i) la generación de redes (clusters, tramas productivas, sistemas territoriales) en las que participen Pymes en fuerte vinculación con grandes empresas (ii) el estímulo al desarrollo de espacios públicos en un sentido moderno a partir de la identificación de los agentes con “voice” (iii) el fortalecimiento de los sistemas territoriales (iv) el aumento de la internacionalización en bienes diferenciados (v) la

participación activa en cadenas internacionales con menores relaciones jerárquicas y con posibilidad de aumentar la importancia estratégica (vi) la mejora de la articulación entre el sistema educativo y el sistema productivo en la generación de competencias (vii) el desarrollo de mecanismos de traducción (asociado a la complejidad de la tecnología) que vinculen los distintos lenguajes que se generan en el territorio.

2. Materiales y Métodos

El objetivo de este trabajo consiste en relevar las opciones de financiamiento que ofrece el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) para el financiamiento de proyectos tecnológicos en PyMES identificando a las que promueven la innovación. Con esa finalidad se realizó un relevamiento de las ventanillas del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica para financiar la innovación y la modernización tecnológica en el sector productivo. Se incluyeron las ofertas de asistencia tecnológica porque pueden constituirse en la etapa inicial de un proyecto de innovación en una PYME. Se analizaron las bases y condiciones relacionadas con las fuentes de financiamiento ofertadas con el fin de tener una aproximación de los requerimientos de documentación necesarios para la presentación de los proyectos. El período de tiempo bajo estudio fue desde setiembre de 2015 hasta junio de 2016.

La elección del FONTAR como objeto de relevamiento se fundamenta en que este organismo, que funciona desde 1996, se aproxima al enunciado modelo interactivo del proceso de innovación tecnológica. Por otra parte, puede decirse que los lineamientos de FONTAR encuadran en el concepto de innovación como acción y como resultado y que ese organismo adopta las clasificaciones de las innovaciones tecnológicas de productos y procesos y la diferenciación entre las innovaciones radicales y las incrementales.

El FONTAR cuenta con un conjunto de instrumentos que abarcan los diferentes estadios del ciclo de innovación en una PyME, para los cuales es posible asociar un determinado nivel de riesgo y aplicación de recursos. El vector conductor de este ciclo es el binomio intangibilidad-riesgo de los proyectos tecnológicos que pretenden mejorar la competitividad de una PyME. En las primeras etapas de ese proceso se implementan subsidios de modo de atender proyectos con una complejidad tecnológica elevada. Las alternativas de financiamiento van desde Aportes No Reembolsables (ANR) para los proyectos de I+D hasta créditos promocionales para las modernizaciones tecnológicas.

Según el FONTAR, la innovación en productos puede tomar dos formas: la primera es la de un producto tecnológicamente nuevo. Es decir, un producto cuyas características tecnológicas difieren significativamente de las correspondientes a los productos anteriores implicando tecnologías radicalmente nuevas o la combinación de tecnologías existentes con nuevos usos, como así también, un desarrollo a partir de un nuevo conocimiento. La segunda forma de innovación tecnológica es la de un producto existente que resulte mejorado mediante el uso de componentes o materiales de mejor desempeño, o por un producto complejo compuesto de un conjunto de subsistemas técnicos integrados que pudo haber sido mejorado a través de cambios parciales en alguno de los subsistemas que lo conforman.

La innovación en procesos, según el FONTAR, es la adopción de métodos tecnológicos nuevos o mejorados. Estos métodos tecnológicos pueden ser aplicados para producir o despachar productos tecnológicamente mejorados, lo cual no sería posible usando métodos

convencionales de producción o, esencialmente, mejorando la producción o despacho de los productos ya existentes.

En general, el FONTAR considera como proyectos de mayor intangibilidad y riesgo al desarrollo de productos, la innovación de productos y procesos, la investigación aplicada y la puesta en marcha de plantas pilotos. Mientras que las modernizaciones tecnológicas están relacionadas con compras y puesta en marcha de equipos con tecnología de punta, automatizaciones e integración tecnológica vertical. Es de decir que los proyectos de modernización tecnológica son desarrollos tendientes a adecuar tecnologías e introducir perfeccionamientos que carecen de los rasgos de originalidad y novedad que caracterizan a los proyectos de I+D.

3. Resultados y Discusión

Los resultados de los instrumentos del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) relevados en este trabajo se presentan resumidamente en la Tabla N°1.

Tabla N°1: ofertas de fondos estatales FONTAR para la innovación

Instrumento FONTAR	Tipo de convocatoria		Financiamiento			
	CP	VP	I+D	I+D+i	ATEc	MTec
ANR PDT	✓		✓			
ANRPLAN ARGENTINA INNOVADORA 2020	✓		✓			
Crédito Fiscal	✓		✓			
ANR P+L	✓		✓			
ANR SOCIAL	✓		✓			
RRHH AC		✓		✓		
ANR I + D	✓			✓		
ANR TEC	✓			✓		
ASIS – TEC g		✓			✓	
ASIS – TEC i		✓			✓	
CAE		✓				✓
Art. N°2		✓				✓

Fuente: elaboración propia en base al FONTAR

ANR PDT= Aporte No Reembolsable Desarrollo Tecnológico

ANR P+L= Aporte No Reembolsable Producción más Limpia

RRHH AC = Recursos Humanos Altamente Calificados

ANR I + D = Aporte No Reembolsable Investigación más Desarrollo

ANR TEC = Aporte No Reembolsable Tecnología

ASIS – TEC g/i = Asistencia Tecnológica grupal/individual

CAE = Crédito a Empresas

Art N°2 = Reglamento de Beneficios Promocionales Ley 23877, Art. 2°, Modernización Tecnológica

CP = Convocatoria Pública

VP = Ventanilla Permanente

I+D= Investigación y Desarrollo

I+D+i = Investigación, desarrollo e innovación

ATec = Asistencia Tecnológica

MTec = Modernización Tecnológica

Los objetivos enunciados por FONTAR de las ventanillas relevadas son los que parecen seguidamente:

ANR PDT: El objetivo es financiar parcialmente proyectos que tengan como meta mejorar las estructuras productivas y la capacidad innovadora de las empresas de distintas ramas de actividad, mediante proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, que conduzcan a generar innovaciones a nivel nacional de productos y/o procesos. Para el logro de estos objetivos, es importante articular los impulsos emprendedores de las empresas, con la capacidad y desarrollo de las instituciones científico tecnológicos de todo el país.

ANR PLAN ARGENTINA INNOVADORA 2020: El objetivo es financiar parcialmente proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) que tengan como meta mejorar las estructuras productivas y la capacidad innovadora de las empresas de distintas ramas de actividad, mediante proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, que conduzcan a generar innovaciones a nivel nacional de productos y/o procesos en alguno de los temas estratégicos del Plan Argentina Innovadora 2020.

Crédito Fiscal: el objetivo es financiar parcialmente proyectos de investigación aplicada (trabajos cuya finalidad sea obtener o profundizar conocimientos científicos para su aplicación práctica en la producción y/o comercialización) o bien proyectos de investigación tecnológica precompetitiva (trabajos para profundizar conocimientos existentes, derivados de la investigación y/o la experiencia práctica. Se dirigen a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos y al establecimiento de nuevos procesos, sistemas o servicios, incluyendo la fase de construcción de prototipos, plantas piloto o unidades demostrativas, finalizando con la homologación de los mismos).El importe de Crédito Fiscal, aplicable exclusivamente al Impuesto a las Ganancias y asignable para la financiación de cada proyecto, no puede exceder del cincuenta por ciento (50%) del costo total del proyecto. Los certificados de Crédito Fiscal son emitidos a favor de los beneficiarios y por lo tanto resultan intransferibles.

ANR P+L: el objetivo consiste en apoyar la inversión de pequeñas y medianas empresas en I+D+i, que conduzcan a generar innovaciones a nivel nacional de productos y procesos, que generen el menor impacto ambiental, mejoren la equidad social y promuevan la prosperidad económica, mediante proyectos de Producción más Limpia o bien proyectos de Desarrollo de Tecnologías para la Gestión Ambiental de residuos y de efluentes.

ANR SOCIAL: el objetivo es financiar parcialmente propuestas de desarrollo tecnológico con impacto social y territorial orientadas a programas de innovación tecnológica y transferencia de conocimiento. Se pretende impulsar procesos de desarrollo social y territorial, con eje en poblaciones vulnerables, pequeños productores, micro-emprendimientos, y/o regiones del país con capacidades productivas poco desarrolladas.

RRHH AC: El objetivo es reforzar las capacidades científicas y tecnológicas de las empresas mediante la integración de personal con titulación de doctorado. Para ello, se financiará la incorporación de profesionales altamente calificados con título de doctor al sector productivo de manera permanente y de este modo reforzar las capacidades científico-tecnológicas de las empresas, potenciar la gestión, potenciar la vinculación del sector productivo con la oferta de conocimientos y complementar las acciones de vinculación entre el Sector Científico Tecnológico y el Productivo que impulsen la innovación empresarial

ANR I + D: el objetivo consiste en financiar parcialmente proyectos que tengan como meta la creación o fortalecimiento de una unidad de I+D en empresas. Entiéndase al fortalecimiento como la consolidación de unidades de I+D que ya existan en forma incipiente en las empresas mediante la incorporación de profesionales con perfil de investigación, equipamiento especializado, materiales e insumos para investigación y consultorías científicas.

ANR TEC: El objetivo es financiar parcialmente proyectos de Bioingeniería; Nanotecnología y TIC que tengan como meta incrementar las capacidades de desarrollo e innovación, mediante la creación o fortalecimiento de las plataformas tecnológicas.

Los proyectos deberán estar relacionados con alguno de los siguientes campos:

- **Bioingeniería:** Ingeniería Biomédica; Biomateriales; Ingeniería Hospitalaria; Biomecánica; Bioóptica; Biosensores; Ingeniería Clínica; Imágenes Médicas; Órganos Artificiales; Procesamiento de Señales Biológicas; Telemedicina; y todo lo que concierne a la Tecnología Médica.
- **Biotechnología:** Ingeniería bioquímica, Ingeniería de procesos biológicos, Ingeniería de biosistemas, Ingeniería genética, Biotecnología Agrícola, Biotecnología Veterinaria y todo lo concerniente a la Bioingeniería dedicada a las ciencias biológicas.
- **Nanotecnologías:** Nanomateriales, Nanointermediarios y Nanosensores.
- **Tecnologías de la información y de la comunicación.**

ASIS – TEC i/g: El objetivo es ofrecer subsidios para ayudar a empresas, individual o grupalmente, a identificar y solucionar retos tecnológicos que afecten a su competitividad mediante el apoyo de asesores tecnológicos expertos en su sector de actividad.

CAE: Tiene por objetivo otorgar créditos promocionales para mejorar la competitividad de empresas productoras de bienes y servicios a través de la modernización tecnológica de productos o procesos(modificación o mejora de tecnologías de productos o procesos, respecto de las que están siendo utilizadas actualmente por las empresas; introducción de tecnologías de gestión de la producción que potencien la competitividad; desarrollos tecnológicos necesarios para pasar de la etapa piloto a la etapa industrial; evolución tecnológica mediante la adquisición de equipos nuevos para producción con esfuerzo de ingeniería asociado; incorporación de tecnologías de información y comunicación al proceso productivo; implementación de sistemas de calidad, siempre y cuando forme parte de un proyecto más amplio).

Art N°2: El objetivo es financiar proyectos que tengan por objetivo realizar adaptaciones y mejoras, desarrollos tendientes a adecuar tecnologías y a introducir perfeccionamiento de productos y procesos con bajo nivel de riesgo técnico.

En el relevamiento de las fuentes FONTAR relacionadas con PyMEs se incluyeron aquellas relacionadas con la asistencia tecnológica especializada porque se consideró que este tipo de intervenciones de profesionales externos en PyMEs podría constituirse en el antecedente de proyectos tecnológicos para mejorar la competitividad empresarial.

Las fuentes de financiamiento estatales relevadas están fundamentalmente dirigidas a los proyectos que tienen mayor contenido intangible. Dado que una inversión en innovación no resulta equivalente a una inversión en maquinarias, inmuebles o vehículos que tiene un valor intrínseco derivado de su propia naturaleza tangible. Las ventanillas para financiar proyectos de I+D e I+D+i están dirigidas a proyectos de tipo intangible que cuyo horizonte de recupero generalmente está en el largo plazo y con una probabilidad de recupero de la inversión más baja que en caso de inversiones en bienes tangibles.

Las empresas cuyos proyectos aprueben las evaluaciones FONTAR tienen que hacer un aporte propio aún en el caso de los subsidios que se ofrecen a través de la modalidad ANR. El Estado se hace cargo de un porcentaje del monto total de proyecto que es variable según la convocatoria que se analice y que como máximo es del 80%. En general la cobertura del 80% del monto total del proyecto por parte del Estado queda reservada para las empresas que cumplen con las siguientes condiciones:

- *Personas Jurídicas que no hayan sido adjudicadas hasta la fecha con aportes no reembolsables financiados parcialmente por el BID, en el marco de instrumentos de promoción y fomento de la innovación del FONTAR.

- *Ser Sociedad Anónima (S.A.) o Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.)

- *Contar con al menos un año de antigüedad en la inscripción de la sociedad

- *Tener actividad económica demostrable.

De la lectura de las bases y condiciones de las diversas convocatorias se nota que la burocracia de los créditos promocionales y los subsidios tiene una cierta complejidad para las estructuras de las empresas de menor tamaño. Este tipo de proceso administrativo puede constituirse en un obstáculo para las PyMEs innovadoras. A esta circunstancia y particularmente en ciertas regiones del país, se suma el hecho de la escasez de recursos humanos en la formulación de proyectos elegibles para las convocatorias del FONTAR.

Por otra parte, la modalidad dominante en los subsidios que se destinan a los proyectos con mayor intangibilidad es la de pago diferido. Como consecuencia, la empresa debe hacer frente al desembolso de dinero para ejecutar cada etapa del proyecto, rendir al Estado esas salidas de caja y posteriormente gestionar su reembolso. Este tipo de operatoria puede generar problemas de liquidez que comprometan el funcionamiento de ciertas PyMEs.

El relevamiento realizado de las fuentes de financiamiento no es exhaustivo pero incluyó las principales ofertas para financiar la innovación tecnológica en PyMEs. A futuro queda no sólo actualizar sino también completar la información de la asistencia que el Estado ofrece para mejorar la competitividad del sector productivo en Argentina.

4. Conclusiones y recomendaciones

La concepción de la ingeniería como *Techné* la posiciona como una de los sustratos profesionales más sólidos para la formulación, ejecución y evaluación de proyectos de innovación tecnológica en PyMEs. La documentación con la que una PyME solicita financiamiento al FONTAR debe incluir los aportes de ingeniería que realizará no sólo la propia empresa sino también los hitos de ingeniería a cargo de otras empresas, profesionales o instituciones contratadas por la PyME solicitante del beneficio.

La ingeniería como *Praxis* involucra las actividades metódicas que posibilitan la transformación del mundo físico y del mundo social en las que los ingenieros postulan diseños tecnológicos que proponen pasar de un estado actual (no satisfactorio) a un estado deseado (satisfactorio). Esta característica de la ingeniería es impulsora de rupturas respecto de estados anteriores tal como se han concebido a las innovaciones en el presente trabajo.

La concepción de la ingeniería como *Scientia* la posiciona fundamentalmente como una potencial fuente de generación de invenciones. De acuerdo con la diferenciación propuesta en este trabajo entre invenciones e innovaciones, las primeras podrían constituirse en antecedentes de nuevos productos y servicios a introducirse en el mercado o de nuevos procesos de producción a implementarse en el ámbito empresarial.

La interacción de *Scientia*, *Techné* *Praxis* presenta a la ingeniería como una clave de los procesos de innovación tecnológica como acción y como resultado en un contexto en el que confluyen en el “saber qué”, el “saber cómo” y “el saber hacer”. Si se acepta que la innovación tecnológica es impulsora de la competitividad territorial, es el binomio innovación - ingeniería el que formará parte del entramado sistémico que contribuya a la mejora de la calidad de vida de la sociedad en un territorio determinado.

También puede aportarse que los procesos de innovación tecnológica pensados como una visión sistémica incorporan la dimensión territorial (geográfica), ya que cada territorio tiene un entramado de actores que lo caracterizan. En este entramado es que la ingeniería tiene que proponer interlocutores que generen un espacio estratégico para contribuir con las innovaciones tecnológicas. En tal sentido parece importante destacar la necesidad de que representantes de los Consejos Profesionales y/o las Universidades sean parte de los actores con “voice” relevantes en el ámbito extra empresarial aunque la complejización del intercambio con el ecosistema generalmente requiere el desarrollo de mecanismos de adaptación del bagaje tecnológico de los ingenieros para facilitar la relación con los demás actores del territorio. La participación activa en redes que incorporen a las PyMEs y otros actores del ecosistema figura entre los antecedentes de casos de éxito registrados en los que convergen territorio, innovación y competitividad.

Por otra parte, la oferta relevada está orientada mayoritariamente (ocho de doce opciones) al financiamiento de proyectos de innovación tecnológica en PyMEs. Puede afirmarse entonces que a través de FONTAR el Estado ofrece opciones con las que pretende asumir el rol de facilitador de las innovaciones en el sector productivo. Existe una clara diferenciación entre los proyectos de innovación y aquellos que sin tener el impacto de la novedad tecnológica son necesarios para afianzar la competitividad de una PyME. Esa diferenciación conceptual tiene consecuente impacto en los recursos que el estado ofrece para materializar los proyectos tecnológicos. Así, el FONTAR constituye una alternativa para salvar las restricciones asociadas a la obtención de fondos necesarios para concretar innovaciones tecnológicas en PyMEs ofreciendo subsidios para proyectos de innovación con un riesgo inherente relativamente elevado y con un retorno no inmediato de los recursos invertidos.

Finalmente, las opciones de financiamiento estatal para la innovación tecnológica en PyMEs constituyen sólo una condición necesaria en el camino de la implementación de esas innovaciones. Un

modelo no lineal de la innovación tecnológica consolida el paradigma tecno-organizacional intensivo en información y conocimiento con fuerte relevancia de la ciencia y la tecnología en la generación de ventajas competitivas [13].

En ese contexto es que las ingenierías tienen un rol protagónico en el impulso de la innovación tecnológica y la competitividad del sector productivo. En ese modelo no lineal, el conocimiento se valoriza cuando se transforma a partir de procesos formales e informales que desarrollan los distintos agentes en un territorio en sus prácticas e interacciones. La circulación y el aprovechamiento del conocimiento, depende de las características y del grado de articulación de las redes territoriales, de las competencias de los agentes involucrados y del afianzamiento de las interrelaciones entre el estado, la universidad y el sector productivo en el territorio.

5. Referencias

- [1] SCHUMPETER, J.(1950). *Historia de las teorías económicas*, México.
- [2] KHALIL, T. (2000). *Management of Technology: The Key to Competitiveness and Wealth Creation*. USA: McGraw-Hill.
- [3] SALAZAR, M. y HOLBROOK, A. (2003). A debate on innovation surveys. Paper presented at the Conference in honor to Keith Pavitt “What do we know about innovation?” Reino Unido: Science Policy Research Unit, University of Sussex.
- [4] ROTHWELL, R. (1991). Successful Industrial Innovation Critical Factors for the 1990s. Extended version of a paper presented to the *Science Policy Research Unit’s 25th Anniversary Conference*. Reino Unido: Science Policy Research Unit, University of Sussex.
- [5] ESCORSA, P. y VALLS, J. (1997). *Tecnología e Innovación en la Empresa: Dirección y Gestión*. Barcelona: Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña.
- [6] BOSCH, H. (2000). Gestión de Tecnología, Edición electrónica. *Sala de lectura Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación OEI*, World Wide Web, <http://www.campus.oei.org>.
- [7] CHIVA, R., ALEGRE, J. y LAPIEDRA, R. (2003). Un análisis del comportamiento innovador de los fabricantes españoles de pavimentos y revestimientos cerámicos, Memorias XIII Congreso de ACEDE, AVALON, Salamanca.
- [8] ORTIZ ZAVALA, F. (2011). La investigación en gestión de la innovación tecnológica. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, N° 7, Vol II. Carabobo, Venezuela.
- [9] CALLAOS, N. (2010). *The Essence of Engineering and Meta-Engineering: A Work in Progress*. Universidad Simon Bolivar, and The Institute of Systemics, Cybernetics and Informatics www.sciis.org/Nagib-Callaos (First Unfinished Draft).
- [10] GOODACRE, A., TONKS, I (1995). *Finance and Technological Change*. En Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change. Oxford: P. Stoneman. Blackwell Handbooks in Economics.

- [11] CARREIRA, C. y SILVA, F. (2010). No Deep Pockets: Some Stylized Empirical Results on Firms' Financial Constraints, *Journal of Economic Surveys*, 24(4).
- [12] TKACHUK, C. (2004) Innovación y Territorio como factores de entorno para la competitividad de las PyMES. Material dado por el profesor Julio Arbeláez. Universidad Nacional de Quilmes.
- [13] BOSCHERINI, F.; LOPEZ, M. y YOGUEL, G. (1998). Sistemas locales de innovación y el desarrollo de la capacidad innovativa de las firmas: un instrumento de capacitación aplicado al caso de Rafaela. Nota técnica, 17/98 OEA.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EL VINCULO MUNICIPIO Y UNIVERSIDAD QUE GENERA MEJORAS EN LAS CONDICIONES LABORALES DE RECICLADORES CORRENTINOS

Silvia Zambón, Centro QUIMOBÍ-IMIT, UTN-FRRe, CONICET, snzambon@gmail.com

Roxana Wojtun, Voluntariado Universitario, UTN-SPU, wojtunr@gmail.com

Diego Ayala, Municipalidad de Corrientes, ingeniero.diego.ayala@gmail.com

Resumen— La Cooperativa de Trabajo "Proyecto Fortaleza" desarrolla actividades de reciclado en la ciudad de Corrientes. Diariamente los cooperativistas recolectan botellas plásticas, papel, cartón, entre otros. La actividad se desarrollaba a pie utilizando bolsas de residuos los cuales eran transportados sobre los hombros de las personas en su mayoría mujeres.

Por intermedio de la Agencia de Desarrollo la ciudad de Corrientes, se realizó la vinculación entre el Centro de Investigación QUIMOBÍ, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, y la citada Cooperativa.

Los investigadores del Centro y alumnos participaron en el desarrollo del Proyecto de Voluntariado Universitario de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU).

El objetivo del presente trabajo fue la mejora de las condiciones de laborales en la recolección y el procesamiento de las botellas plásticas.

Se diseñó una cúpula para el acoplado del motocargo, con la restricción del transporte de personas, que fue donado por el municipio capitalino, el diseño fue la práctica supervisada de Ingeniería Química de una voluntaria y el financiamiento para la construcción estuvo a cargo del Proyecto.

Además, se gestionó el comodato de una prensa propiedad del Municipio y a través del proyecto se donó una balanza ganchera, un guinche pluma y elementos de protección para el personal.

Al utilizar el motocargo con cúpula, se aumentó la capacidad de carga, y se mejoraron las condiciones de trabajo.

Palabras clave— *motocargo, cooperativa de trabajo, reciclado*

1. Introducción

La región noreste del país, entre las cuales está la provincia de Corrientes, se encuentra dentro de las menos desarrolladas del país, con altos índices de pobreza e indigencia (Fuente: INDEC 2013).

Es sabido que los vaivenes económicos afectan especialmente a los niveles de menores recursos [1], por lo cual se hace más importante asistir a los sectores más vulnerables desde las distintas instituciones.

Entonces, ante esta situación, los actores del desarrollo económico del país, la Universidad, la Empresa y el Estado, se vinculan en proyectos innovadores para los sectores económicos más vulnerables, como ejes conductores para la mejora de la calidad de vida de la sociedad.

Ramírez Zalazar y García Valderrama [2], hablan de la importancia de la interacción entre la Empresa, la Universidad y el Estado, donde los tres actores deben estar comprometidos, con una visión clara para apoyar las iniciativas de gestión, emprendimiento e innovación de los investigadores y empresarios que se han involucrado en los proyectos de innovación para hacer desarrollos conjuntos.

Mateo y col., [3] recopila distintos ejemplos de cooperativas agrarias, de varias regiones de Latinoamérica y destaca el rol de la cooperativa como educadora del socio cooperativista.

En el presente trabajo intervinieron tres entidades entre las cuales se encuentran el Centro en Química Orgánica y Biológica, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, la Agencia de Desarrollo Económico de la Ciudad de Corrientes y la empresa beneficiaria fue la Cooperativa de Trabajo Proyecto Fortaleza que se encuentra en la Ciudad de Corrientes.

En este sentido, el Programa de Voluntariado Universitario desarrollado por la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación, considera a la Educación Superior como prioritaria para el desarrollo del país en todos sus aspectos. Considera que la misma debe ser un medio para la producción de conocimiento e interacción del mismo en toda la sociedad. El Programa tiene como objetivo general profundizar la función social de la Universidad, integrando el conocimiento generado en las aulas con las problemáticas más urgentes del país. Así, se busca hacer un aporte para que las actividades realizadas por estudiantes y docentes estén orientadas a trabajar junto a la comunidad. [4].

Las Agencias de Desarrollo son organizaciones promovidas por entidades locales públicas y privadas que contribuyen al desarrollo productivo local, articulando y facilitando la utilización de instrumentos de apoyo a la competitividad de las empresas, y dinamizando la creación de actividad productiva y la promoción económica local.

La Fundación Agencia de Desarrollo es una organización sin fines de lucro cuyos socios son la Municipalidad de la Ciudad de Corrientes, la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Cámara de Mujeres Empresarias de Corrientes (CEDEMEC). La cual tiene como objetivo principal promover el desarrollo económico y social de la Ciudad y la Microrregión; valiéndose de socios estratégicos del ámbito Público, Privado y Científico-Tecnológico. Estas organizaciones tienen como misión diseñar e implementar una estrategia territorial específica, construir una agenda de la problemática territorial regional y buscar soluciones en un marco de complementariedad y compromiso público-privado [5].

Mientras que las cooperativas de trabajo son asociaciones de personas que se reúnen para trabajar con un objetivo en común y con el esfuerzo mancomunado de todos, con el fin de mejorar su situación social y económica, dejando de ser asalariados para transformarse en dueños de su propio destino, poniendo el capital y el trabajo al servicio del hombre, revirtiendo la modalidad de otros tipos de empresas y trayendo paños fríos a la situación actual [6].

Sanchís y col. [7], resaltan que la actividad cooperativa está sujeta a una multitud de fuerzas de un entorno que la condicionan con distinta intensidad y resultado. Un entorno que se vuelve hostil y turbulento por su complejidad, sobre la empresa influyen cada vez más factores, su incertidumbre, la dificultad de predecir su comportamiento es cada vez mayor, y su dinamismo, el grado de variabilidad de los factores estratégicos es cada vez más intenso.

La Cooperativa de Trabajo Proyecto Fortaleza, antes de la ejecución del proyecto se dedicaba al reciclado de distintos materiales, entre ellos, botellas plásticas, papeles de distintos tipo, neumáticos, entre otros. Las actividades que desarrollaban fueron de recolección, la cual se

realizaba a pie utilizando bolsas de consorcio, separación y selección de los diferentes materiales. Actualmente, se fabrican productos artesanales derivados de los mismos. Cuenta con 11 miembros fundadores, 7 adherentes, y 20 recolectores. Es importante resaltar que cada miembro cuenta con al menos 2 hijos y que el 80% de los miembros, son mujeres. Las edades de los cooperativistas oscilan entre 28 y 57 años. El principal interés que tienen sus miembros es el económico, ya que se convierte en un ingreso para sus familias [8].

La Agencia de Desarrollo de la Ciudad de Corrientes, detectó la necesidad de la Cooperativa de asistencia tecnológica, por lo cual ofició de nexo entre ella y el Centro QUIMOBÍ.

El objetivo del presente trabajo fue la mejora de las condiciones de laborales principalmente en la recolección y el procesamiento de botellas plásticas.

2. Materiales y Métodos

El equipo de técnico de voluntarios del Centro QUIMOBÍ Universidad Tecnológica Nacional estuvo formado por un equipo multidisciplinar de alumnos y profesores de áreas de la ingeniería química y la electromecánica, donde una de las voluntarias hizo su práctica supervisada en esta temática.

2.1 Definición de las necesidades de los cooperativistas

Para la definición de las necesidades de los cooperativistas que mejoren la calidad y la seguridad del trabajo de los mismos, se realizaron reuniones donde participaron todos los actores intervinientes en el proyecto, voluntarios, representantes de la Cooperativa, de la Agencia de Desarrollo y la Municipalidad de la Ciudad de Corrientes.

Se utilizó la técnica de Tormenta de Ideas para determinar las necesidades concretas de los beneficiarios y de esta forma, poder entender la “voz del cliente”. Además de poder determinar las posibilidades de contribución, tanto de la Municipalidad como de la Universidad [9-10]

2.2 Diseño y construcción de la cúpula del acoplamiento del motocargo

La Municipalidad de la Ciudad de Corrientes entregó un triciclo motorizado carrozado, Motocargo 200 (Marca: Motomel).

Donde, según las especificaciones técnicas del fabricante, se pudo definir la capacidad de carga máxima permitida.

Primeramente se establecieron los parámetros de diseño de la cúpula del acoplamiento para el motocargo. Se seleccionaron para el transporte las botellas plásticas, ya que las mismas poseen alto volumen, aunque bajo peso. Se dio prioridad a la seguridad de las personas, de manera de impedir el acceso a la parte trasera del móvil. Se seleccionaron para la estructura materiales livianos, ya que los elementos a trasladar son livianos.

Después de constituir los parámetros de diseño, se plantearon tres posibilidades, de las cuales se definió una como la más conveniente, por medio de un debate entre los miembros del equipo de voluntarios, evaluando las ventajas y desventajas de cada diseño, en función a los requerimientos.

Una vez seleccionado el diseño, se licitó la construcción del mismo. Siendo la empresa AGA Construcciones Metalúrgicas, la ganadora de la misma.

3. Resultados y Discusión

3.1 Definición de las necesidades de los cooperativistas

En la Figura 1 se observa una imagen de una reunión entre cooperativistas, voluntarios y representante del Municipio de Corrientes. Es importante resaltar que la experiencia del intercambio de ideas entre los distintos sectores fue muy enriquecedora para todos, ya que los cooperativistas obtuvieron soluciones técnicas específicas a sus problemas y los voluntarios pudieron aplicar y aportar sus conocimientos a sectores más vulnerables de la sociedad.

De las reuniones con los representantes de los distintos sectores, se definieron las siguientes prioridades en busca de las mejoras en las distintas áreas de los procesos de reciclado de las botellas plásticas. Las distintas etapas del proceso comprende la recolección, clasificación, prensado y enfardado de los pallets de botellas prensadas, considerando también las condiciones de salud y seguridad ocupacional. En la Tabla 1 se observan las etapas de proceso que se plantean mejorar y las acciones a tomar para lograrlo y la selección de elementos de protección personal a ser adquiridos para los operadores.



Figura 1: Reunión en la Cooperativa Proyecto Fortaleza entre representante de los distintos sectores

Tabla 1. Áreas prioritarias de mejora y actividades a realizar

Etapas de proceso	Actividades a realizar
Recolección de las botellas plásticas	Diseño y construcción de la cúpula para el acoplamiento para el motocargador
Prensado de las botellas	Adquisición de una prensa
Pesada de pallets	Compra de una balanza ganchera de capacidad máxima permitida de 200 kg
Desplazamiento de pallets	Compra de un guinche pluma de 2000 kg de capacidad máxima permitida
Uso de elementos de protección personal	Compra de delantales de protección, guantes de goma y anteojos de protección

El Municipio Capitalino, cedió en comodato una prensa a la Cooperativa, la cual fue colocada en el tinglado de la misma, que fue cedido por el Gobierno de la Provincia de Corrientes.

Es importante señalar que con el financiamiento otorgando por el Programa del Proyecto de Voluntariado de la SPU, se pudo adquirir la balanza ganchera que se observa en la Figura 2, el guinche pluma que se observa en la misma Figura y en la Figura 3 a la presidenta de la Cooperativa vistiendo los elementos de protección personal acompañada por el Intendente de la Ciudad de Corrientes Ing. Fabián Ríos, la Vice Intendente Dra. Ana Pereyra y demás autoridades municipales.



Figura 2: Guinche pluma y balanza ganchera



Figura 3: Presidenta de la Cooperativa vistiendo los elementos de protección personal acompañada de autoridades municipales.

3.2 Diseño y construcción de la cúpula del motocargo

El diseño elegido consiste en un chasis construido con caños estructurales y malla sima, con dos compuertas traseras, una abatible hacia abajo para la carga de material, y otra abatible hacia arriba para su descarga. Se colocó una lona adicional, a modo de cobertor y de ser necesario proteger el material, por ejemplo para una eventual lluvia durante la recolección.

Además, como accesorio, se agrega al vehículo una prensa manual de 35 x 40 cm, constituida por dos placas para el prensado longitudinal de las botellas, ubicada en el panel delantero a la izquierda del conductor.

El diseño presenta las ventajas de ser liviano, barato, versátil y cómodo. Siendo la capacidad aproximada de 2,5 m³. Mientras que la desventaja es de no ser totalmente inaccesible a las personas.

La capacidad en volumen de la cúpula es de aproximadamente 2,5 m³, sin embargo las botellas no se colocarán perfectamente ordenadas. Se supone que dicha capacidad se reduce en un 30%, por lo que resultarían 1,75 m³ disponibles. Consecuentemente, en la cúpula tendría la capacidad de aproximadamente 630 botellas infladas (32 kg) o 1000 botellas prensadas (54 kg).

La carga máxima permitida del motocargo sería de 450 kg. Suponiendo un conductor de 80 kg más 100 kg aproximados de la cúpula, restarían 270 kg disponibles para el material de recolección. El margen de carga resulta entonces holgado, y considerando que, hasta el momento, el total de instituciones que visitan los recolectores, no entrega más de 40 kg de plástico semanales, según datos otorgados por la cooperativa, podrían realizar un sólo recorrido, si se prensan las botellas.

Entre los miembros de la Cooperativa, se designó los responsables de realizar la recolección, asegurando que tengan todo en regla para poder circular por la ciudad.

En la Figura 4, se observa el croquis del acoplamiento diseñado con la cúpula, mientras que en la Figura 5, motocargo con el acoplamiento construido y alguno de los miembros del equipo de voluntarios.

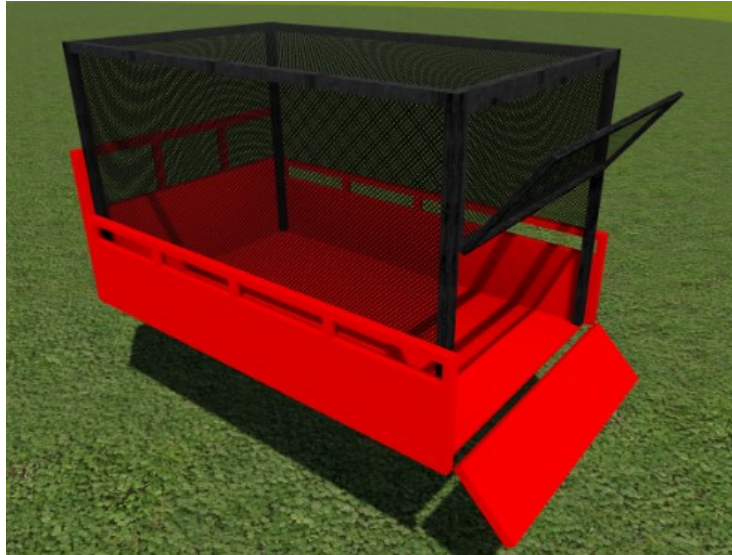


Figura 4: Croquis de la cúpula del acoplamiento seleccionado



Figura 5: Motocargo con el acoplamiento construido y parte del equipo de voluntarios

4. Conclusiones y recomendaciones

Se mejoraron las condiciones de recolección de los cooperativistas ya que se implementó el uso de un medio de movilidad, el motocargo con acoplado y cúpula, dando como resultado el aumento de la capacidad de trabajo en mejores condiciones laborales, como así también el aporte de los elementos de protección personal.

Además, se logró mayor eficiencia en los controles de proceso con la implementación de la balanza ganchera y confort en el proceso de transporte de fardos con ayuda del guinche pluma.

Se incrementó el valor agregado del plástico reciclado con el proceso de prensado y enfardado de las botellas plásticas.

Fue una experiencia muy enriquecedora tanto para los miembros de la Cooperativa, como los voluntarios que pudieron aplicar los conocimientos técnicos adquiridos en la carrera, como en trabajos de investigación en pos de la mejora de calidad de vida de personas en situación de vulnerabilidad.

Es muy importante remarcar el aporte de todos los sectores, de sectores políticos diferentes, como ser el Municipio y la Provincia de Corrientes, como así también los voluntarios de la Universidad Tecnológica Nacional, todos los sectores trabajaron con el fin de lograr el objetivo perseguido, mejorar las condiciones de trabajo del personal de la Cooperativa.

Sin embargo, se podría continuar trabajando en esta temática, incrementando el valor del plástico prensado, buscando productos derivados, como por ejemplo los tejidos polares, entre otros.

Referencias

- [1] SCHNEIDER, B. (2007). *Resiliencia. Cómo construir empresas exitosas en contextos de inestabilidad*.
- [2] RAMÍREZ SALAZAR, M., GARCÍA VALDERRAMA, M., (2010). *Revista EAN* (68) 112-133
- [3] MATEO, G., MÉNDEZ REYES, J., SOLVEIRA, B., (2011) *Mundo Agrario*, (11) 22 on line.
- [4] <http://portales.educacion.gov.ar/spu/voluntariado-universitario/>
- [5] <http://ciudaddecorrientes.gov.ar/municipalidad/agencia-de-desarrollo-econ-mico>
- [6] HALASZ, G., CAMBEIRO, M., (2014). *Cooperativas de trabajo*.
- [7] SANCHIS PALACIO, J. (1995). *Análisis estratégico de la empresa cooperativa*. Valencia: Tirant Lo Blanch Libros
- [8] ZAMBÓN, S., (2013). *Proyecto de Voluntariado Universitario*. SPU. UTN 21.
- [9] FORMENTO, H., (2015). *El Proceso de mejora continua. Claves para el desarrollo exitoso de las organizaciones*. Ediciones UNGS.
- [10] GRZYNA, F., CHUA, R., DEFEO, J., (2007) *Método Jurán. Análisis y planeación de la calidad*.

InFo-Lab, un laboratorio mixto de investigación y desarrollo de tecnología en Informática Forense

Roberto Giordano Lerena, Facultad de Ingeniería Universidad FASTA, InFo-Lab,
rogiord@ufasta.edu.ar

Ana Haydée Di Iorio, Facultad de Ingeniería Universidad FASTA, InFo-Lab,
diana@ufasta.edu.ar

Ariel Podestá, Facultad de Ingeniería Universidad FASTA, InFo-Lab, arieluf@ufasta.edu.ar

Bruno Constanzo, Facultad de Ingeniería Universidad FASTA, InFo-Lab,
bconstanzo@ufasta.edu.ar

Resumen— El Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense (InFo Lab) es una iniciativa conjunta de la Universidad FASTA, el Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires y la Municipalidad de General Pueyrredon, que nuclea en la ciudad de Mar del Plata a un equipo interdisciplinario de investigadores científicos y tecnológicos, profesionales y técnicos altamente calificados, con el objeto de desarrollar soluciones a las demandas en el campo de la Informática Forense y su aplicación. Es, a su vez, la sede del Grupo de Investigación en Sistemas Operativos e Informática Forense de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA.

Se trata del primer Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense mixto de Argentina, con el propósito de coadyuvar a la autonomía investigativa del Ministerio Público, potenciando las capacidades institucionales en una problemática de fundamental importancia para la ciudad y la provincia: la seguridad y la justicia.

Este Trabajo presenta la experiencia de vinculación de la Facultad con el Poder Judicial provincial y el Poder Ejecutivo municipal, resaltando la importancia del trabajo interdisciplinario e interinstitucional, y honrando la misión de la ingeniería: crear, con ingenio y compromiso, para mejorar la calidad de vida de la gente.

El Trabajo evidencia que la colaboración Universidad-Estado, que tanto se promueve, es posible y potencia a las instituciones.

Palabras clave— *guía, instrucciones, publicación.*

1. El InFo-Lab

El Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense (InFo-Lab) es una iniciativa conjunta de la Universidad FASTA, el Ministerio Público Fiscal de la Provincia de Buenos Aires y la Municipalidad de General Pueyrredon, que nuclea en la ciudad de Mar del Plata a un equipo interdisciplinario de investigadores científicos y tecnológicos, profesionales y técnicos altamente calificados, con el objeto de desarrollar soluciones a las

demandas en el campo de la Informática Forense y su aplicación. Es, a su vez, la sede del Grupo de Investigación en Sistemas Operativos e Informática Forense de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA.

El InFo-Lab es punto de encuentro y producto de la suma de capacidades y vocación institucional de las partes integrantes. Surge a partir de los antecedentes de trabajo conjunto interinstitucional y el requerimiento formal de colaboración de parte de la Procuración de la Corte Suprema de Justicia de la Provincia de Buenos Aires a la Universidad FASTA en este campo y cuenta con el apoyo del municipio.

Por un lado, el Grupo de Investigación en Sistemas Operativos e Informática Forense de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA, pionero en investigación y desarrollo en la temática y creador del “Proceso Unificado de Recuperación de la Información digital – PURI®”, que dio lugar a la “Guía integral de empleo de la informática forense en el proceso penal”¹, la única guía de la Argentina destinada a orientar a profesionales de la informática forense y organismos judiciales respecto de las tareas que se deben llevar a cabo para obtener una evidencia digital con valor probatorio.

Por otro lado, el Ministerio Público de la provincia de Buenos Aires, departamento judicial Mar del Plata, pionero en tareas periciales informáticas en la provincia, que cuenta con un Cuerpo de Ayudantía Técnica a la Instrucción (CATI) usuario de la última tecnología disponible en el país para soporte del proceso de investigación judicial. El trabajo conjunto permitió que el Ministerio Público pudiera aplicar metodologías y herramientas propuestas y/o diseñadas por el Grupo de Investigación, dando excelentes resultados en lo que hace a organización y efectividad de la actuación judicial, y garantizando los principios del actuar forense: evitar la contaminación, utilizar una metodología válida y controlar la cadena de custodia.

Por último, la Secretaría de Seguridad, Justicia Municipal y Control de la Municipalidad de General Pueyrredon que cuenta con un Centro de análisis estratégico del delito y la violencia, cuya misión es gestionar el conocimiento en materia de seguridad pública, mediante la producción, planificación, coordinación y evaluación de la información referida a la situación del delito y la violencia en el ámbito municipal. Esto, con la finalidad de contribuir a la toma de decisiones y de coordinar acciones con las autoridades de las diferentes instituciones e instancias que intervienen en la política de seguridad. Dicho centro cuenta con un equipo interdisciplinario de profesionales especializados en el análisis del delito.

Todo esto se articula y da lugar al primer Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense, mixto, de la Argentina, con el propósito de coadyuvar a la autonomía investigativa del Ministerio Público de la provincia de Buenos Aires, potenciando las capacidades institucionales en una problemática de fundamental importancia para la ciudad y la provincia: la seguridad y la justicia.

La formalización del InFo-Lab se llevó a cabo en mayo de 2014, mediante la firma del convenio 5/14 de la Procuración General, entre el Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, el Municipio de General Pueyrredon y la Universidad FASTA de la Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomas de Aquino.

La dirección del InFo-Lab está a cargo de la Esp. Ing. Ana Di Iorio, ingeniera en informática egresada de la Universidad FASTA, docente investigadora de las Facultades de Ingeniería y de Ciencias Jurídicas y Sociales, Instructor Informático del Ministerio Público de la Provincia de

¹ Guía Integral de Empleo de la Informática Forense en el Proceso Penal. Ana Haydée Di Iorio... [et al.]. - 1ª ed. - Mar del Plata. Universidad FASTA, 2015. ISBN 978-987-1312-73-3

Buenos Aires y coordinadora de la Comisión Asesora de Laboratorios Forenses del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

El equipo técnico del InFo-Lab tiene como núcleo al Grupo de Investigación, al que se sumaron algunos profesionales de la Municipalidad de General Pueyrredon y del Ministerio Público Fiscal en carácter permanente, y otros en función de la necesidad y especificidad de los proyectos que se llevan adelante. Hoy el InFo-Lab reúne, en el ámbito físico de la Universidad FASTA a un equipo interdisciplinario de unos 30 ingenieros, analistas, abogados, criminalistas, médico, psicóloga, arquitecto y técnicos que participan de los diferentes proyectos. Dos de los investigadores del InFo-Lab son becarios del Programa Doctorar Ingeniería de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación.

Un aspecto importante para destacar es el apoyo al InFo-Lab del Grupo de Investigación en Informática y Derecho de la Universidad FASTA, que integra un equipo interdisciplinario de investigadores de las Facultades de Ciencias Jurídicas y Sociales y de Ingeniería en proyectos donde el derecho contribuye a regular el desarrollo de la informática y la informática contribuye al derecho en general. La Informática Forense es una disciplina que se desarrolla en este campo interdisciplinar donde la informática va en auxilio del derecho en general y de la justicia en particular. En esto es importante conocer tanto el marco legal como el marco técnico y que “ambos mundos hablen entre sí”. En ese sentido, la experiencia del Grupo de Investigación en Informática y Derecho es un antecedente y fortaleza fundamental para el desarrollo de la investigación en Informática Forense que se lleva adelante en el InFo-Lab.

2. El Grupo de Investigación en Sistemas Operativos e Informática Forense

A fines del año 2006 la empresa Microsoft libera el código del kernel de su sistema operativo Windows 2003/Windows XP, y en el marco de su Proyecto OZ invita a los docentes de las materias Sistemas Operativos de todas las Universidades del país a participar de este proyecto.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA se conformó un grupo de estudio Proyecto OZ I que tuvo como objetivo principal el estudio del Administrador de Procesos, Administrador de Memoria y Administrador de Dispositivos de Entrada / Salida del kernel del Sistema Operativo Windows 2003/XP y la producción de guías teóricas y prácticas al respecto. Dichas guías fueron administradas a los alumnos de la materia Sistemas Operativos y forman actualmente parte del contenido práctico de la materia.

La investigación comenzada por este grupo fue continuada en el Proyecto OZ II, que tuvo como objetivo profundizar el estudio del Administrador de Memoria Caché, Dispositivos de Almacenamiento, File System, Networking y Seguridad del kernel del Sistema Operativo Windows 2003/XP y la producción de las guías teóricas y prácticas correspondientes.

A partir de la experiencia adquirida en la administración y alojamiento de la información de sistemas a bajo nivel, el grupo comienza a realizar transferencia y asesoramiento, auxiliando a peritos informáticos de la ciudad que carecían de los conocimientos y técnicas necesarias para la eficiente recuperación de la información en sistemas informáticos. En este contexto, se detecta necesidad imperiosa y la inexistencia de metodologías y procesos normados a efectos de la recuperación de la información con valor probatorio. Esto motiva la creación, en el año 2008, del Grupo de Investigación en Sistemas Operativos e Informática Forense, el que articula su labor con la materia Sistemas Operativos de la carrera de Ingeniería en Informática, integrando docentes, graduados y alumnos, y realizando permanentemente actividades de extensión y transferencia a la comunidad.

A partir del año 2011, y gracias a los resultados obtenidos con estos proyectos, el grupo de investigación comienza el desarrollo del proyecto “Proceso Unificado de Recuperación de Información (PURI)”, que es continuado con otros dos proyectos desarrollados en forma concurrente: “Proceso Unificado de Recuperación de la Información en Entornos Distribuidos - PURI en Clusters” y “Proceso unificado de Recuperación de la Información en SmartPhones”. Este último, en forma conjunta con la Universidad Autónoma de Los Andes UNIANDES, en el marco de un acuerdo interinstitucional de cooperación.

En el marco del Grupo de Investigación también se han realizado, y se están realizando actualmente, proyectos finales de graduación de la carrera Ingeniería Informática, que realizan aportes a la aplicación forense de la informática, en base a las necesidades en cuanto a técnicas o herramientas existentes:

- Proyecto CIRA: ya finalizado, este proyecto se enfocó en técnicas de File Carving y desarrolló un Framework abierto, rápido y flexible para implementar algoritmos y herramientas de carving.
- Proyecto BIP-M: también finalizado, este proyecto se centró en las estructuras de memoria que maneja el sistema operativo Windows. Se produjo también un nuevo Framework de Análisis de Memoria, competitivo con Volatility, el framework libre de análisis de memoria de referencia.
- Proyecto PRIP: en curso, este proyecto está concentrado en el análisis de información de usuario almacenada en el registro de Windows.
- Proyecto SherloQ Media: en curso, el objeto de este proyecto es el diseño de un entorno de análisis forense de imágenes digitales.

3. Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

El eje de trabajo del InFo-Lab consiste en el desarrollo de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social que, por lo general, tienen al Ministerio Público de la provincia de Buenos Aires como demandante principal.

En el InFo-Lab se desarrollan tanto proyectos conjuntos entre las partes integrantes, como proyectos del grupo de investigación y proyectos finales de graduación, todos articulados y alineados en el propósito del grupo y laboratorio. Asimismo, algunos proyectos se desarrollan en forma conjunta con otras universidades o instituciones.

Todos los proyectos que se desarrollan en el InFo-Lab se acuerdan entre las 3 instituciones, que en general contribuyen a su co-financiamiento, lo mismo que los correspondientes planes de trabajo.

Entre los proyectos del InFo-Lab, cabe destacar:

- Proyecto INVESTIGA (Ambiente integrado de visualización y análisis de datos): tiene como objetivo el desarrollo de un sistema informático que permita la consolidación de datos provenientes de múltiples fuentes en un ambiente integrado que facilite su visualización y análisis. El sistema informático objetivo de este proyecto pretende reemplazar al software que actualmente utiliza el Ministerio Público con fines similares, ganando en flexibilidad e independencia tecnológica.
- Proyecto FOMO (Forensia en Equipos Móviles): tiene como objetivo el desarrollo de un sistema informático que permita realizar el análisis forense de la información contenida en equipos de telefonía móvil. Se pretende, de esta forma, complementar y minimizar en su uso al software privativo y extranjero que actualmente utiliza el Ministerio Público con fines similares, ganando en flexibilidad e independencia tecnológica.

- Proyecto GT-LIF (Guía Técnica para la Implementación de un laboratorio de Informática Forense Judicial): tiene como objetivo el desarrollo de una Guía Técnica para la implantación de un laboratorio de informática forense para ser utilizada por el Ministerio Público de la provincia de Buenos Aires y en el resto de las provincias, a través del Consejo Federal de Procuradores. Esta guía técnica complementa la “Guía integral de empleo de la informática forense en el proceso penal”. Se espera que una vez finalizado el proyecto se cuente con una guía que permita estimar y evaluar los aspectos claves de diseño de un laboratorio forense en sus niveles estratégicos, institucionales, edilicios, estructurales y tecnológicos.
- Proyecto DIMA (Elaboración de indicadores para la detección de malware): tiene por objetivo extender las capacidades de análisis forense de memoria, red y medios de almacenamiento con el fin de elaborar Indicadores que permitan detectar la posible presencia de malware en un equipo.
- Proyecto PAIF-PURI (Protocolo de Actuación en Informática Forense basado en PURI): tuvo como objeto la elaboración de una Guía Integral de Empleo de la Informática Forense en el Proceso Penal que fue adoptada por la Procuración de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires (Resolución 483/16 Procuración General Suprema Corte de Justicia PBA) como estándar procedimental oficial en el ámbito del Ministerio Público, tanto para peritos como para investigadores judiciales, en base a lo establecido por el Proceso Unificado de Recuperación de Información desarrollado oportunamente por el Grupo de Investigación de la UFASTA.
- Proyecto VISOR WEB INVESTIGA: tuvo como objetivo el desarrollo de una aplicación local que permite realizar la presentación de los resultados obtenidos mediante el análisis del software INVESTIGA en una estación desconectada de la red y con prestaciones vinculadas a la litigación, y/o exposición ante un magistrado. De esta manera, al análisis de datos se puede vincular archivos multimedia tal como audio, video o imágenes. VISOR WEB INVESTIGA fue un proyecto final de graduación de alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática.
- Proyecto BIG DATA INVESTIGA: tiene como objetivo el desarrollo de un Sistema Informático que permita la constitución del subconjunto de los grandes datos de interés de la investigación judicial, tales como datos de antenas telefónicas, datos de llamadas telefónicas, mails, datos de mensajes de texto telefónico, de sistemas de mensajería instantánea, etc. mediante una serie de utilitarios ad hoc. Prevé el desarrollo de herramientas de exploración, clasificación, formalización, consolidación y depuración de la información para que luego sea más eficientemente analizada por el sistema INVESTIGA de apoyo a la investigación criminal. BIG DATA INVESTIGA es un proyecto conjunto con la Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional.

Los proyectos INVESTIGA, FOMO, PAIF-PURI y GT-LIF han sido acreditados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación e incorporados al Banco Nacional de Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social. El Proyecto BIG DATA INVESTIGA ha sido presentado para su acreditación al Ministerio. Todos ellos tienen al Ministerio Público como demandante/adoptante.

4. Extensión y Transferencia

Un aspecto muy relevante del InFo-Lab es la actividad de extensión y transferencia, que contempla una oferta de servicios tales como:

- Asesoramiento en Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense.

- Asesoramiento para la creación, implantación y evaluación de laboratorios técnicos forenses.
- Asesoramiento general en Informática Forense para organismos judiciales.
- Evaluación de herramientas de Informática Forense.
- Asistencia y soporte técnico a la actuación pericial.
- Recuperación y reconstrucción de la información digital.
- Desarrollo de soluciones y software ad-hoc.
- Procesamiento y análisis forense de imágenes, audio y video digital.
- Recuperación de datos y archivos eliminados y/o dañados.
- Análisis Forense de Datos mediante técnicas de inteligencia computacional.

Asimismo, el Grupo de Investigación ha diseñado y viene dictando desde 2013, cada año con mayor demanda, el Programa de Actualización Profesional en Informática Forense de la Universidad FASTA.

Este programa está destinado a profesionales de la Informática interesados en la actuación pericial y que deseen capacitarse en los conceptos básicos de la Informática Forense, el Proceso Unificado de Recuperación de la Información PURI®, la legislación aplicable y las técnicas y herramientas de software libre disponibles y recomendadas para la actuación pericial.

De igual manera, se brindan capacitaciones y talleres personalizados a la medida de las necesidades de cada institución.

5. Cooperación interinstitucional

Para llevar adelante los proyectos propios e interinstitucionales es clave la cooperación interinstitucional. En ese sentido, el campo de la Informática Forense, la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA cuenta con convenios que hacen posible el desarrollo de sus proyectos y los enriquecen. Entre ellos, caben destacar los que se mantienen con las siguientes instituciones: CPCIBA - Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Buenos Aires, Intel Argentina, IUA - Instituto Universitario Aeronáutico, UCASAL - Universidad Católica de Salta, UNNOBA - Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires y UTN FRD Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional.

Asimismo, la Facultad de Ingeniería trabaja en forma articulada con otras instituciones mediante la participación en asociaciones y redes, tales como: ATICMA - Asociación de Tecnología de la Información y Comunicaciones de Mar del Plata, Comité Técnico de Calidad en Tecnología de la Información del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Comité Técnico de Seguridad y Tecnología de la Información del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, CPCIBA - Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Buenos Aires, CYTED - IBERCHIP - Subprograma IX IBERCHIP de Microelectrónica del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, FIADI - Federación Iberoamericana de Asociaciones de Derecho Informático, LEFIS - Legal Framework for the Information Society, RED CIDDI - Red de Universidades e Institutos con Investigación en Informática y Derecho y MinCyT Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Red de Laboratorios Forenses de Ciencia y Tecnología de la Argentina.

6. La experiencia de vinculación

El InFo-Lab es una experiencia de vinculación de una Facultad de Ingeniería con el medio, donde lo más distintivo e importante es el trabajo interdisciplinario e interinstitucional.

En el InFo-Lab concurren la academia, el Poder Judicial provincial y el Poder Ejecutivo municipal, todos trabajando con un mismo fin, pero con sus propias características, políticas, principios, planes, necesidades, métodos, autoridades, burocracia, economías, etc. Ergo, la tarea de gestión del InFo-Lab no es fácil.

El InFo-Lab no es una burbuja, ajena a las realidades de las instituciones que lo conforman, ni a la realidad de la ciudad, provincia y país. Por el contrario, es un ámbito donde todo esto confluye y es necesario alcanzar los objetivos planteados garantizando el respeto por las partes y por el todo, en todos sus aspectos. Esto, que hace más compleja la gestión, también le agrega valor a la misma y a la experiencia de vinculación en general. Permite que cada institución conozca y comprenda a ciencia cierta la realidad de las otras y se comprometa con ellas, transformándose, entonces, en un verdadero socio estratégico.

Lo mismo pasa con los investigadores que, “tironeados” por los objetivos del proyecto y los particulares de todas y cada una de las instituciones, deben equilibrar permanentemente las tareas de producción, capacitación, publicación, participación en congresos, clases, cursos, pericias, transferencia, relaciones interinstitucionales, viajes, postgrados, sus obligaciones en el Ministerio Público y la Universidad, etc. Esto hace que cada uno, y en particular la dirección, deba desarrollar competencias especiales en lo que hace a la planificación y organización del trabajo, la orientación a metas y la evaluación de resultados, lo que los enriquece como profesionales.

Otro aspecto fundamental y distintivo de la vinculación intra InFo-Lab es la Interdisciplina. En el InFo-Lab conviven ingenieros, analistas, abogados, criminalistas, un médico, una psicóloga, un arquitecto y técnicos que participan de los equipos de los diferentes proyectos. Muchos de ellos son docentes, algunos son fiscales o instructores, algunos son alumnos de grado, otros de postgrado, algunos son de dedicación exclusiva y otros parcial. La necesaria vinculación entre ellos va más allá de la necesidad de un dialogo con terminología comprensible por el otro. Requiere de la capacidad para entender al otro en lo que dice y en lo que piensa, en lo que requiere, en lo que aporta, en lo que cuestiona, en su razonamiento, en sus fundamentos y en sus limitaciones. Esta capacidad de trabajo interdisciplinario es una cuestión clave, que cuesta desarrollar, pero que agrega valor a los proyectos y productos y, sobre todo, al potencial del equipo. Los equipos interdisciplinarios verdaderamente integrados son capaces de generar Know How en un campo determinado y explotarlo adecuadamente a efectos de alcanzar objetivos minimizando el esfuerzo y maximizando el resultado técnico.

Por último, otro aspecto importante para destacar en esta experiencia de vinculación, es la confianza interinstitucional, ganada luego de muchos años de trabajo conjunto, y derivada de una confianza interpersonal de las autoridades y los actores involucrados. La confianza interinstitucional hace al compromiso pleno de las partes y se traslada a las personas. La certeza de que todas y cada una de las instituciones y los integrantes del InFo-Lab están cooperando permanentemente, comprometidas, y trabajando con un mismo fin, sin lugar a dudas o suspicacias, genera el espacio ideal para la creación de conocimiento y desarrollo de tecnología. El InFo-Lab nace y se sostiene, gracias al compromiso y confianza interinstitucional e interpersonal, y eso impregna la filosofía del trabajo cotidiano, de los proyectos y hasta los resultados alcanzados juntos.

Esa confianza interinstitucional e interpersonal, en la historia del InFo-Lab ha permitido consolidar las condiciones de evolución incremental de espacios propuesta por Etzkowitz

(2002), conforme la siguiente cronología: 1) Espacio de conocimiento: centrado en los “entornos de innovación regionales” donde diferentes actores trabajan para mejorar las condiciones locales para la innovación mediante la concentración de actividades de I+D relacionadas y otras operaciones relevantes. 2) Espacio de consenso: generando ideas y estrategias en una “triple hélice” de múltiples relaciones recíprocas entre los sectores institucionales de la región. 3) Espacio de innovación: donde se intenta realizar los objetivos articulados en la fase anterior, combinando capital y conocimiento.

En la percepción de los académicos acerca de la vinculación universidad, empresas y estado en Argentina, relevada por Arias (2013), la mayoría de los entrevistados opinan que, en la Argentina, a diferencia del mundo desarrollado y de algunos países en desarrollo, la vinculación no es algo común y el camino para el estrechamiento de relaciones está lleno de obstáculos. Además, el estudio revela una fuerte autocrítica de los propios académicos, señalando al sector académico como culpable, en muchos casos, del divorcio de la universidad con la sociedad entera. En este sentido, se destaca la poca practicidad de la investigación en las universidades y su bajo impacto en el medio social. En el caso del InFo-Lab, la confianza interinstitucional e interpersonal ha permitido sortear los múltiples obstáculos que fueron apareciendo. El compromiso con la misión institucional de los actores involucrados y el impacto social de lo producido han sido factores claves (todos intangibles) que dan sentido y sostienen el proyecto.

7. El marco teórico y formal

Según Langford y Langford (2000), la “Economía del Conocimiento” ha generado un contexto en el cual la habilidad para ensamblar y explotar conocimiento se ha vuelto un factor clave para la competitividad de las empresas y el cumplimiento de la misión del Estado, reconociendo que ninguna empresa o institución del Estado puede producir ni controlar todo el conocimiento que necesita para su trabajo. Esto da lugar al surgimiento de un nuevo modo de producción de conocimiento orientado a la configuración del mismo tanto o más que a su descubrimiento, orientado a problemas que son inherentemente transdisciplinarios y mucho más dependiente de la interacción entre los actores involucrados.

Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzman, Scott y Trow (1997) plantean, entonces, el “Modo 2” de producción de conocimiento, como un modelo que complementa al tradicional (Modo 1) de producción de conocimiento generado dentro de un contexto disciplinar, fundamentalmente cognitivo.

En este modo 2, el conocimiento se genera en contextos transdisciplinarios sociales y económicos más amplios. En este modo, el conocimiento resulta a partir de una gama más amplia de consideraciones; el conocimiento tiene que ser útil para alguien, ya sea en la industria, en el gobierno o en la sociedad. La producción de conocimiento se mantiene bajo un ambiente de negociación continua y no se produce a menos y hasta que se incluyan los intereses de los diversos actores. La composición de los equipos dedicados a solucionar problemas cambia con el tiempo, y las exigencias evolucionan. La flexibilidad y el tiempo de respuesta son factores cruciales. Se reconoce que existe una serie de actores que se relacionan para resolver problemas específicos. Las instituciones de investigación están estrechamente asociadas o vinculadas a la demanda, que puede venir tanto del sector privado como de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, en un esquema de “Triple Hélice” definido por Etzkowitz and Leydesdorff en 1997. Los incentivos en este esquema se basan en los productos prácticos, reales o esperados; la secuencia de producción lineal es quebrada, siendo el conocimiento desarrollado en el contexto de las aplicaciones.

En el modelo de la triple hélice, la innovación se produce en la interfaz en la que operan los actores en el sistema de innovación, es decir, la zona de encuentro entre los subsistemas de la universidad, de las industrias basadas en conocimiento y de los gobiernos, que constituyen las tres palas de la hélice. Los motores de la innovación son las relaciones e interacciones a dos o tres bandas entre estos subsistemas de acción.

Van den Besselaar, en su ponencia "Is S&T policy research transdisciplinary?", presentada a la Conferencia Triple Hélice en Nueva York, en enero de 1998, consideraba que por esas épocas, en términos de la organización de la investigación, estamos siendo testigos de la emergencia de muchos vínculos nuevos entre instituciones de investigación, firmas e instituciones gubernamentales, lo que en términos cognitivos, significaría la emergencia de la investigación transdisciplinaria (modo 2) en forma complementaria a la tradicional investigación monodisciplinaria (modo 1). Estos fenómenos, al menos "casos", comienzan a verse más tarde en América Latina.

En Argentina en particular, esto comienza a fomentarse a partir de la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, en un contexto que se alinea con lo propuesto por Ana Lúcia Gazzola, Directora de IESALC-UNESCO: "Los nuevos retos presentados por la llamada sociedad del conocimiento exigen que seamos capaces de desencadenar un proceso de crecimiento sustentable, que tendrá como una de sus características la interacción productiva entre universidad y sociedad. Enfrentamos grandes desafíos, tanto los nacionales como aquellos del bloque regional al que pertenecemos. Todos ellos dependen, para su adecuado enfrentamiento, de una dosis masiva de capital intelectual. Hay toda una agenda a nuestra espera: la generación de tecnologías sociales que puedan dar respuestas adecuadas a las necesidades de nuestros países".

Stokes ubica este estilo de investigación que produce conocimiento y soluciones que son estratégicas para las políticas contemporáneas de ciencia y tecnología en lo que denomina el "Cuadrante 2", donde el investigador desarrolla una investigación orientada a problemas colocados por el ambiente externo, pero con un "estilo básico" (Beesley 2003). El autor denomina este cuadrante como "cuadrante de Pasteur", por asociación a los trabajos de la madurez de este científico, que, simultáneamente, respondieron a una cuestión aplicada, la mejoría de las técnicas industriales de fermentación, y lanzaron las bases de la microbiología moderna.

En este contexto, el Estado en tanto integrante de la Sociedad, es, también, demanda de conocimiento y soluciones de base intelectual, científica y tecnológica, tal como lo marca Hernán Chaimovich: "La sensación de urgencia, que hoy prevalece, tiene estrecha relación con el ritmo creciente de nuestra comprensión de la naturaleza, pero sobretudo con la creciente relación entre ciencia y tecnología. El tiempo es ahora, y los análisis que ayuden a formular propuestas para estrechar las relaciones entre los productores, los actores y las estructuras que permiten las relaciones saludables entre ciencia y sociedad son cada día más urgentes y necesarios."

Para Teresa González de la Fe, en la sociedad actual, la sociedad impone a las universidades un papel estratégico en el proceso de desarrollo local y regional. La tercera función de la universidad en las economías y sociedades de conocimiento es contribuir al desarrollo económico y social local mediante innovaciones basadas en conocimientos.

El sistema educativo y científico nacional brinda el contexto y mandato formal para la vinculación Universidad-Estado y el ejercicio de esta tercera función de la Universidad. La Ley de Educación Superior de la Argentina, en su artículo 4, fija entre los objetivos de la educación Superior: ...c) Promover el desarrollo de la investigación y las creaciones artísticas, contribuyendo al desarrollo científico, tecnológico y cultural de la Nación; ... j) Promover

mecanismos asociativos para la resolución de los problemas nacionales, regionales, continentales y mundiales.

En su artículo 28, la Ley de Educación Superior establece, dentro de las funciones básicas de las instituciones universitarias: e) Extender su acción y sus servicios a la comunidad, con el fin de contribuir a su desarrollo y transformación, estudiando en particular los problemas nacionales y regionales y prestando asistencia científica y técnica al Estado y a la comunidad.

A su vez, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, que rige la actividad mediante el “Estatuto de las carreras del Investigador Científico y Tecnológico y del Personal de Apoyo a la Investigación y Desarrollo”, fija el objeto de la carrera del investigador entre otros, en favorecer la plena y permanente dedicación de los investigadores a la labor científica y tecnológica original, considerar armónicamente la investigación científica y tecnológica y fomentar la transferencia de los resultados de la tarea técnico - científica a la sociedad.

En este marco formal, este “nuevo modo de producción de conocimiento” y la visión de “Triple Hélice” constituyen el marco conceptual para la política de promoción y reconocimiento de las actividades de investigación aplicada y desarrollo tecnológico del MinCyT en Argentina, soportado básicamente por los acuerdos alcanzados en los llamados “Documento I de la Comisión Asesora sobre Evaluación del Personal Científico y Tecnológico: Hacia una redefinición de los criterios de evaluación del personal científico y tecnológico” y “Documento II de la Comisión Asesora sobre Evaluación del Personal Científico y Tecnológico: Precisiones acerca de la definición y los mecanismos de incorporación de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) al Banco Nacional de Proyectos del MCTIP”, que dan lugar al concepto de Proyecto de Desarrollo Tecnológico Social en el Sistema de Investigación Científica-Tecnológica en la Argentina.

La misión del InFo-Lab prevé la investigación aplicada y el desarrollo de tecnología en informática forense, a efectos de dar respuesta a demandas concretas de la sociedad en cumplimiento de la tercera función universitaria, mediante la ejecución de proyectos de desarrollo tecnológico social y transferencia de sus productos y resultados a la sociedad.

8. Conclusiones

Atendiendo el llamado de Ana Lucía Gazzola, Directora de IESALC-UNESCO, “El IESALC espera que la exposición y difusión de experiencias exitosas contribuya a incentivar el deseo por conocerlas con mayor amplitud y profundidad, al tiempo que sirva de invitación abierta para que la universidad latinoamericana asuma esa nueva dimensión estratégica de su misión en el siglo XXI.”, este trabajo pretende ser un aporte ese sentido, al Congreso Argentino de Ingeniería en particular, y a la comunidad universitaria en general.

El InFo-Lab es una experiencia de vinculación exitosa en el campo de la Investigación y Desarrollo de Tecnología. Sus resultados se aplican en el ámbito de la provincia de Buenos Aires y se extienden, luego, a la totalidad de los Ministerios Públicos de la República Argentina, a través del Consejo de Procuradores y del Consejo Federal de Política Criminal, dando un alcance nacional al trabajo del equipo interinstitucional marplatense. Además, el trabajo calificado argentino permitirá sustituir productos extranjeros de apoyo a la justicia por soluciones de origen nacional, con los consiguientes beneficios en términos de adaptabilidad, mantenibilidad, costos e independencia tecnológica.

Este laboratorio y sus proyectos son un aporte concreto de la Universidad al Estado, en pro de la mejora de la sociedad toda. La conjunción multidisciplinaria de actores académicos con los del poder judicial y ejecutivo, tanto en el plano provincial como municipal, demuestra que la

colaboración Universidad-Estado, que tanto se promueve, es posible y potencia a las instituciones.

El trabajo que se desarrolla en estos ámbitos mixtos, interinstitucionales, interdisciplinarios es complejo, pero muy enriquecedor y fructífero para las partes, para las personas involucradas y, sobre todo, para la sociedad. Es un aporte concreto del ámbito científico tecnológico al desarrollo regional y nacional. Por ello, el desafío es atractivo y el esfuerzo vale la pena.

El InFo-Lab, inédito en su diseño y conformación mixta, es un ejemplo más, de los tantos que hay en el país, que honran la verdadera misión de la ingeniería: crear, con ingenio y compromiso, para mejorar la calidad de vida de la gente.

9. Bibliografía

ARIAS, M.F. (2013). La vinculación universidad, empresa, estado, ¿es necesaria? La percepción de académicos de universidades públicas y privadas en la Argentina; Universidad de la Empresa; Revista Iberoamericana de Ciencias Empresariales y Economía; 4; 4; 1-2013; 11-30

CONICET (1973). Estatuto de las carreras del investigador científico y tecnológico y del personal de apoyo a la investigación y desarrollo - Decreto Ley N 20.464/73 modif. Ley 22.140 y 24.729

DI IORIO, A. H. et al (2016). Guía integral de empleo de la informática forense en el proceso penal. Universidad FASTA. Mar del Plata, Argentina. Disponible en InFo-Lab.org.ar.

DI IORIO, A. H. et al (2015). InFo-Lab: investigando y desarrollando tecnología nacional en Informática Forense. Revista Argentina de Ingeniería, Año 5, Volumen I, abril 2015. Disponible en InFo-Lab.org.ar.

ETZKOWITZ, H. (2002). "Networks of Innovation: Science, Technology and Development in the Triple Helix Era", International Journal of Technology Management and Sustainable Development, vol. 1-1, pp. 7-20

GIBBONS, M., LIMOGES, C., NOWOTNY H., SCHWARTZMAN, S., SCOTT, P., TROW, M. (1997). La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas. Barcelona: Pomares Corredor.

GONZÁLEZ DE LA FE, T. (2009). ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura CLXXXV 738 julio-agosto 2009. 739-755.

LANGFORD, C.H. y LANGFORD, M.W. (2000), "The evolution of the rules for access to megascience research environments viewed from Canadian experience", Research Policy 29, N° 2, pp. 169,180.

Ley N° 24.521. Ley de Educación Superior.

MINCYT (2012). Argentina. Documento I de la Comisión Asesora sobre Evaluación del Personal Científico y Tecnológico: Hacia una redefinición de los criterios de evaluación del personal científico y tecnológico.

MINCYT (2013). Argentina. Documento II de la Comisión Asesora sobre Evaluación del Personal Científico y Tecnológico: Precisiones acerca de la definición y los mecanismos de incorporación de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) al Banco Nacional de Proyectos del MCTIP.

PROCURACIÓN GENERAL SUPREMA CORTE DE JUSTICIA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (2016). Resolución 483/16 de aprobación de la Guía integral de empleo de la informática forense en el proceso penal. La Plata, Buenos Aires, 2016.

SCHWARTZMAN, S. (2008). Universidad y desarrollo en Latinoamérica: experiencias exitosas de centros de investigación. UNESCO IESALC.

VAN DEN BESSELAAR, P. (1998), "Is S&T policy research transdisciplinary?", ponencia presentada a la Conferencia Triple Hélice, Nueva York, enero 1998.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE AMBULANCIAS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS VIALES.

APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE TRENQUE LAUQUEN

Fernanda Martínez Micakoski, UTN FRTL, fer_micakoski@yahoo.com

Carlos Marcos, UTN FRTL, consultora_cm@hotmail.com

Felipe López Azuendi, UTN FRTL, flopezazumendi@yahoo.com.ar

Gabriela Moralejo, UTN FRTL, gabrielamoralejo@hotmail.com

Carlos Piccinini, UTN FRTL, carlos89piccinini@gmail.com

German Benuzzi, UTN FRTL, geer10_tl@hotmail.com.ar

María de los Ángeles Martínez, UTN FRTL, mar_76@live.com.ar

Alexis Neira, UTN FRTL, alexisneira_xyz@hotmail.com

Resumen

Los Servicios de Emergencias deben definir dónde y cómo planificar la localización de las ambulancias, en virtud de poder brindar respuesta a las demandas que se generen en la zona urbana, rural y rutas aledañas a las ciudades.

El traslado a tiempo es uno de los factores a tener en cuenta para garantizar la eficiencia en la atención del paciente que requiere atención médica urgente.

A medida que las ciudades crecen, como es el caso de Trenque Lauquen Provincia de Buenos Aires de la República Argentina, requieren un diseño estratégico de sus sistemas sanitarios entre ellos “el traslado de la emergencia” desde el lugar de origen hacia el centro de atención de salud.

El desarrollo de un modelo que permita tomar la mejor decisión posible acerca de la ubicación de los vehículos, es el objetivo de este estudio. La herramienta elegida para su análisis es el Método de Centro de Gravedad, que permite ponderar bajo un sistema de georreferencias las alternativas posibles de elección.

El resultado del modelo proporciona la selección del espacio más eficiente con el que cuenta actualmente la Municipalidad de Trenque Lauquen, dentro del área de Salud, para establecer un sistema de despacho de ambulancias de urgencia.

Se incluirán, por lo menos, 3 palabras claves separadas por comas. La cabecera será en Times New Roman, de 14 pt, en negritas, alineado a la izquierda, interlineado sencillo. El texto deberá estar en Times New Roman, de 12 pt, justificado, interlineado sencillo.

Palabras clave *localización de ambulancias, Centro de Gravedad, emergencias.*

1. Introducción

Reducir el tiempo de rescate de los involucrados en siniestros viales y su correspondiente traslado a los Centros de Atención Médica, requiere de la planificación de un sistema que brinde respuesta a esta demanda. Numerosas publicaciones aseguran que la localización de las ambulancias es crítico cuando se pretende reducir el tiempo de transporte de lesionados [1] [2]

El crecimiento poblacional estimado para el Distrito de Trenque Lauquen, continuando las proyecciones publicadas por el Ministerio de Economía [3], es de aproximadamente 50400 habitantes en 2025. Esto representa un crecimiento del 15% desde 2010, último censo nacional, hasta 2025.

A partir de contar con la georreferencia de los siniestros viales registrados en las diferentes zonas de la ciudad: Urbana, Rural, Rutas aledañas, es posible visualizar el escenario en un mapa que permita reconocer áreas críticas.

Por otro lado, el Municipio cuenta con una base de datos que permite determinar la trazabilidad de cada evento, estableciendo el impacto en la salud de cada participante. Al unificar ambos criterios, la ubicación geográfica y la consecuencia sanitaria, se obtiene una unidad de medida que no solo contempla la frecuencia sino también otorga una ponderación en función de la gravedad de las lesiones.

A partir de esta información surge la posibilidad de planificar opciones que permitan optimizar la utilización de ambulancias de traslados de urgencias, analizando posibles relocalizaciones que posibiliten una respuesta eficiente a la demanda potencial de despachos.

Un estudio de este tipo puede llevarse a cabo mediante el desarrollo de un modelo de localización, por ejemplo el Método de Centro de Gravedad, como fuera analizado por Carrizosa [4] *“...En la localización de servicios públicos, junto al criterio de eficiencia (modelado generalmente a través de la minimización del coste total de transporte), puede ser necesario considerar aspectos de equidad: el servicio debería ser, idealmente, de la misma calidad para todos los usuarios. Esto puede modelarse imponiendo como segundo objetivo la minimización de la mayor de las distancias, o bien minimizando una medida de dispersión de las distancias para que las distancias que separan al servicio de los usuarios sean similares...”*.

En el marco de lo citado se genera un análisis por medio de un Proyecto de Investigación desarrollado por la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen (UTN FRTL), que brinda información de los siniestros viales ocurridos en la mencionada localidad. Los datos son aportados por tres fuentes primarias: Dirección de Contralor (a través de los Agentes de Tránsito relevando los eventos en la zona urbana y rural aledaña), Bomberos Voluntarios (aportando lo sucedido en las dos Rutas Nacionales circundantes a la ciudad, RN 33 y RN 5) y la Dirección de Atención Comunitaria (contribuyendo con los registros de pacientes atendidos en el Servicio Sanitario local).

Surge del estudio de base, que en la ciudad se registraron desde diciembre de 2011 a octubre de 2014: 1332 siniestros (aproximadamente 38 mensuales), 2382 participantes (aproximadamente 68 mensuales) de los cuales 1231 (35 por mes) fueron lesionados. Particularmente además se registraron 27 personas fallecidas (0.8 mensuales) – 111 graves (3 al mes), 1093 leves (31 mensuales) y el resto resultaron ilesos. En este estudio no se consideraron a los participantes “Sin lesiones”, debido a que se asume que no requieren traslado en ambulancia.

En base a lo expuesto el total de registros donde los que se basa el análisis son 947 involucrados en siniestros viales que sufrieron lesiones de diferente gravedad.

Al observar el plano general georreferenciado (Figura 1) resulta complejo comprender el escenario, en cambio al visualizarse los planos según la gravedad de las lesiones es posible definir más claramente zonas críticas.



Figura1. Plano de todos los siniestros ocurridos

Un ejemplo de la observación específica por gravedad de las lesiones es la generada por día de la semana, Domingo en este caso, como muestra nuestro ejemplo en Figura 2.



Figura2. Plano de siniestros por día de la semana, considerando la gravedad de las lesiones

En base a lo expuesto, se pretende aplicar una herramienta que permita definir un punto estratégico en el que se logre un despacho de ambulancias de urgencias que responda a la demanda potencial de traumatizados por eventos viales.

Identificar qué espacio Municipal de Salud en Trenque Lauquen es el más apto para establecer un sistema de traslados de emergencias que permita movilizar a los pacientes (principalmente los de mayor riesgo) en el menor tiempo posible, es entonces el objetivo de estudio.

2. Materiales y Métodos

El Método elegido para determinar la localización más eficiente es el de “Centro de gravedad”, el cual se basa en el concepto de minimizar costos a partir de ubicar el centro de expendio lo más cerca posible de la mayor demanda [5]

Partiendo de los datos que brinda el Proyecto de Investigación de la UTN FRTL anteriormente mencionado, el registro contempla el período 01-12-2011 al 31-10-2014, la conformación se logra por cada participante del evento vial, al que le corresponde una georreferencia (latitud y longitud establecida). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultan muy útiles para la vigilancia de problemáticas sanitarias, Maia et al [6] afirman “...En particular, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se configuran como herramientas útiles para la comprensión del perfil epidemiológico de estos eventos en la

salud de los individuos, al explorar su relación con la organización espacial de las instituciones de salud, tanto de aquellas orientadas a los cuidados inmediatos como las relacionadas con el manejo clínico y fisioterapéutico de las secuelas...”

En base a las coordenadas por participante, Tabla 1, se obtienen todos los registros correspondientes al período 01-12-2011 al 31-10-2014.

Tabla1. Vista parcial de la base de datos que representa la georreferencia de cada participante

latitud	longitud
-35.9761802	-62.7313554
-35.9761802	-62.7313554
-35.9692661	-62.731316
-35.9692661	-62.731316
-35.9692661	-62.731316
-35.92606	-62.813974
-35.92606	-62.813974
-35.92606	-62.813974
-35.92606	-62.813974
-35.92606	-62.813974
-35.9738244	-62.7431564
-35.9738244	-62.7431564

Tratamiento de los nulos

Es frecuente encontrar en las bases de datos registros faltantes que deberían estar pero no se encuentran, se decidió ignorar las filas que cumplen con esta característica ya que el acumulado no supera el 10% del total de registros.

Delimitación de los datos

Se calcula la latitud y longitud promedio, Figura 3, para establecer un punto medio geográfico de referencia. El análisis incluirá aquellas coordenadas que establecen una diferencia mayor al 1% con dicho punto.

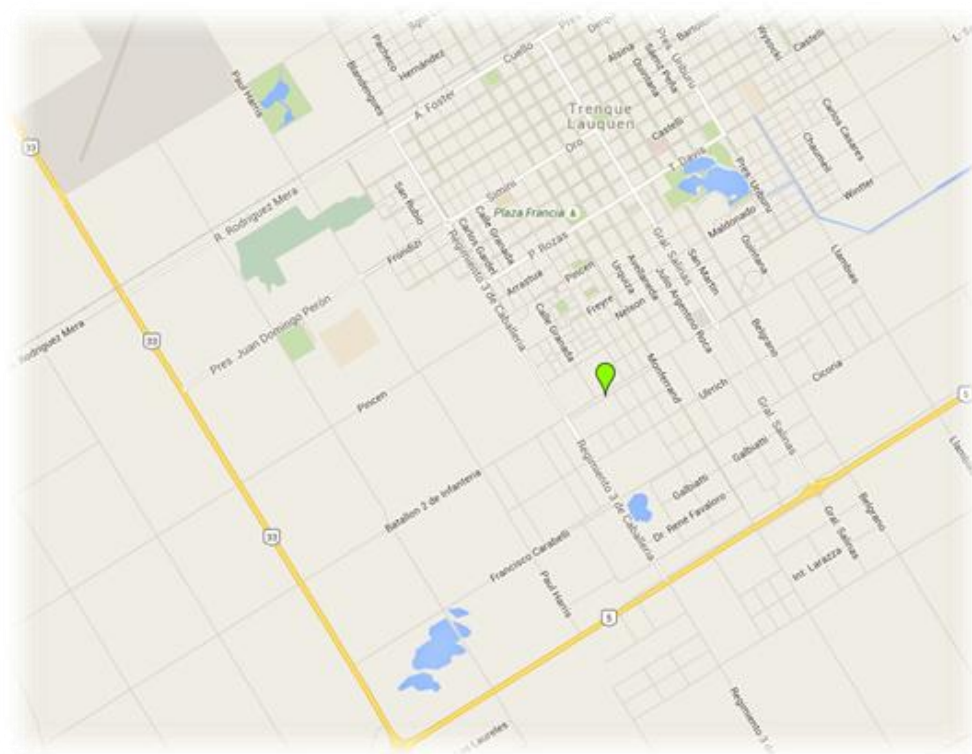


Figura 3. Punto promedio de ubicación de eventos

De esta manera solo quedan comprendidos dentro del análisis los participantes que sufrieron siniestros viales dentro del área que delimita Figura 4.

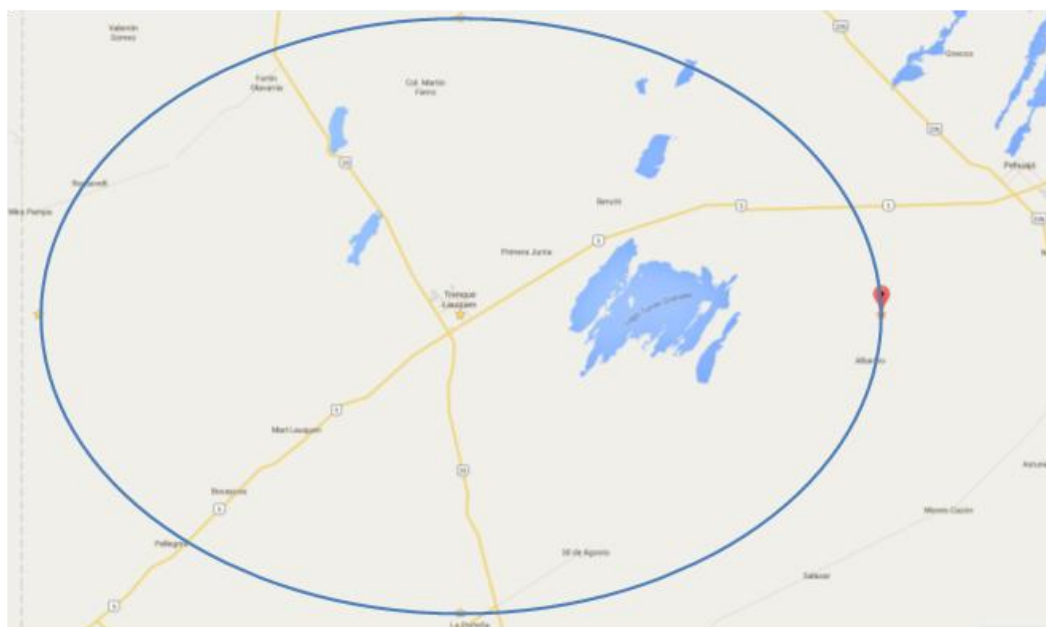


Figura 4. Delimitación del área de estudio

Estamos abarcando una distancia de 40 Km en el radio menor y 56 km en su radio mayor. Las distancias son suficientemente extensas como para incluir siniestros que en realidad serían cubiertos por ambulancias correspondientes a centros de salud de Municipios vecinos. Por lo tanto, los eventos que se produjeron fuera de esta área de cobertura son eliminados (Tabla 2).

Tabla 2. Registros que por su distancia superior a +/- 1% del centro geográfico deben eliminarse

Fila	latitud (x)	longitud (y)	Requerimien		Dif. Lat.Prom.	Dif. Long..Prom.
770	-62.52678	-62.52678	0.14		73.73%	-0.33%
927	-36.97138	-62.36667	0.29		2.72%	-0.58%
1193	-35.59500	-61.18243	0.29		-1.10%	-2.47%
1194	-35.59500	-61.18243	0.03		-1.10%	-2.47%
1206	-41.93438	-62.80897	0.14		16.51%	0.12%
1207	-41.93438	-62.80897	0.03		16.51%	0.12%

Fila	latitud (x)	longitud (y)	Requerimien		Dif. Lat.Prom.	Dif. Long..Prom.
753	-35.74363	-61.71753	0.14		-0.69%	-1.62%
1193	-35.59500	-61.18243	0.29		-1.10%	-2.47%
1194	-35.59500	-61.18243	0.03		-1.10%	-2.47%

Si bien solo se contabilizan siete participaciones, las mismas producen un gran apalancamiento en el Método debido a la gran distancia que establecen sus coordenadas.

3. Resultados y Discusión

Composición de criterios

A partir de la variable “Consecuencias”, cuyos atributos son: Leves – Graves – Gravísimos – Fallecidos, se procede a cuantificarlos para otorgarles un “peso particular” en base a la “Escala de Saaty” [7]. El resultado de cada ponderación se observa en la Tabla 2.

Tabla 3. Ponderación de criterios de gravedad en las consecuencias de las lesiones

CRITERIOS	Leve	Grave o Gravísimo	Fallecido	SUMA	PESO
Leve	1	0.2	0.11	6.31	0.14
Grave o Gravisimo	5	1	0.2	13.2	0.29
Fallecido	9	5	1	24	0.53
SUMA	15.2	6.34	1.42	44.97	W

Cada atributo se traduce en su peso correspondiente para conformar la variable “Requerimiento”, en la Tabla 3 se observa una vista parcial que ejemplifica el tratamiento de la variable.

Tabla 4. Vista parcial de la transformación de las consecuencias en la salud del participante en cada requerimiento

Consecuencias	Requerimiento
Leves	0.14
Fallecidos	0.53
Leves	0.14
Leves	0.14
Leves	0.14

Composición final de la tabla

Una vez determinado el peso, y asignado en forma de “requerimiento”, se unifica junto a las coordenadas de cada evento, pudiéndose observar el esquema adoptado en la Tabla 4.

Tabla 5. Composición final de las coordenadas en función de sus requerimientos

Latitud (x)	Longitud (y)	Requerimiento
-35.9692661	-62.73131599	0.14
-35.92606	-62.813974	0.53
-35.9671795	-62.7415746	0.14
-35.9724967	-62.7322768	0.14
-35.9724967	-62.7322768	0.14
-35.9659396	-62.73912199	0.14
-35.9659396	-62.73912199	0.14
-35.9602556	-62.74472839	0.14
-35.9602556	-62.74472839	0.14

De esta manera se cuenta con la ubicación y el costo (representado por el peso del requerimiento), para poder avanzar en la construcción del método.

Método de Centro de Gravedad

Contando con las localizaciones en un sistema de coordenadas, el centro de gravedad se calcula en base a dos Ecuaciones (1) y (2):

$$\text{Coordenada } x \text{ del centro de gravedad} = \frac{\sum_i d_{ix} Q_x}{\sum_i Q_i} \quad (1)$$

$$\text{Coordenada y del centro de gravedad} = \frac{\sum_i d_{iy} Q_y}{\sum_i Q_i} \quad (2)$$

Donde:

d_{ix} = coordenada x de la localización i

d_{yx} = coordenada y de la localización i

Q = es el peso que se le otorga a cada consecuencia en la salud del participante

Se obtiene como resultado así a:

Coordenada "x" del centro de gravedad = -35.84958592

Coordenada "y" del centro de gravedad = -62.72981377

Identificación de posibles centros de despacho

La Municipalidad de Trenque Lauquen, al momento del análisis cuenta con un Hospital Municipal, cuatro Centros de Atención Primaria y un Anexo Sanitario, los cuales con un mínimo costo podrían adecuarse en cuanto a infraestructura a las necesidades de despacho de ambulancias. Se toman como referencia a estos Centros para evaluar el espacio más eficiente desde el punto de vista del modelo planteado. En la Figura 5 se observan las ubicaciones de dichos Centros.



Figura 5. Georreferencia de los Centros de Atención Sanitaria de Trenque Lauquen

Selección de la alternativa

En base a la ubicación del centro de gravedad (Noreste de la Ciudad de Trenque Lauquen) y a la georreferencia de los posibles lugares de despacho de ambulancias, el Centro elegido es el “Ramón Carrillo” sito en calle Rivadavia y Emiliano Saez.

En la Figura 6 se visualiza la mayor cercanía de este Centro de referencia al Centro de Gravedad.

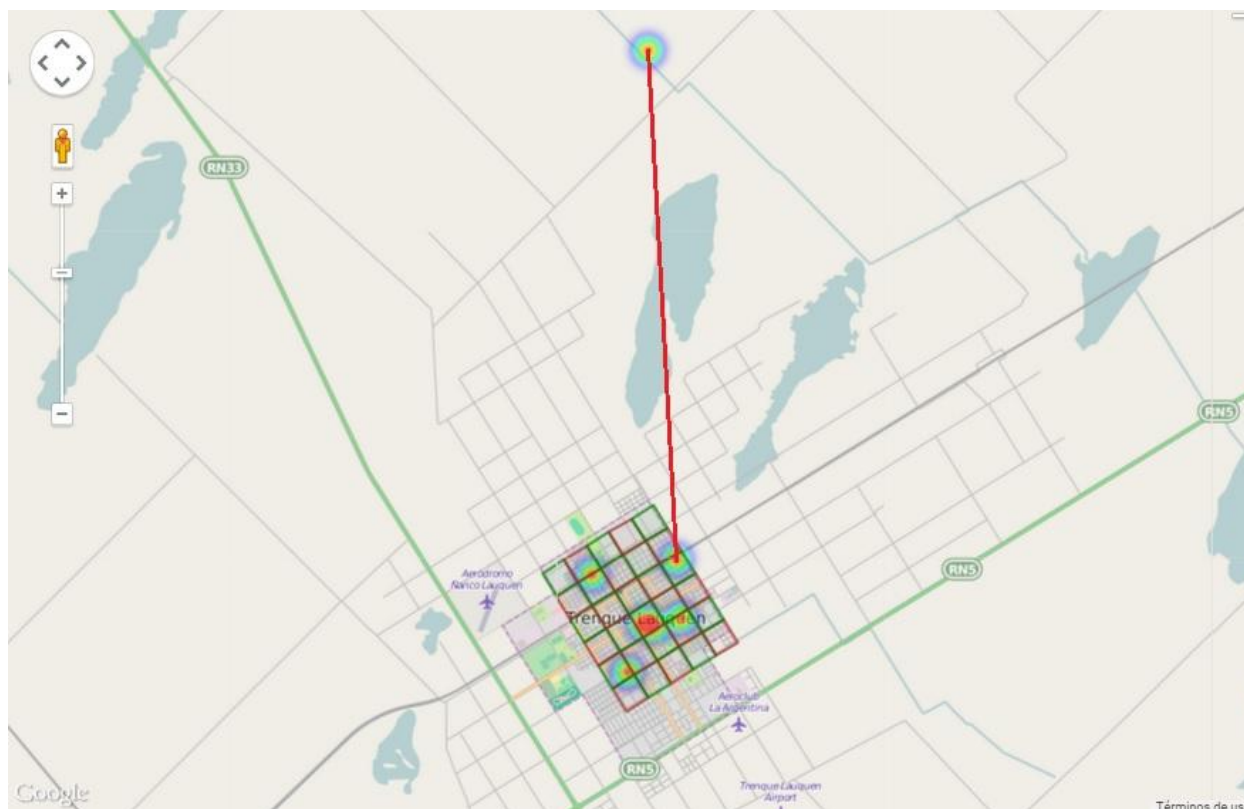


Figura 6. Elección del Centro de Atención Sanitaria más cercano al Centro de Gravedad

4. Conclusiones y recomendaciones

En cuanto al análisis

La herramienta metodológica utilizada permite efectuar un análisis de prefactibilidad para la mejor ubicación posible del despacho de ambulancias, considerando como alternativas los Centros de Salud que actualmente se encuentran habilitados por el Municipio de Trenque Lauquen en la Ciudad de cabecera.

El enfoque es simple y factible de mejorar, a través de la incorporación de la georreferencia de todos los eventos no viales a los que concurre actualmente el sistema de emergencia.

Otras formas de análisis aplicables

El método de transporte es un enfoque cuantitativo que permite encontrar soluciones a la localización de instalaciones múltiples, posee limitaciones en cuanto a que no contempla otras facetas de la disposición de centros y destinos. Sin embargo la aplicación bajo un criterio de localización-asignación de recursos es factible de aplicar bajo el esquema que presenta esta técnica [8].

Otro método es el denominado “Brown y Gibson” el que combina factores subjetivos y objetivos para establecer el punto de mejores condiciones de localización [9], pero se ha descartado este sistema para el análisis para poder concentrar los esfuerzos en una metodología que evitara que cambios de gestión, que ponderen en forma diferente los factores, modificara en el corto y mediano plazo los resultados.

Otros aspectos

Se observa por la ubicación resultante del Centro de Gravedad, que la siniestralidad en las Rutas Nacionales 33 y 5 que circundan la Ciudad de Trenque Lauquen, traccionan el punto fuera del área urbana tanto por su frecuencia como por la gravedad de sus consecuencias en la salud de los participantes.

El estudio de la mejor ubicación posible de un Centro de despacho de ambulancias de urgencias, bajo el Método de Centro de Gravedad es un criterio perfectamente aceptable para reducir los tiempos de traslado de aquellos pacientes más críticos.

Este concepto es factible de trasladar a otros Municipios que posean un Observatorio de siniestralidad vial, con datos georreferenciables.

Este Método proporciona conocimiento fundamental al momento de planificar la implementación o reestructuración de un sistema de Atención de Urgencias, con un despacho de ambulancias que contemple no solo la frecuencia de los eventos sino además sus consecuencias sanitarias.

5. Referencias

- [1] SCHMID V., DOERNER K. (2010). *Ambulance location and relocation problems with time-dependent travel times*. *European journal of operational research*, Vol 207, Num 3, pp 1293 – 1303. ISSN 0377-2217.
- [2] BROTCORNE L., LAPORTE G., SEMET F. (2003). *Ambulance location and relocation models*. *European journal of operational research*, Vol 147, Num 3, pp 451 – 463. ISSN 0377-2217.
- [3] DIRECCIÓN PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA, SUBSECRETARÍA DE HACIENDA, MINISTERIO DE ECONOMÍA. *Proyecciones de la población de la Provincia de Buenos Aires por Partidos. Período 2001-2010*. Recuperado de: <http://www.ec.gba.gov.ar/estadistica/proyec20012010.pdf>
- [4] CARRIZOSA E. (2005). *Algunas aportaciones de la investigación operativa a los problemas de localización*. España. Geofocus (Artículo), Num 5, p 268-277. ISSN 1578-5157

- [5] ANTÓN, R. (2005). *Logística del transporte*. Barcelona, España. Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN 84-8301-773-3.
- [6] MAIA, H. F., DOURADO, I., FERNANDES, R. D. C. P., WERNECK, G. L., & CARVALHO, S. S. (2014). *Spatial distribution of traumatic brain injury cases seen at the trauma units of reference in Salvador, Bahia, Brazil*. *Salud colectiva*, 10(2), 213-224.
- [7] BERUMEN S. (2008). *Cambio tecnológico y e innovación en las empresas*. ESIC, Madrid (España). ISBN 978-84-7356-519-6
- [8] KRAJEWSKI L., RITZMAN L. (2000) *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Pearson Educación. ISBN 9789684444119.
- [9] SAPAG CHAIN N., SAPAG CHAIN R. (1991). *Preparación y evaluación de proyectos*. Mexico. Mc Graw-Hill Interamericana de Mexico. ISBN 968-422-045-6

Ingeniería Sostenible. Energía, Gestión Ambiental y Cambio Climático



ARSENICO EN AGUA DE BEBIDA

Sergio Emilio Roshdestwensky, Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia-Chaco, Argentina. Email:

sergiorosh@gmail.com

Juan José Corace, Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia – Chaco, Argentina

Sonia Pilar, Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia – Chaco, Argentina

Laura Noguera, Administración Provincial del Agua, Chaco.

Alejandro Ocampo, Administración Provincial del Agua, Chaco.

Miguel Ángel Moyano, Administración Provincial del Agua, Chaco.

Resumen— El principal problema ambiental generado por el arsénico está dado por el denominado hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), producido por el consumo directo e indirecto de aguas con altas concentraciones durante un tiempo prolongado [1]. Este trabajo se desarrolla como parte de los estudios básicos para la adecuación de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de agua en el Chaco y Santiago del Estero. En la primera etapa se hicieron 130 muestreos de agua de fuentes y servicios en distintas localidades de estas jurisdicciones. Los análisis se realizaron por Espectrometría de Absorción Atómica en el Laboratorio de Química de la UNNE, según metodología estandarizada (Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater) [2] y por el método de Espectrofotometría UV-visible con dietilditiocarbamato de plata -SDDC- en los laboratorios de APA-Chaco y DiOSSE-Santiago del Estero (en estos casos, las muestras correspondientes a cada territorio). Además de las determinaciones de arsénico (que arrojaron valores entre 3 y 250 $\mu\text{g/l}$) se analizaron otros elementos que pueden estar asociados geoquímicamente al arsénico y/o resultar de interés en la siguiente etapa de estudios. A partir de este trabajo se podrán tener indicadores que permitan establecer políticas públicas para mejorar la salud y calidad de vida de las poblaciones emergentes de la sociedad.

Palabras clave— *Hidroarsenicismo, Salud, Medio Ambiente, Arsénico, Agua.*

1. Introducción

El arsénico (As) es un elemento ampliamente distribuido en nuestro planeta. Existe información acerca de su presencia en el agua subterránea en diferentes regiones, que ha sido relacionada principalmente a su origen natural, asociado con la presencia de este elemento en ambientes geológicos diferentes: formaciones volcánicas, formaciones volcano-sedimentarias, distritos mineros, sistemas hidrotermales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias [3, 4]

El arsénico se encuentra en el ambiente en forma natural y su abundancia en la corteza terrestre es de 1,8 mg/kg-1, con 1 mg/kg-1 para la corteza terrestre continental [5]. Asimismo,

se lo encuentra también en forma apreciable como producto de la actividad industrial y antropogénica [6] El arsénico se encuentra en aguas naturales en muy bajas concentraciones, pero también es muy variable. Algunos valores, encontrados en distintos tipos de aguas y diferentes partes del mundo, se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de agua en distintos lugares

Lugar	Tipo de agua	Concentración (µg/l)*
En el mundo	Subterránea	Normalmente < 10 (existen valores puntuales naturales > 50.000) **
Calcuta, India	c/influencia de Planta de pesticidas	50-23.800
Bangladesh	Agua de pozo	<10 - > 1000
China	Agua de pozo	0,03-1,41
En la tierra	Agua de mar	1-8
Cordoba (Argentina)	Agua subterránea	100-3800

* Mandal y Suzuki, 2002; **Fernández Turiel et al., 2005.

Fuente: Mandal y Suzuki, 2002; Fernandez Turiel et al., 2005

La región afectada en la República Argentina es una de las más extensas del mundo, y comprende las provincias de Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Tucumán, Catamarca, Salta, Jujuy, San Juan, Mendoza, La Rioja, Formosa y Chubut, entre otras. El rango de concentración hallado en la literatura va desde poco menos de 1 µg/l a 14000 µg/l [4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15].

En aguas superficiales los niveles de As informados por distintos autores son, en general, menores que los reportados en agua subterránea. En ríos y lagos, el valor promedio de concentración de As informado en la literatura en general es inferior a 0.8 µg/l, aunque puede variar dependiendo de factores como: recarga (superficial y subterránea), drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y vertidos urbanos o industriales [4]. En la Cuenca del Plata (ríos Uruguay, Iguazú, Paraná y de la Plata) la concentración de As informada está entre 10 y 17 µg/l [16]. Las concentraciones elevadas de As en agua de ríos son poco frecuentes y en general se restringen a algunas cuencas endorreicas.

En Argentina el principal problema de salud pública producido por la ingesta de dosis elevadas de As durante largos períodos de tiempo es el Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE).

El HACRE está asociado a varios efectos crónicos, entre ellos alteraciones de la piel tales como melanosis, queratosis y cáncer de piel; entre otros efectos del arsénico sobre la salud humana también se ha descripto su relación con la aparición de cáncer de vejiga, riñón y pulmón; patologías vasculares de las extremidades inferiores, diabetes, hipertensión arterial y trastornos reproductivos [1]. El tiempo que tarda en manifestarse el HACRE es variable: la sensibilidad de los individuos está relacionada con el estado de salud de la persona, su situación nutricional, factores genéticos, insolación, ingesta diaria, la concentración de As en el agua de consumo, el tiempo de exposición [17 y 18] y otros múltiples factores. Generalmente transcurren varios años hasta la aparición de los signos clínicos.

Existen otros elementos que pueden estar asociados geoquímicamente al arsénico, como es el caso del Fluor o el Selenio.

El flúor (F) que ingerimos procede de la dieta, estando presentes en las aguas de bebida y también en los alimentos en pequeñas cantidades. El flúor puede catalogarse como un

elemento esencial, desde el punto de vista de la nutrición humana, ya que es un oligoelemento imprescindible para la formación de huesos y dientes; pero su exceso ocasiona desde manifestaciones estéticas (dientes “manchados”) hasta serios problemas en la salud: fluorosis ósea a invalidante.

La toxicidad aguda se produce por consumo accidental, la cual puede llevar al individuo a la muerte. Las intoxicaciones crónicas, provocadas por la absorción repetida de pequeñas dosis de derivados fluorados, se conocen con el nombre de fluorosis y se refieren en general al consumo de aguas relativamente ricas en flúor.

Los fluoruros están normalmente presentes en las aguas naturales, en especial subterráneas en las que son comunes contenidos del orden de 1,5 mg/l o más.

Es frecuente caracterizar grandes zonas territoriales en que las aguas subterráneas pueden aparecer con cantidades relativamente elevadas de flúor. Éstas, que generalmente son explotadas para satisfacer las necesidades para el consumo humano, presentan el enorme riesgo que al ser ingeridas en forma continua y por largos períodos resultan perjudiciales para la salud [19]. En Argentina, la mayor parte del agua extraída del subsuelo proviene de sedimentos finos de origen eólico, producto de la orogenia andina, ricos en vidrios volcánicos y responsables de los elevados contenidos en arsénico y flúor entre otros elementos. De hecho, en Argentina, hay una amplia franja poblacional susceptible a enfermedades de este origen hídrico.

Los excesos de F deben abatirse con apropiados sistemas de tratamiento, mientras que deben agregarse sales de flúor cuando el agua de suministro tiene naturalmente bajos tenores. Las concentraciones recomendables son variables en función de las temperaturas mínimas medias, medias y máximas medias anuales del lugar.

El selenio (Se) es un micronutriente esencial de gran importancia para los seres humanos, sobresaliendo su potente acción antioxidante y su capacidad para regular el mecanismo de la glándula tiroides. Las fuentes principales de Se son los alimentos y en algunos casos el agua. Las deficiencias en la ingestión de Se pueden ocasionar diversos problemas, principalmente cardíacos y musculares. La exposición prolongada a dosis altas de Se (mayor de 900 (ig/d), puede producir selenosis, cuyos síntomas principales son caída del cabello, fragilidad de las uñas, olor gálico del aliento, elevada prevalencia de caries y problemas neurológicos [20].

Este trabajo se desarrolla como parte de los estudios básicos para la adecuación de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de agua, en el marco de un proyecto de “hidroarsenicismo y saneamiento básico” de alcance federal, que en su momento se impulsara desde la Secretaría de Políticas Sanitarias, Regulación e Institutos y de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en conjunto con el Consejo Hídrico Federal-COHIFE, que actualmente ha empezado a instrumentarse por parte de algunas provincias.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Correlacionar el As entre la determinación realizada por laboratorios de APA - Chaco y DiOSSE - Santiago del Estero (SDDC), con el Laboratorio de Química de la UNNE (EAA - GH)
2. Encontrar una constante de correlación entre estas dos metodologías.
3. Correlacionar el As con los otros elementos como ser: Fluor y Selenio.

2. Materiales y Métodos

El área comprendida por este estudio corresponde a las Provincias de Chaco y Santiago del Estero, que se encuentra indicada en la Figura 1 (Chaco se encuentra sombreado en color rosa y Santiago del Estero sombreado en celeste). Las muestras corresponden a agua de red u agua disponible para consumo en las distintas localidades. Las muestras se recolectaron en envases plásticos, refrigerándolas a 4°C. Para la determinación de As, las muestras fueron acidificadas con HNO₃. En todos los casos, se midió in situ, la temperatura y el pH, con un pHmetro de campo y la conductividad específica con un conductímetro de campo. Las muestras se realizaron por duplicado y se enviaron al Laboratorio de Química de la UNNE y a los laboratorios de APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero (en estos casos, las muestras correspondientes a cada territorio).



Figura 1. Ubicación de las provincias donde se realizaron los muestreos - Chaco y Santiago del Estero

En el Laboratorio de la UNNE se determinó As y Se por Espectrometría de Absorción Atómica con Generación de Hidruros, según metodología estandarizada (Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater). Las determinaciones se realizaron por duplicado con un error relativo menor al 1%.

Para la cuantificación de As y Se en aguas se emplea la espectroscopia de absorción atómica por generación de hidruros. Esta técnica de atomización se basa en la propiedad de elementos como As y Se de formar hidruros volátiles por reacción del metal con el agente reductor borohidruro de sodio NaBH₄, el cual lo convierte en hidruro gaseoso que es transportado por una corriente de gas inerte hacia el mechero o una celda calentada eléctricamente donde se descompone, liberando el analito de interés. Aquí, el haz de luz atraviesa los átomos y la disminución en su intensidad es función directa de la población del analito en la muestra. Esta técnica de atomización produce 500 - 1 000 veces más sensibilidad que la clásica técnica de llama [2]. En los laboratorios de APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero se determinó As por el método de Espectrofotometría UV-visible con dietilditiocarbamato de plata -SDDC- y F por el método de 4500 FD SFADNS.

3. Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se pueden observar los valores promedio, máximos y mínimos de los parámetros analizados por cada uno de los laboratorios en cuestión.

Tabla 2. Valores Promedios, Máximos y Mínimos de As, F y Se en los Laboratorios de la UNNE, APA y DiOSSE

Analito	Laboratorio	Promedio	Máximo	Mínimo
ARSÉNICO As (ug/l)	APA	28,1	250,0	2,0
ARSÉNICO As (ug/l)	UNNE	24,84	97,6	2,0
ARSÉNICO As (ug/l)	DiOSSE	28,47	98,0	5,0
FLUOR F (ug/l)	APA	354,44	2180,0	0,0
FLUOR F (ug/l)	DiOSSE	1483,84	6020,0	61,0
SELENIO Se (ug/l)	UNNE	99,08	954,0	2,2

Fuente: Elaboración propia

3.1 Aplicación de ANOVA para la Determinación de As entre UNNE y APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero

En el Figura 2 y Figura 3, se representó en un gráfico de dispersión el contenido de As determinado por EAA – GH contra el contenido de As determinado por SDDC en los laboratorios de APA-Chaco y DiOSSE-Santiago del Estero, respectivamente.

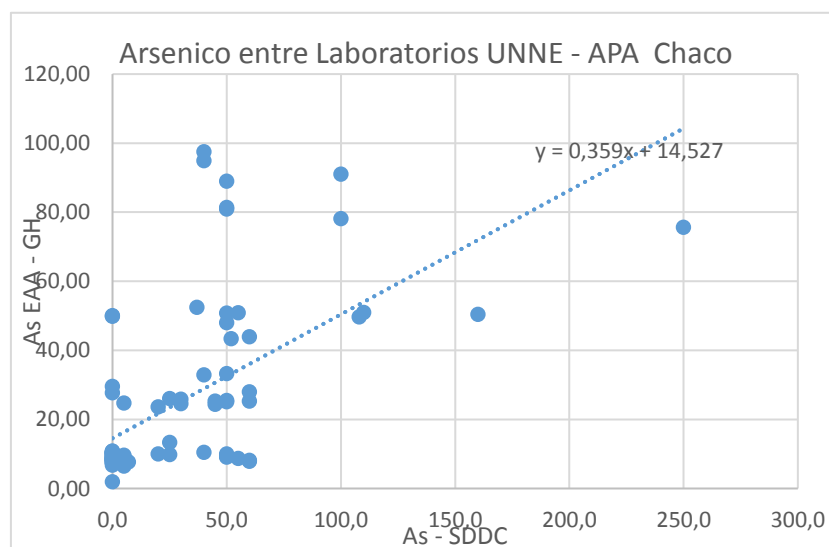


Figura 2. Gráfico de dispersión entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de APA-Chaco - Fuente: Elaboración propia

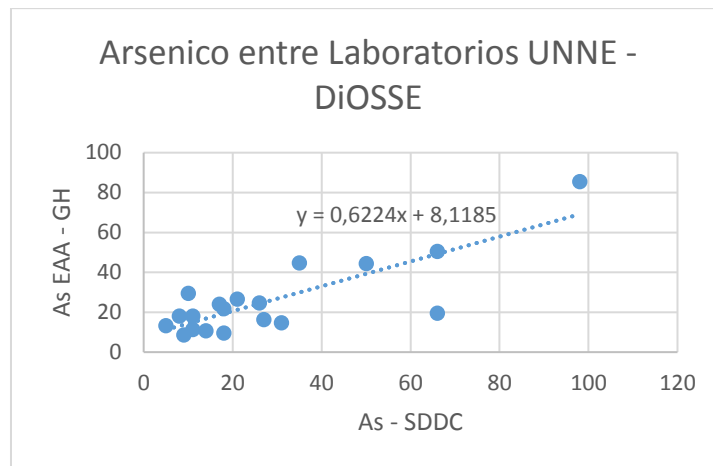


Figura 3. Gráfico de dispersión entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de DiOSSE-Santiago del Estero - Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis estadístico a través un ANOVA SIMPLE (con un $\alpha = 0,05$) de ambas metodologías para la determinación de As (EAA – GH y SDDC) entre los laboratorios. De esta análisis surgen la Tabla 3 y la Tabla 4, con los resultados del Análisis de Varianza.

El resultado del ANOVA (Análisis de varianza) indica el valor estadístico de la F. En este caso el valor de la F entre UNNE y APA-Chaco es 0,4597. Para saber si estos resultados son significativos (o sea, si la probabilidad P tiene un valor menor a 0,05), el valor de la F calculado necesita ser al menos 3,897 (o sea, el valor crítico de la F). Entonces, como el valor de "F" calculado es de 0,4597, es menor que el valor crítico de la F (3,897), se evidencian que no existen diferencias significativas.

De igual manera, si se analiza el valor de F entre UNNE y DiOSSE-Santiago del Estero, se aprecia que el F calculado (0,1352) es menor que el valor de F crítico (4,1131), por lo que no existen diferencias significativas.

De este análisis se refleja que no existe una diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos por los laboratorios empleando las distintas metodologías.

Tabla 3. Análisis de Varianza entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de APA-Chaco

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	85	2388	28,095	1642,91
Columna 2	85	2092,1	24,61	597,52

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	de Grados libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	515,04	1	515,04	0,459	0,4986	3,897
Dentro de los grupos	188197,06	168	1120,22			
Total	188712,10	169				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Análisis de Varianza entre el Laboratorio de Química de la UNNE y el Laboratorio de DiOSSE-Santiago del Estero

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	19	541	28,4736842	616,040936
Columna 2	19	490,98	25,8410526	357,340232

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	de Grados libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	65,84	1	65,84	0,1352	0,7151	4,1131
Dentro de los grupos	17520,86	36	486,69			
Total	17586,70	37				

Fuente: Elaboración propia

3.2 Aplicación de ANOVA para la Determinación de As en la UNNE y para la Determinación de F en APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero

Se realizó el análisis estadístico a través un ANOVA DOBLE (con un $\alpha = 0,05$) de la determinación de As por la metodología EAA – GH en la UNNE y la determinación de F por la metodología 4500 FD SFADNS en los laboratorios de APA-Chaco y DiOSSE-Santiago del Estero. De esta análisis surgen la Tabla 5, con los resultados del Análisis de Varianza.

El valor de F calculado es menor que el valor crítico, por lo cual se evidencia que no existen diferencias significativas.

De este análisis se refleja que no existe una diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos por los laboratorios empleando las distintas metodologías. Sin embargo, no se ha podido establecer una correlación entre el As y el F.

Tabla 5. Análisis de Varianza entre la determinación de As del Laboratorio de Química de la UNNE y la determinación de F del Laboratorio de APA-Chaco y Laboratorio de DiOSSE-Santiago del Estero

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	de Grados libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	24048239,4	84	286288,56	0,994	0,5101	1,434
Columnas	1124779,28	1	1124779,28	3,906	0,0513	3,954
Error	24182637,2	84	287888,538			
Total	49355655,9	169				

Fuente: Elaboración propia

3.3 Aplicación de ANOVA para la Determinación de As en la UNNE y para la Determinación de Se en la UNNE

Se realizó el análisis estadístico a través un ANOVA DOBLE (con un $\alpha = 0,05$) de la determinación de As por la metodología EAA – GH en la UNNE y la determinación de Se por la metodología EAA – GH en la UNNE. De esta análisis surgen la Tabla 6, con los resultados del Análisis de Varianza.

El valor de F calculado es mayor que el valor crítico, por lo cual se evidencia que existen diferencias significativas.

De este análisis se refleja que existe una diferencia estadísticamente significativa de los resultados obtenidos. Al igual que en el caso del F, no se ha podido establecer una correlación con los datos obtenidos.

Tabla 6. Análisis de Varianza entre As y Se en el Laboratorio de Química de la UNNE

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	1405795,63	84	16735,66	0,9367	0,6173	1,4347
Columnas	235700,15	1	235700,15	13,193	0,0004	3,9545
Error	1500702,18	84	17865,502			
Total	3142197,97	169				

4. Conclusiones y recomendaciones

Se aplicó la metodología ANOVA a los resultados de las muestras analizadas en los diferentes laboratorios y con distintas metodologías. Si bien existen variaciones en el contenido de As entre ambas metodologías para las distintas muestras analizadas, del análisis estadístico realizado comparando las determinaciones entre el Laboratorio de Química de la UNNE y los laboratorios de APA-Chaco o DiOSSE-Santiago del Estero, surge que no hay variación estadísticamente significativa en los resultados obtenidos.

Los valores promedios de Arsénico para los tres laboratorios tienen un valor de 25 µg/l, con valores entre 2 y 250 µg/l.

Con respecto a la relación entre el As y los otros elementos, en el caso del F se evidenció que no existen diferencias significativas mientras que en el Se si se detectó que existían diferencias estadísticamente significativas. Con los datos disponibles aún no se puede establecer una correlación que permita asociar el F o el Se con As.

Con respecto a los niveles de Arsénico en las distintas muestras analizadas que corresponden a diferentes municipios, localidades y distritos provinciales, es preocupante la situación en aquellos que superan los 50 ug/L, ya que están por encima de la norma y habría que ejercer medidas correctivas y brindar una fuente de agua potable alternativa. Sobre esta temática se continúa trabajando para establecer un mapa que evidencie los niveles de arsénico en toda la provincia y acercar esta información a los organismos correspondientes para que apliquen acciones y medidas para lograr que la población tenga acceso a agua potable segura.

5. Referencias

- [1] UN (United Nations). *Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water*. UN, Geneva: 390 p. 2001
- [2] APHA (American Public Health Association). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22 ed. USA: 3-10 a 3-11, 3-34 a 3-39, 3-89 y 3-91, métodos 3030 F, 3114 B y C y 3500-Se A, 874 p; Washington DC. 1993

- [3] BOYLE D, TURNER R & HALL G. (1998) *Anomalous arsenic concentrations in groundwaters of an island community, Bowen Island, British Columbia*. Environmental Geochemistry and Health, 20: 199-212
- [4] SMEDLEY P & KINNINBURGH D. (2002) *A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters*. Applied Geochemistry, 17: 517-568
- [5] TAYLOR S.R., MCLENNAN S.M., (1985) *The continental Crust: Its Composition and Evolution*, Blackwell Scientific Publications, London.
- [6] MANDAL B.K., SUZUKI K.T. (2002) *Arsenic round the world: a review*, Talanta, 58, 201-235.
- [7] NICOLLI H, SMEDLEY P & TULIO J. (1997) *Aguas subterráneas con altos contenidos de F, As, Se y otros oligoelementos en el norte de la provincia de La Pampa*. Actas Congreso Internacional de Aguas, Buenos Aires, Argentina, III:40
- [8] NICOLLI H, SURIANO J, GOMEZ PERAL M, FERPOZZI L & BALEANI O. (1989) *Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina*. Environmental Geology Water Science, 14 (1): 3-16
- [9] PINEDO M & ZIGARÁN A. (1998) *Hidroarsenicismo en la Provincia de Córdoba, Actualización del mapa de Riesgo e Incidencia*. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Lima, Perú. www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/peru/argsam024.pdf
- [10] CABRERA A, BLARASIN M & VILLALBA G. (2001) *Groundwater contaminated with arsenic and fluoride in the Argentine pampean plain*. Journal of Environmental Hydrology, 9: 6-12
- [11] FARÍAS SS, CASA V, VÁZQUEZ C, FERPOZZI L, PUCCI G & COHEN I. (2003) *Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain*. The Science of the Total Environment, 309: 187-199
- [12] GONZÁLEZ D, FERRÚA N, CID J, SANSONE G & JIMÉNEZ I. (2003) *Arsénico en aguas de San Luis (Argentina)*. Uso de un equipo alternativo Al De Gutzeit modificado. Acta Toxicológica Argentina, 11 (1): 3-6
- [13] PÉREZ CARRERA A, MOSCUZZA C & FERNÁNDEZ CIRELLI A. (2008) *Transfer of arsenic from contaminated dairy cattle drinking water to milk (Córdoba, Argentina)*. P 419-424 En: Bundschuh J, Armienta MA, Bhattacharya P, Matschullat J & Mukherjee AB (eds.) Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. Arsenic in the environment. Taylor & Francis/Balkema. Leiden, The Netherlands: 782 p
- [14] BUNDSCHUH J, NICOLLI H, BLANCO M DEL C, BLARASIN M, FARÍAS S CUMBAL L, PÉREZ CARRERA A, FERNÁNDEZ CIRELLI A, CORNEJO L, GUEREQUIZ R, GARCIA ME, QUINTANILLA J, DESCHAMPS, E, VIOLA Z & CASTRO DE ESPARZA ML. (2008) *Distribución de arsénico en la región Sudamericana*. Cap 7: 137-185 En: Bundschuh J, Pérez Carrera A & Litter M (eds) Distribución de arsénico en las Regiones Ibérica e Iberoamericana. Publicación CYTED: 230 p
- [15] BHATTACHARYA P, CLAEISSON M, BUNDSCHUH J, SRACEK O, FAGERBERG J, JACKS G, MARTIN R, STORNILO A & THIR JM. (2006) *Distribution and mobility of arsenic in the Río Dulce alluvial aquifers in Santiago del Estero Province, Argentina*. Science of the Total Environment, 358: 97– 120

- [16] INA (Instituto Nacional del Agua y el Ambiente). (2000) *Reporte de datos de calidad de agua. Comité Intergubernamental Coordinador de los países de la Cuenca del Plata*. Buenos Aires, Argentina Disponible en: <http://www.pnuma.org/agua-miaac>
- [17] TRELLES R, LARGHI A & PÁEZ J. (1970) *El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana con contenidos elevados de arsénico, vanadio y flúor*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Instituto de Ingeniería Sanitaria, publicación N°4: 96 p
- [18] BIAGINI R, SALVADOR M, QUEIRO R, TORRES SORUCO C, BIAGINI M & DIEZ BARRANTES A. (1995) *HACRE, casos diagnosticados en el período 1972/1993*. Archivo Argentino de Dermatología, 45: 47-52
- [19] PIÑEDA, H. ; REARTES, N.; SERENO S.; FRANGIE, S.; BOLOGNA C.Y SERENO L. (1998) *Eliminación de fluoruros utilizando hidroxapatita*. Actas Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
- [20] HURTADO R, GARDEA J, HURTADO R. (2007) *Evaluación de la exposición a selenio en Los Altos de Jalisco, México*. Revista Salud Pública de México.; 49(4):312-315.

GESTIÓN DE RESIDUOS EN CONCESIONARIA DE AUTOMÓVILES

Luis Enrique Rojas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones,
ing.lerojas@gmail.com

Héctor Darío Enriquez, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones,
enriquez@fio.unam.edu.ar

Resumen— Actualmente, las concesionarias de automóviles buscan satisfacer de manera integral a sus clientes, incorporando nuevos procesos a su actividad principal de comercialización, como son los servicios de venta de repuestos, reparaciones y mantenimientos programados. En este trabajo, se buscó realizar un diagnóstico de las actividades asociadas a la gestión de residuos en una concesionaria de vehículos, localizada en la ciudad de Posadas (Misiones), certificada bajo la norma ISO 14001:2004. En sus instalaciones se generan residuos de varios tipos, incluso residuos peligrosos. Del análisis de los procesos y de la evaluación de sus aspectos ambientales, se detectó que la mayoría de los aspectos ambientales significativos se relacionan con la generación de residuos, tanto asimilables a urbanos como peligrosos. A nivel operativo, se observaron obstáculos por la ausencia a nivel local y regional de servicios de tratamiento de residuos clasificados, lo cual impacta no solo en el costo del traslado de los residuos peligrosos, sino también en el dimensionamiento de las áreas de almacenamiento. Además, se observó la ausencia de controles por parte de los respectivos organismos y falta de incentivos para la correcta gestión de los residuos. A partir de los análisis efectuados, se detectaron oportunidades de mejora, que podrían implementarse en el marco del sistema de mejora continua adoptado por la empresa.

Palabras clave— *Gestión ambiental, Gestión de residuos, Concesionaria de automóviles.*

1. Introducción

De la mano de la amplia oferta de información brindada por los medios e internet, el cuidado del medio ambiente alcanza a todos los rincones del planeta e impacta a todo tipo de actividad, ya sea manufacturera o de prestación de servicio. Disponer de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) está pasando de ser un diferencial competitivo a un requerimiento legal y social. El poder tener claro los diferentes procesos que componen la actividad, facilitan la identificación de los aspectos e impactos ambientales asociados como sus requisitos legales asociados.

Particularmente en este trabajo se concentra el interés en la gestión de residuos producidos en una concesionaria de automóviles, principalmente en los residuos clasificados como peligrosos. La Concesionaria (cuya identidad se omite), ubicada en la ciudad de Posadas, inició sus actividades en el año 1993 como agente oficial para la provincia de Misiones, de una de las más importantes automotrices japonesas. En este trabajo se hace referencia a esta última como la Corporación, cuya identidad también se omite. La Concesionaria recibe lineamientos de la Corporación en cuanto a aspectos comerciales, posventa, medio ambiente, etc., que deben ser cumplidos para poder representar la firma.

2. Cuidado del medio ambiente como estrategia corporativa

La gestión ambiental en una organización comprende las funciones para desarrollar, implementar y monitorear estrategias ambientales, con el propósito de cumplir objetivos medioambientales. Los objetivos ambientales tienen que ver con metas establecidas para prevenir, reducir y remediar los daños ocasionados por la actividad de la organización. El enfoque tradicional de la gestión ambiental se sustenta en el cumplimiento de las reglamentaciones ambientales. Hoy en día las motivaciones para la gestión ambiental en las empresas van más allá del cumplimiento de normativas, con la concientización por el cuidado de los recursos naturales, la satisfacción de clientes cada vez más interesados por los problemas ambientales, alcanzando mejoras en la imagen corporativa, ahorros y ventajas económicas [1, 2]. Muchas empresas demuestran un fuerte compromiso con el medioambiente y desarrollan estrategias, tal es el caso de la Corporación, que en 1992 definió los lineamientos estratégicos en que basaría sus operaciones, dentro de los cuales se destacan:

- Contribuir al desarrollo de una sociedad del siglo XXI próspera, cuyo crecimiento debe estar en armonía con el medio ambiente y trabajar para alcanzar el nivel de combustión cero en todas las áreas del negocio.
- Búsqueda de tecnología ambiental, para alcanzar la armonía entre la economía y el medioambiente.
- Desarrollar un plan de mejora continuo voluntario, basado en la prevención, el cumplimiento de leyes y el tratamiento de temas ambientales a nivel regional, nacional y global
- Trabajar en cooperación con la sociedad, alcanzando un amplio espectro de individuos y organizaciones, instituciones gubernamentales, comerciales e industriales, comprometidos con la preservación del medio ambiente.

En cada intención global se demuestra el compromiso asumido por la Corporación, el cual es trasladado no solo a la producción sino también a los proveedores y al canal de ventas.

3. Política Ambiental y Planificación de la Gestión ambiental

Un SGA ayuda a una empresa a mejorar continuamente su desempeño ambiental. Entre otros aspectos, el SGA integra procesos de inspección, documentación y comunicación de información sobre el desempeño ambiental tanto a los clientes internos como externos a la organización. Para implementar un SGA, la referencia más conocida es la serie de normas ISO14000, que se refiere a varios aspectos de la gestión ambiental, de productos y organizaciones. En estas normas, la ISO14001 es la única certificable y en ella se definen cinco etapas para implementar un SGA: compromiso y política ambiental, planificación, implementación, control y revisión [1]. La definición de SGA de la ISO14001 es la siguiente: “es la parte del sistema global de gestión que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implementar, alcanzar, revisar y mantener la política ambiental” [2].

La norma ISO 14001:2004 establece la necesidad de declarar una política ambiental de la organización y definir los procedimientos necesarios para la identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales como la aplicabilidad de requisitos legales necesarios para planificar el SGA [3]. La política ambiental es una expresión del compromiso de la empresa con objetivos específicos. En la elaboración de un plan de acción deben especificarse las medidas que deben implementarse en un periodo determinado de tiempo. Deben identificarse las medidas para reducir las emisiones, los recursos necesarios, los medios para proporcionar

el seguimiento y la coordinación de los progresos hacia la consecución de los objetivos definidos [2].

3.1 Política ambiental, aspectos e impactos ambientales

La Concesionaria establece dentro de su Política Integrada de Gestión, las declaraciones de compromisos relacionados al SGA, en plena concordancia con la estrategia ambiental de la Corporación. En esta política se dedica un punto específico para la gestión de los residuos, al declarar que la Concesionaria “Gestionará correctamente los residuos generados por sus actividades proporcionando a los mismos un tratamiento ambientalmente correcto”.

Un aspecto ambiental consiste en el “elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente” [3], mientras que un impacto ambiental consiste en “cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización” (*ibid.*). La relación entre aspectos e impactos es recíproca a la causa-efecto de cualquier fenómeno, en donde el aspecto ambiental es la causa y el impacto ambiental su correspondiente efecto.

Como resultado de la identificación de aspectos y su correspondiente evaluación de significancia, se determinaron los siguientes aspectos ambientales significativos los cuales son tratados para eliminar o minimizar los impactos ambientales ocasionados por la actividad de la Concesionaria:

- Uso de materia prima: Consumo de aceites y fluidos.
- Uso de energía: Consumo general (iluminación, equipamiento informático, etc.) y en equipos utilizados en los procesos de posventa (elevadores, compresores, lavadoras, etc.).
- Uso de agua: Uso general (limpieza de instalaciones y baños) y agua de lavadero.
- Residuos sólidos comunes: Residuos sólidos urbanos (RSU) y asimilables.
- Residuos sólidos peligrosos (trapos y papeles contaminados, barros de cámara decantadora, baterías, entre otros).
- Residuos líquidos peligrosos (aceites usados, líquidos refrigerantes, efluente de lavaderos, entre otros).

Por otra parte, en la ISO 14001:2004 se establece como requisito identificar y determinar cómo aplican los requisitos legales a los aspectos ambientales de la organización [3]. Al respecto, la Concesionaria identificó requisitos legales, junto con otros requerimientos, y los organismos de aplicación y control. Entre los requisitos se encuentran: Leyes nacionales y provinciales referidas a la gestión de residuos peligrosos, normativa provincial y municipal sobre efluentes que se generan con las actividades de la Concesionaria, normas ISO de Sistemas de Gestión, y estándares de la Corporación.

4. Gestión de los Residuos

La gestión de residuos los procesos de generación, almacenamiento en la fuente, recolección, transferencia, transporte, procesamiento y la disposición final de los residuos [4, 5]. Una gestión más eficaz para el medioambiente y la salud humana debe integrar la prevención o reducción de la generación, procesos de recuperación y reciclaje, y adecuados métodos de disposición final [6]. Este tipo de gestión concuerda con el enfoque jerárquico, a menudo conocido como “3R” (reducir, reutilizar, recuperar), que establece prioridades para la gestión de los residuos [6, 7]: Prevención, reducción y utilización de tecnologías limpias, reutilización, reciclaje, recuperación de materiales y recuperación energética, disposición final, mediante la incineración y rellenos sanitarios

Gestionar correctamente los residuos implica considerar y cumplir aspectos operativos y administrativos inherentes a la gestión de residuos. Los aspectos operativos son aquellas actividades directamente relacionadas con el residuo, como ser la separación y el almacenamiento. Los aspectos administrativos son aquellas actividades que no guardan relación directa con el residuo pero son imprescindibles para garantizar su correcta disposición, principalmente hablando en el marco de los residuos peligrosos. Las actividades administrativas implican la tramitación de manifiestos y certificados de disposición final, el pago de la tasa anual ambiental, etc.

Como ocurre en muchas actividades industriales y de servicios, es posible encontrar residuos comunes o no peligrosos y residuos peligrosos. Los residuos peligrosos, caracterizados así de acuerdo a designaciones de regulaciones o por el conocimiento de los procesos, deben gestionarse como tales y enviados a instalaciones apropiadas para su almacenamiento, tratamiento y disposición final. Los residuos no peligrosos pueden tener una gestión convencional, utilizándose como métodos de disposición final la incineración y el relleno sanitario [4]. Como primera medida la Concesionaria identifica los dos tipos principales de residuos que genera su actividad en Residuos Sólidos Urbanos y Residuos Peligrosos.

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generalmente no poseen características de peligrosidad. En esta categoría se incluyen los residuos que se generan en una comunidad por muchas fuentes, incluidos los residuos domiciliarios, comerciales, industriales no peligrosos, de la construcción y demolición, entre otras [4, 5, 7]. Sus componentes más comunes son restos orgánicos de alimentos, envases y embalajes, papeles de diarios y revistas, diversos elementos plásticos, variados tipos de papeles descartables como papel higiénico, servilletas y paños de papel. Dentro de los residuos domiciliarios pueden encontrarse algunos residuos con características de peligrosidad como punzo cortantes (vidrios, piezas metálicas), tóxicos (insecticidas, baterías, medicamentos) e inflamables (aerosoles, grasas, combustibles), entre otros.

Los Residuos Peligrosos, son aquellos que posean características de peligrosidad: tales como inflamabilidad, reactividad, corrosividad, toxicidad [4, 8, 9], explosividad, irritabilidad, infecciosidad, carcinogenicidad, mutagenicidad, entre otras propiedades [7]. Corresponden a residuos que pueden causar serios daños o suponen un peligro, presente o potencial, tanto para la salud humana como para el medioambiente, si son gestionados inadecuadamente [10]. En Argentina rige la Ley N° 24051 de Residuos Peligrosos, que define en su art. 2° como peligroso a” todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general”, y excluye de esta denominación a los residuos domiciliarios, los radiactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques. Esta Ley define un listado de categorías de materiales peligrosos, así como también un listado de características para definir este tipo de residuos [11].

4.1 Identificación y clasificación de residuos

La Concesionaria ha identificado los residuos que se muestran a continuación (tabla 1). En función a las categorías de residuos identificadas, la Concesionaria estableció los mecanismos para la separación de los residuos, sólidos y líquidos dentro de la empresa, de manera de agilizar su posterior almacenamiento transitorio y disposición final.

4.2 Separación de residuos sólidos

Para los residuos sólidos, se estableció un código de colores para los receptáculos de residuos de la siguiente manera:

- Contenedores Negros: Residuos comunes.

- Contenedores Verdes: Residuos reutilizables
- Contenedores Rojos: Residuos sólidos peligrosos

Los contenedores están ubicados en diferentes puntos de la organización, acorde al tipo de residuo que genera cada área. El área de posventa es donde se encuentran ubicadas todas las variantes de cestos (negro, verde y rojo) ya que por la característica de sus procesos genera tanto residuos comunes, reutilizables como peligrosos.

Diferente tratamiento reciben los aceites usados provenientes de los servicios de reparación y mantenimiento de vehículos, los aceites usados provenientes de la separación de la emulsión producida en las cámaras decantadoras y separadora de hidrocarburos y los barros del lavadero. Los cuales se detallan a continuación.

Tabla 1. Identificación y clasificación de residuos.

Clasificación		Residuo	Anexo I Ley 24051
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	Residuos Comunes	Orgánicos biodegradables, envoltorios, envases, bolsas, vasos, cucharas, paños, etc.	No aplica
	Residuos Reutilizables	Papeles y cartones limpios. <i>Scrap</i> metálico sin contaminar.	No aplica
Residuos Peligrosos	Residuos Sólidos Peligrosos	<i>Scrap</i> metálico contaminado.	Y48
		Sólidos contaminados: Repuestos usados contaminados, paños, guantes, material absorbente, envases contaminados, etc.	Y48
		Baterías usadas.	Y31/Y34
		Barros de lavadero.	Y48 ó Y9 (según el estado sólido ó semi-sólido)
	Residuos Líquidos Peligrosos	Aceites usados, líquidos de frenos, etc.	Y8

Fuente: elaboración propia.

4.3 Separación de aceites usados provenientes de servicios

Los servicios de cambio de aceite y filtro, cambio de aceite de caja y diferencial, se estandarizaron con el procedimiento de control operacional del área de posventa, en donde se estableció que los fluidos retirados de las unidades deben volcarse a los recolectores de aceites a cargo de cada técnico responsable de ejecutar el servicio.

4.4 Separación de aceites e hidrocarburos provenientes de lavadero

Las aguas residuales del lavadero de vehículos son recolectadas por medio de rejillas perimetrales, las cuales conducen el agua a través de cuatro cámaras decantadoras y separadoras de hidrocarburos (figura 1). Las cámaras funcionan a partir de la diferencia de pesos específicos entre el agua y el hidrocarburo. El efluente se somete a un periodo de retención durante el cual, por diferencia de densidad, se produce una separación de las

partículas en suspensión. Las partículas pesadas (arena, lodo) bajan al fondo y las partículas ligeras (hidrocarburos, aceites) suben a la superficie del agua. Es ésta última fase (emulsión mezcla de agua e hidrocarburos) que se succiona a través de la red de aspiración y recolectada en un tanque de 1.000 litros. La emulsión recolectada en el tanque se estaciona y nuevamente por diferencia de pesos específicos se separan los hidrocarburos del agua, liberándose ésta última para que vuelva a ingresar a las cámaras y quedando en el recipiente la mezcla de hidrocarburos y aceites.

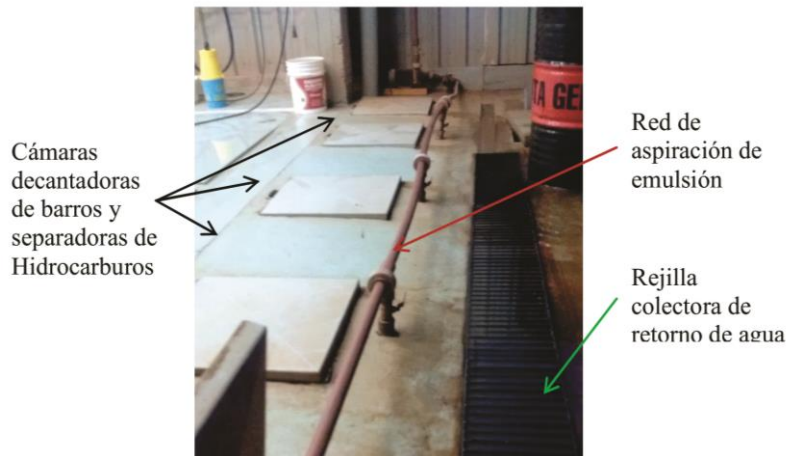


Figura 1. Vista superior de cámaras y sistema de aspiración de emulsión.

Fuente: elaboración propia.

Las aguas residuales, a la salida de las cámaras se aportan a la red cloacal de la ciudad de Posadas, las cuales son tratadas en la estación depuradora de aguas residuales a cargo de la empresa prestataria del servicio. Para garantizar que la Concesionaria cumple con los parámetros de volcado requeridos, periódicamente se realizan ensayos fisicoquímicos sobre muestras de agua residual a la salida de las cámaras. Entre los parámetros establecidos para ser controlados se encuentran: pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), concentración de cianuro, sustancias fenólicas, grasas y aceites, sulfuros, sólidos sedimentables, sólidos disueltos totales, arsénico, cadmio, entre otros.

4.5 Separación de lodos provenientes de lavadero

Los lodos de lavadero son recolectados de las cámaras decantadoras y separadoras de hidrocarburos. Su recolección se estableció dentro del procedimiento de control operacional, donde se define la frecuencia con que las cámaras deben limpiarse. Los lodos son retirados de los fondos de las cámaras y colocados en tanques metálicos de 200 litros. Dichos tanques una vez vaciados pasan a ser residuos peligrosos de la corriente Y48 (residuos sólidos contaminados con Y8) [11].

4.6 Almacenamiento de los residuos

De los tres tipos de residuos clasificados por la Concesionaria (comunes, reutilizables y peligrosos) (Tabla 1), los residuos reutilizables y peligrosos son almacenados transitoriamente en las instalaciones de la empresa. Los residuos comunes, son recolectados y dispuestos diariamente para su retiro municipal.

El almacenamiento de residuos peligrosos puede significar una amenaza para la salud humana y el ambiente, en caso de no realizarse acorde a las normas de seguridad para sustancias peligrosas. El generador es responsable del almacenamiento seguro y prevención de accidentes y procedimientos de emergencia de acuerdo con la normativa vigente [11]. Este

almacenamiento se realiza en un sector específicamente destinado a tal fin, de acceso restringido, con todas las medidas de seguridad, de acuerdo a la peligrosidad de las sustancias que se depositan. Los residuos son segregados por incompatibilidades químicas, rotulados con sus marcas de corriente de desecho, con las palabras “Residuos Peligrosos/Especiales”. El etiquetado se realiza de acuerdo a lo establecido en la ley vigente [11]. La correcta rotulación permite a los transportistas y entidades públicas, incluyendo aquellos que responden a emergencias, a identificar rápidamente el residuo y sus riesgos [10].

Los residuos líquidos peligrosos Y8 [10] son almacenados en contenedores plásticos (*Bin*) de 1.000 litros. Los mismos, disponen de una boca de carga superior y un grifo inferior desde donde se conecta el camión cisterna al momento de retirar el residuo. Los residuos sólidos peligrosos Y48 (salvo los lodos), son recolectados diariamente de los contenedores distribuidos por la empresa (contenedores rojos) por los mismos empleados. Los residuos son trasladados al área de almacenamiento transitorio de residuos donde son colocados en tanques metálicos de 200 litros. Las baterías (Y31/Y34) (*ibid.*) reemplazadas de los vehículos, pueden ser gestionadas de maneras diferentes en función al motivo de su reemplazo. Cuando la misma es reemplazada en periodo de garantía, la misma es identificada y ubicada en el área correspondiente. En caso que la batería haya sido reemplazada por haber cumplido su vida útil, la misma es trasladada al área de almacenamiento transitorio de residuos (figura 2).



Figura 2. Baterías dispuestas sobre pallet, anti-pérdidas de ácido.

Fuente: elaboración propia.

Los lodos de lavadero (Y9) (*ibid.*), extraídos de las cámaras son contenidos por tambores metálicos de 200 litros, por su peso son conservados en la zona de lavadero hasta el momento de su retiro (figura 3).



Figura 3. Lodos recolectados de los fondos de las cámaras separadoras.

Fuente: elaboración propia.

Los residuos comunes, se disponen diariamente para su retiro por el servicio de recolección en servicio en la ciudad de Posadas. Los residuos reutilizables, como ser papeles y cartones limpios (sin contaminantes), son recolectados diariamente por el personal de la empresa y trasladados al área de almacenamiento transitorio de residuos donde son separados en papeles y cartones para su enfardado. Las condiciones existentes garantizan que el residuo común (RSU) dispuesto por la Concesionaria recibe el tratamiento adecuado, minimizando el impacto ambiental identificado en la etapa de planificación del SGA.

4.7 Transporte y disposición final de residuos peligrosos

Dado que el generador es responsable de la gestión ambientalmente adecuada y del destino final del residuo peligroso, si el residuo sale de la concesionaria, debe existir un documento que acompañe el recorrido y deje constancia de los sujetos intervinientes, de manera de poder establecer documentalmente todos los pasos del proceso (trazabilidad del residuo). La Ley de residuos establece los requisitos a cumplir para los generadores, transportistas y operadores de residuos peligrosos [11].

La Concesionaria se ha inscripto como generador de residuos peligrosos ante la autoridad de aplicación, contrayendo la obligación de declarar anualmente la cantidad y tipo de residuos generados a los fines del pago de la tasa ambiental anual (TAA), y ha establecido en el procedimiento de gestión de residuos los requisitos que deben cumplir tanto el transportista como la empresa de disposición final.

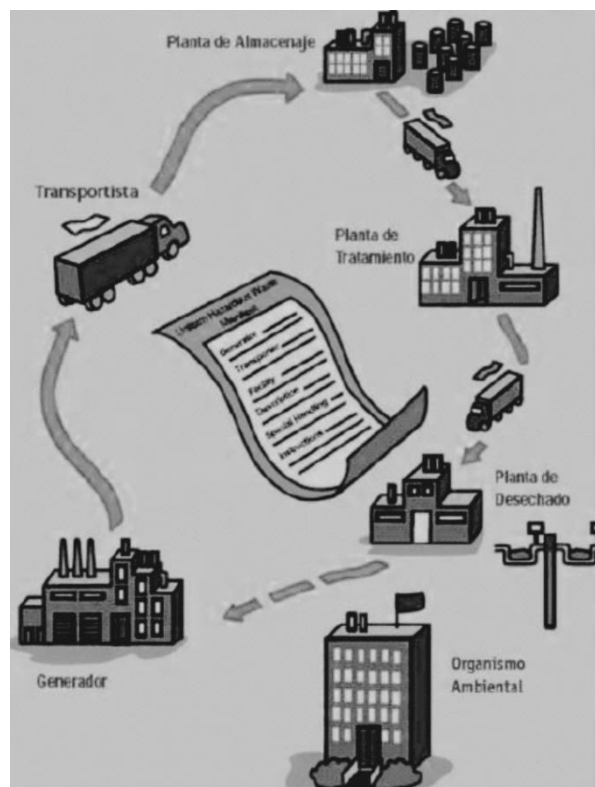


Figura 4. Sistema de manifiesto.

Fuente: Manual nacional para inspectores ambientales [12].

El sistema de manifiesto de residuos peligrosos es un conjunto de formas, informes, y procedimientos diseñados para rastrear continuamente los residuos peligrosos desde que salen de las instalaciones del generador hasta que llegan al operador, donde se almacenará, tratará, o dispondrá. Este sistema permite que el generador de residuos pueda verificar que los mismos

han sido entregados apropiadamente. El componente clave de este sistema es un instrumento legal, el Manifiesto. Se trata de una documentación que proporciona información detallada acerca de los materiales que están siendo transportados y los riesgos potenciales involucrados [4]. La ley vigente establece que en el manifiesto deberán documentarse: “la naturaleza y cantidad de los residuos generados, su origen, transferencia del generador al transportista, y de éste a la planta de tratamiento o disposición final, así como los procesos de tratamiento y eliminación a los que fueren sometidos, y cualquier otra operación que respecto de los mismos se realizare” [11]. En la figura 4 se esquematiza un sistema de manifiesto de residuos peligrosos.

4.8 Tasa ambiental anual

Todol generador de residuos peligrosos debe pagar anualmente una tasa ambiental por los residuos generados, según el tipo de residuos y la cantidad generada. Según lo establece la Ley de residuos peligrosos y su decreto reglamentario [11]: “La autoridad de aplicación establecerá el valor y la periodicidad de la tasa que deberán abonar los generadores, en función de la peligrosidad y cantidad de residuos que produjeren, y que no será superior al uno por ciento (1%) de la utilidad presunta promedio de la actividad en razón de la cual se generan los residuos peligrosos”. Para el calculo de la tasa ambiental, se utiliza la siguiente expresión, establecida en la Resolución 926/2005 de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental [13] :

$$\text{Tasa Ambiental Anual} = \text{UR} \times \text{CTRPA} \times \text{FP} \times \text{AT} \quad (1)$$

Dónde:

- UR, Unidad de residuo: valoración monetaria estipulada para la unidad de residuo peligroso generado. El valor asignado es de Pesos tres (\$3,00) (Resolución 1172/2014, Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental [14])
- CTRPA, Cantidad total de residuos peligrosos anuales: cantidad total de residuos expresada en kilogramos, enviados a tratar y/o generados por año calendario, considerados después de los procesos productivos, de servicios y/o de tratamiento en el lugar de generación.
- FP, Factor de peligrosidad: grado de peligrosidad de los residuos generados, discriminados según las categorías establecidas en el literal a) [13], a saber: Categoría A: 3; Categoría B: 2; Categoría C: 0.60.

La liquidación de la tasa debe llevarse a cabo en forma separada, por categoría de generación, siendo el monto a ingresar el resultado de la sumatoria de los montos correspondientes a cada una de las categorías liquidadas (*ibid.*).

- AT, Alícuota de tasa: Es el coeficiente que determina el monto a ingresar, el cual se establece en el cinco por ciento (5%)

4.9. Comunicación de la política para el manejo de residuos

La Concesionaria adoptó la decisión de no reutilizar en sus procesos los residuos que genera, sin embargo se establecen acciones de concientización a los clientes, los proveedores y contratistas y el personal.

- Comunicaciones a clientes: Con el fin de que el cliente efectivamente se cerciore de las reparaciones y/o que los servicios fueron realizados, se le presenta las refacciones realizadas en el área de servicio y se les explica el manejo que se dará cada residuo, principalmente si se trata de residuos considerados peligrosos. El propósito es asegurarle al cliente que los residuos generados tendrán una disposición correcta

acorde con las normas ambientales. Se cuentan con letreros alusivos en las áreas de servicio, que sirven para fomentar una cultura entre los clientes en materia de residuos peligrosos, a fin de que esta información pueda trascender en sus hogares. Esta política adoptada es un medio de convencimiento para el cliente, para que acuda a centros de servicio comprometidos con el cuidado ambiental.

- Comunicaciones a proveedores y contratistas: Previo al inicio de las prestaciones de los servicios, se les comunica a proveedores y contratistas la política ambiental adoptada por la Concesionaria, haciendo énfasis en la correcta separación de residuos. Esta actividad de comunicación es de carácter mandatorio para la norma ISO 14001 [3].
- Capacitación al personal: La difusión del proceso de gestión de residuos se lleva a cabo de manera general y en particular a cada uno de los integrantes de las áreas generadoras de residuos, que fundamentalmente es el área de posventa, a través de charlas de capacitación. Dichas charlas de capacitación forman parte del programa anual de capacitación.

4.10 Oportunidades de mejora

La norma ISO 1400:2004 se basa en la metodología conocida como Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), o ciclo “PDCA”, lo cual mantiene en constante mejora al SGA implementado. Como parte de la mejora continua, se identificaron aspectos a desarrollar en el corto y mediano plazo, entre los cuales se encuentran:

- Implementar un plan de reducción de residuos sólidos contaminados caracterizados como Y48 [11], en particular en lo referido al papel en rollo para limpieza de manos y herramientas. Se reemplazaría el rollo de papel por retazos de tela, que posibilitarían su reutilización en varias oportunidades antes de su descarte. Con esta medida se reducirían tanto el volumen de residuo generado como el consumo de papel.
- Como parte de una certificación de la Corporación, relacionada a la eficiencia del servicio de posventa, la Concesionaria mantiene implementada la metodología “5S”: clasificar, ordenar, limpiar, disciplina y estandarizar, a las áreas vinculadas a los servicios mecánicos, por lo que se planteó ampliar el uso de esta metodología al sector de almacenamiento de residuos peligrosos y al sector de las cámaras decantadoras y separadoras de hidrocarburos, con la finalidad de asegurar el orden y la limpieza de las mismas.
- Avanzar con el acopio de pilas y lámparas bajo consumo. Estos residuos considerados peligrosos no son separados y dispuestos correctamente. Se planteó la instalación de cestos para pilas, las cuales se utilizan en controles remotos (aires acondicionados de oficinas y alarmas de automóviles) y en pistolas digitales dispensadoras de aceite. Para las lámparas bajo consumo, se propuso su almacenamiento en una caja acondicionada para evitar su rotura hasta el momento de su recolección.
- Aumentar la clasificación de residuos reutilizables que actualmente se desechan como residuos comunes, como ser envases de vidrio y plástico.

5. Conclusiones

La gestión ambiental de una organización, en sintonía con lo propuesto con la ISO 14001 debe iniciar con la demostración de compromiso por la dirección a través de su política ambiental, con lo cual debe clarificar la postura asumida por la organización. Al estudiar el

caso de la Concesionaria, se encuentra que, a nivel operaciones, la gestión de residuos actualmente posee más obstáculos que facilidades. Entre ellas se destaca la ausencia de tecnologías de tratamiento, locales o regionales. Esto no solo impacta en el costo del transporte de los residuos peligrosos sino también en el dimensionamiento de las áreas de almacenamiento. En cuanto al manejo de residuos peligrosos, se percibe la falta de incentivos, además de la ausencia de controles, para una correcta gestión. En cuanto a la implementación de una gestión de residuos eficaz, para cualquier categorización posible (en el caso en cuestión: comunes, reutilizables, peligrosos), resalta la importancia de la clasificación de los residuos y, para que este tipo de gestión tenga resultados efectivos, la necesidad de disponer de una gestión integral de residuos urbanos clasificados.

A nivel de gestión, la decisión política de adoptar un sistema orientado a mejorar el desempeño ambiental de una organización demanda una robusta planificación de actividades. Desde el relevamiento de requisitos legales y de otro tipo, la identificación de aspectos ambientales y el control operacional hasta la necesidad de interacción con organismos públicos y privados, que no representan de manera directa una aumento en los beneficios económicos de la empresa.

Para concluir, lo realizado pone en evidencia que la implementación de un sistema de gestión ambiental, en éste caso particular la correcta gestión de los residuos generados, va más allá del cumplimiento legal. Es el compromiso de la dirección por apostar a un negocio sustentable, comprometido con el medioambiente, sus clientes, socios y proveedores, y con la comunidad en su conjunto.

6. Referencias

- [1] WONG, C.W.Y.; LAI K.; LUN, Y.H.V.; CHENG, T.C.E. (2016). *Environmental management: the supply chain perspective*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer. 140p.
- [2] JØRGENSEN S. E.; MARQUES, J. C.; NIELSEN, S. N. (2016). *Integrated environmental management: a transdisciplinary approach*. Boca Raton: CRC Press. 355p.
- [3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2004). *ISO 14001:2004. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso*. Geneva: ISO.35p
- [4] PITCHER, J. (2014). *Waste management practices: municipal, hazardous, and industrial*. 2ªed. Boca Raton: CRC Press. 635p.
- [5] TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH F.; WILLIAMS M.E. (2002). Introduction. En TCHOBANOGLOUS, G.;KREITH, F. (Eds.). *Handbook of solid waste management*. 2ª ed. Estados Unidos: Mcgraw-Hill. p. 1-26.
- [6] CHANDRAPPA, R.; DAS, D. G. (2015). *Solid Waste Management: principles and practice*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer. 414p.
- [7] CHRISTENSEN, T. H. (2011). Introduction to waste management. En CHRISTENSEN, T. H. (Ed.). *Solid waste technology & management*. v.1. United Kingdom: John Wiley & Sons. p.3-16.
- [8] VAUGHN, J. (2009). *Waste management: a reference handbook*. Santa Barbara: ABC-CLIO.

- [9] NIGHTINGALE, D.; DONNETTE, R. (2002). Household hazardous wastes. En TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH, F. (Eds.). *Handbook of solid waste management*. 2ª ed. Estados Unidos: Mcgraw-Hill. p. 327-359.
- [10] NIELSEN, J. M.; LAURIDSEN, J. (2011). Hazardous Waste. En CHRISTENSEN, T. H. (Ed.). *Solid waste technology & management*. v.2. United Kingdom: John Wiley & Sons. p.982-990.
- [11] ARGENTINA. HONORABLE CONGRESO DE LA NACION. (1992). Ley 24051- Residuos Peligrosos. Boletín Oficial, Buenos Aires, n.27307, p1.
- [12] PORTA, A. A.; VALLS, C.; ZAFFORA, J.; MASSOLO, L.; BAULEO, M. F.; GARCIA LUCIANI, M. (2011). *Manual nacional para inspectores ambientales*. Buenos Aires: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD; Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 184 p.
- [13] ARGENTINA. SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2005). Resolución 926/2005- Tasa ambiental anual. Boletín Oficial, Buenos Aires, n.30760, p7.
- [14] ARGENTINA. SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2014). Resolución 1172/2014. Boletín Oficial, Buenos Aires, n.33025, p94.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DISTINTAS ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LA GENERACIÓN EN PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Victor Hugo Kurtz, Facultad de Ingeniería UNaM, kurtzvh@fio.unam.edu.ar

Resumen—En este trabajo, se exponen distintas alternativas para la regulación automática de la generación en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), funcionando en forma autónoma y aislada de la red eléctrica comercial.

En primer término se presenta una clasificación de las PCH conforme al tipo de generación, a la forma de conexión con la red eléctrica comercial y a al método de operación. Para luego poder tratar en cada caso particular, el o los reguladores correspondientes. O sea, alternativas para cada alternativa, de ahí el título “Distintas Alternativas...” que a priori puede parecer redundante.

Se exponen equipos y sistemas diseñados e implementados por el autor y su grupo de colaboradores desde 1984, en la Provincia de Misiones, Río Negro y Neuquén,

Se tratan topologías básicas probadas, de reguladores de tensión y frecuencia para PCH de hasta 20 kW, operando a caudal variable o flujo lanzado, con generación sincrónica. De modo que un proyectista novel, pueda diseñar reguladores para PCH con elementos modernos, por ej. Con electrónica embebida.

Todo atento a que la mayoría de las máquinas hidráulicas utilizadas en PCH, son ensambladas artesanalmente en talleres locales y no siempre con procedimientos normalizados, lo que implica que los reguladores tienen que ser construido ad hoc para cada aprovechamiento.

Palabras clave— *Microhídros. PCH. Regulación. Energía Renovable. Generación Asíncrona.*

1. Introducción

El control de la generación en pequeñas centrales hidráulica (PCH), no es tarea simple. Los problemas presentados en el control de la generación eléctrica en pequeños aprovechamientos, son similares a los presentados en instalaciones de mayor porte. Sin embargo, el presupuesto disponible en PCH es mucho menor, por lo que no es posible utilizar las soluciones adoptadas para grandes centrales hidroeléctricas en pequeñas centrales.

Como ejemplo: Un motor de 10 kW representa más que el 50% de la carga nominal, en un aprovechamiento de 20 kW. Mientras que el mismo motor representa solo el 1%, para un sistema de 1000 kW.

Soluciones que hace unos años no eran económicamente convenientes, hoy vuelven a ser convenientes, dada la particular situación económica que vive el país.

Si bien existen reguladores y controladores importados, estos, hoy en día son caros, difíciles de adquirir y reparar. También resulta complicada la selección del equipo que mejor se adapte a un aprovechamiento en particular. Todo esto teniendo en cuenta que la mayoría de las máquinas hidráulicas utilizadas en PCH, son construidas artesanalmente en talleres locales y no siempre con procedimientos normalizados.

2. Clasificación de los PAH desde el Punto de Vista de la Generación

En lo que respecta al sistema y/o equipamiento de regulación en PCH, existen distintas soluciones, según la característica de operación de cada microcentral [1].

2.1 Clasificación Conforme al Tipo de Generación

La energía hidráulica disponible en forma mecánica en el eje de una turbina, es posible transformar en energía eléctrica alterna, por medio de generadores del tipo: *Sincrónicos o Asincrónicos*. Estos pueden ser trifásicos o monofásicos. Mientras que para generar en corriente continua se utilizan *Dínamos o Alternadores del tipo automotriz*.

a) Generación Sincrónica: La generación sincrónica, ampliamente estudiada y difundida, requiere de equipamiento especial y sofisticado para su funcionamiento y control, más aún en centrales que trabajen en paralelo y sin personal permanente.

b) Generación Asincrónica: Los generadores asincrónicos, también conocido como generador de inducción, comúnmente utilizado en micro aprovechamientos hidroeléctricos, son normalmente motores eléctricos de inducción con rotor en cortocircuito o "jaula de ardilla", del tipo comercial estándar.

La generación se produce accionando "el motor" a velocidad de hipersincronismo (velocidad superior a la de sincronismo) y excitando el estator con una determinada tensión.

c) Generación en Corriente Continua: Los generadores de corriente continua, permiten el almacenamiento directo de la energía producida en acumuladores tipo batería. Generalmente se utilizan alternadores tipo automotriz.

2.2 Clasificación Conforme a la Conexión

Conforme a la conexión eléctrica, los sistemas de microgeneración hidráulicas se pueden clasificar en: *aislados o independientes, e interconectados o en paralelo*.

a) Centrales Aisladas o Independientes: Las centrales de funcionamiento aislado, son aquellas que poseen todos los elementos necesarios para funcionar, sin estar conectada a una red de mayor potencia.

b) Centrales Interconectadas o En Paralelo: Se denominan centrales interconectadas, a los sistemas de microgeneración que funcionan en paralelo con otro sistema energético de mayor potencia.

2.3 Clasificación Conforme a la Regulación del Caudal Turbinado

Conforme a la regulación del caudal turbinado, los PCH pueden clasificarse como

a) De Caudal Controlado: Las PCH que operan a **caudal controlado**, están equipadas con turbomáquina que disponen de órgano regulador de caudal de entrada.

b) De Flujo Lanzado o Caudal Constante: En este tipo de central se turbinan todo el caudal disponible -esto es- no tienen control sobre el caudal que entra a la turbina.

3. Regulación en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

3.1 Calidad del Suministro Eléctrico

La calidad de suministro eléctrico, suele referirse a la forma de onda de tensión de la energía eléctrica en sistemas de corriente alterna. Donde, se tiene en cuenta básicamente, el valor de la tensión y la frecuencia de la corriente alterna generada.

3.2 Regulación de la Tensión Generada

En un sistema de generación hidroeléctrica se debe controlar:

a) La amplitud de la tensión generada y b) La frecuencia de la tensión generada.

La amplitud de la tensión generada por un alternador sincrónico, es función de la velocidad de rotación del generador y de la densidad del flujo del inductor (campo).

También, la potencia que entrega la turbina hidráulica es función de la velocidad de rotación y del caudal turbinado.

Entonces:

- I. Controlando la tensión de excitación, se regula el flujo del campo. Por ende la amplitud de la tensión generada,*
- II. Regulando la velocidad de rotación de la turbina, se controla el número de vueltas del generador. Por lo tanto la frecuencia generada.*

a) Regulación de Tensión

Para regular la tensión generada, hay que controlar la velocidad de rotación y la intensidad del campo eléctrico en el generador.

Los reguladores de tensión utilizados en alternadores sincrónicos se denominan; **AVR** (*Automatic Voltage Regulator* – Regulador Automático de Voltaje o Tensión). En la actualidad son equipos electrónicos compactos, que forman parte del generador sincrónico.

Los Reguladores Automáticos de Tensión o AVR (*Automatic Voltage Regulator*), son equipos de línea, generalmente provistos por el fabricante con alternador.

b) Regulación de Frecuencia

En alternadores sincrónicos, la frecuencia de la tensión generada es función de la velocidad de rotación del generador. Por lo tanto, es posible utilizar reguladores de velocidad para controlar la frecuencia generada.

La regulación de frecuencia en un sistema hidroeléctrico, se realiza variando el caudal turbinado, tomando como señal de muestra, la velocidad del eje de la turbina o del generador, o directamente la frecuencia de la tensión generada en bornes del alternador. A este método se suele denominar, control de frecuencia por variación de caudal turbinado o FC (*flow control* - control por flujo). (Fig. 1).

La regulación de la velocidad del turbogenerador y por lo tanto de la frecuencia de la tensión eléctrica generada, se puede realizar con sistemas reguladores; **mecánicos, hidráulicos, oleo-hidráulicos, electrónicos o mecatrónicos.**

Los reguladores **mecánicos, hidráulicos, oleohidráulicos.** Por su complejidad y costo, no son utilizados en Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos.

En cambio, los sistemas reguladores electrónicos de frecuencia con accionamiento mecánico del inyector, que se podrían denominarse mecatrónicos. Constituyen una interesante solución para la regulación de frecuencia en PCH.

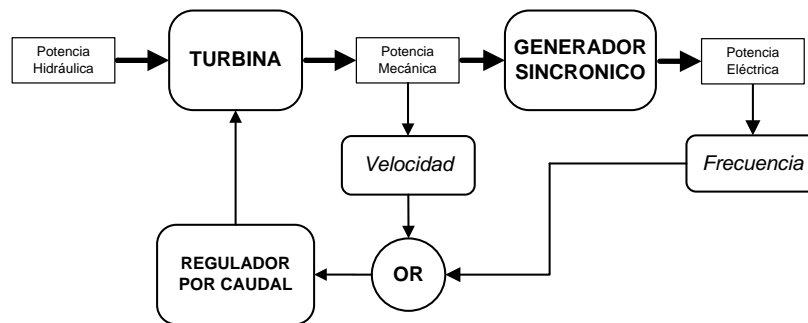


Figura1. Regulación de la frecuencia por control por flujo.
Fuente: elaboración propia

Los reguladores de frecuencia se denominan; AFR (*Automatic Frequency Regulator* – Regulador Automático de Frecuencia).

En las PCH los AFR mecatrónicos, por una cuestión de practicidad, costo y mantenimiento, se toma la señal de muestra para el control de la frecuencia, directamente de la tensión generada, en lugar de la velocidad del eje. (Fig. 2)

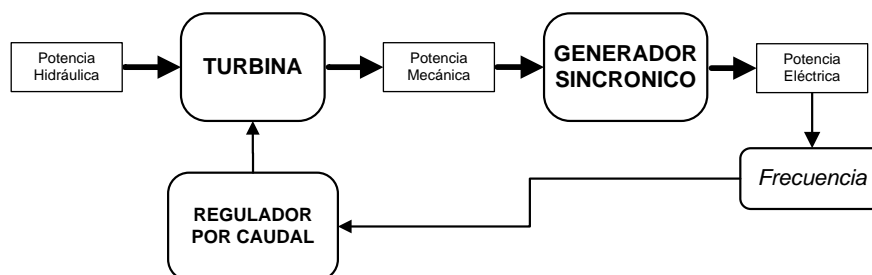


Figura 2. Regulación de la frecuencia por control por flujo, en sistemas mecatrónicos.
Fuente: elaboración propia

4. Reguladores para Generación Sincrónica en Sistemas con Caudal Controlado.

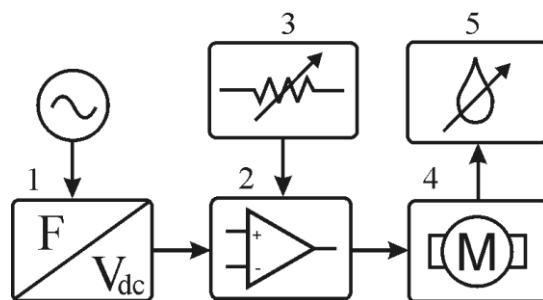
En esta oportunidad se analizarán solamente reguladores electrónicos de frecuencia y tensión, para centrales de funcionamiento aislado o independiente.

4.1 Regulador Electrónico de Frecuencia

Como se indicó anteriormente, los AVR, son equipos de línea, generalmente provistos por el fabricante con el alternador. Mientras que el Regulador Automático de Frecuencia, es un equipamiento que tiene que ser construido ad hoc, para cada aprovechamiento y no siempre en un producto estándar de mercado.

4.2 Regulador Electrónico de Frecuencia por Variación de Caudal

En el sistema regulador de frecuencia por variación de caudal, un servomecanismo controlado para la frecuencia generada, actúa sobre el órgano regulador de caudal, modificando la cantidad de agua turbinada. (Ver Fig. 2 y 3)



Donde:

1. *Convertidor frecuencia-tensión.*
2. *Circuito comparador.*
3. *Valor de referencia.*
4. *Servomotor de regulación.*
5. *Órgano regulador de caudal.*

Figura 3. Regulador de frecuencia por variación de caudal

Fuente: elaboración propia

La velocidad máxima de operación del órgano regulador de caudal, está limitada por las condiciones hidrodinámicas del aprovechamiento. En PCH suele ser lenta respecto a la variación de la carga demandada. La ventaja de este sistema se encuentra en la posibilidad de almacenar agua.

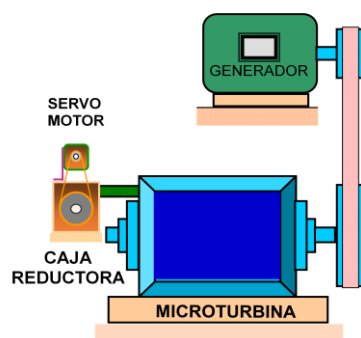


Figura 4. Croquis del grupo turbogenerador e imagen de un tipo de motor de accionamiento utilizado.

Fuente: elaboración propia



Figura 5. A la izquierda de la imagen, se puede observar el servomotor acoplado a la turbina.

Fuente: elaboración propia

Para el accionamiento del órgano regulador (alabe regulador en turbinas tipo Michell-Banki), en los aprovechamientos implementados en la provincia de Misiones, se utilizó y se siguen utilizando, motores de corriente continua de imanes permanente -tipo limpia parabrisas de automóviles- como servomotor (Fig. 4 y 5). No obstante se están estudiando otras alternativas.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIO-UNaM), Se estudiaron e implementaron distintas topologías de la etapa de potencia, destinadas al comando de los servomotores de accionamiento del alabe regulador de caudal.

4.2.1 AFR por Variación de Caudal, Según la Fuente de Alimentación.

Se pueden diferenciar al menos tres formas de alimentar un sistema de control de frecuencia por variación de caudal turbinado.

- a) Sin acumulador en la casa de máquinas.
- b) Con doble acumulador, en la casa de máquinas.
- c) Con un acumulador en la casa de máquinas.

a) Sin Acumulador en la Casa de Máquinas.

Se trata de reguladores que operan con tensión generada por la propia PCH, sin la utilización de un acumulador en la casa de máquina.

En estos casos el inicio de la generación se hace en forma manual o por telecomando desde la casa del usuario [2].

En la figura 6, se ilustra un sistema de alimentación del servomotor regulador de caudal, utilizando rectificación controlada de onda completa y transformador con punto medio. El sentido de giro del motor se efectúa accionando dos de los cuatro RCS (Rectificador de Silicio Controlado), también conocido como tiristor unidireccional o simplemente tiristor.

Con esta configuración es posible implementar un sistema de control proporcional (variando en ángulo de conducción), o un control del tipo *todo o nada*. En este último caso disparando dos de los RCS en el cruce por cero.

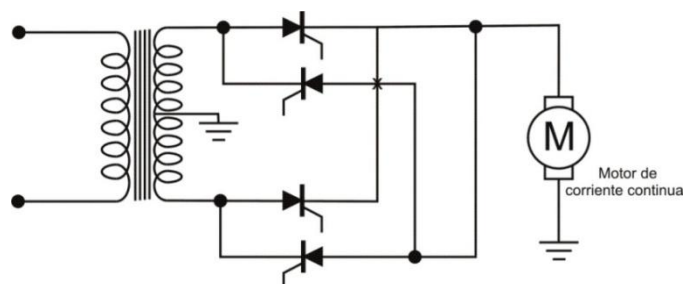


Figura 6. Alimentación del servomotor con tiristores del tipo RCS.
Fuente: elaboración propia

En la figura 7, se muestra el esquema de la etapa de potencia, para un sistema alimentado por fuente partida. Utilizando relés (relevadores electromecánico).

Esta configuración permite el uso de relés de un solo contacto NA (normalmente abierto), comunes en la industria automotriz.

Nota: A los relés o relevadores electromecánicos tipo automotriz, en el comercio de autopartes, se los conoce como “relay”.

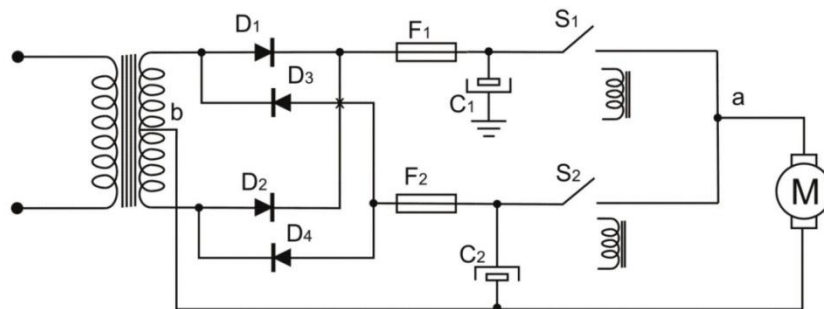


Figura 7. Comando de motor con relés electromecánicos.
Fuente: elaboración propia

b) Con Doble Acumulador, en la Casa de Máquinas.

En este caso se utiliza para accionar el servo motor regulador de caudal, una fuente simétrica o partida, conformada por dos acumuladores de igual tensión ubicada en la sala de máquinas.

Para PCH de funcionamiento aislado y autónomo, se hace indispensable el uso de un acumulador en la casa de máquina, para comandar el arranque y parada de la central, registro de datos, transmisión de información, etc. Esta batería puede ser doble, lo que de alguna manera simplifica la etapa de potencia.

En la fig. 8, se puede observar la disposición básica de la etapa de potencia con fuente partida. Al accionar uno u otro interruptor se consigue el giro del motor en uno u otro sentido.

Estos interruptores pueden ser de estado sólido (semiconductores), o electromecánicos, relés. En este caso solo es posible implementar un control del tipo *todo o nada*.

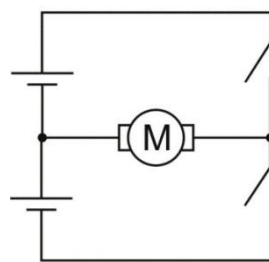


Figura 8. Esquema básico, con fuente simétrica.
Fuente: elaboración propia

Si los interruptores indicados en el esquema de la fig.8 son de estado sólidos, es posible implementar un sistema de control proporcional, o un control del tipo *todo o nada*.

En la fig. 9, se presenta una configuración con dos transistores complementario tipo BJT (*Bipolar Junction Transistor* - Transistor de juntura bipolar).

Mientras que en la fig. 10, se expone la topología de la etapa de potencia, utilizando transistores unipolares complementarios tipo MOS-FET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* - Transistor Semiconductor de Oxido Metálico por Efecto de Campo)

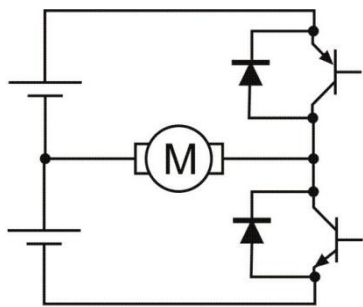


Figura 9. Comando de potencia con utilizando transistores BJT.
Fuente: elaboración propia

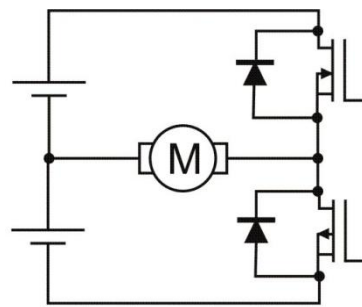


Figura 10. Comando de potencia con utilizando transistores MOS-FET.
Fuente: elaboración propia

c) Con un Acumulador en la Casa de Máquinas.

Se trata de PCH, donde el servomotor de comando es alimentado por una única batería, generalmente de 12V, ubicada en la casa de máquinas. Esta opción es la más utilizada actualmente.

En sistemas con batería única, se suele utilizar la configuración conocida como puente “H”. El puente **H** puede estar conformado por cuatro llaves electromecánica (relés) fig. 11, cuatro llaves de estado sólido o una combinación de ambos (configuración híbrida –calificación del autor-) como se puede apreciar en la figura 13. Tal como se indica anteriormente solo es posible utilizar un sistema de control proporcional, en los casos ilustrados en la fig. 12 y 13.

En los puentes **H** conformado por cuatro llaves electromecánica (relés), solo es posible hacer operar el servomotor en configuración, *todo o nada*. En la fig. 11, están representados los contactos de los relevadores y de los interruptores de final de carrera FCA (final de carrera de cierre) y FCC (final de carrera de apertura).

Al cerrar solamente los contacto K1.1 y K1.2 el motor gira en un sentido, por ejemplo abriendo el alabe regulador. Mientras que al cerrarse solamente K2.1 y K2.2 el motor gira en sentido contrario, cerrando el alabe regulador.

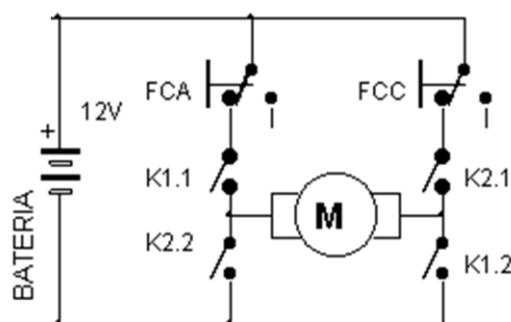


Figura 11. Puente **H** conformado por cuatro llaves electromecánica (relés).
Fuente: elaboración propia

El puente **H full**, de la fig. 12, Utiliza dos transistores MOSFET complementarios por columna. Con esta configuración es posible implementar un control proporcional y un mejor control sobre los tiempo de encendido y apagado de las llaves electrónica.

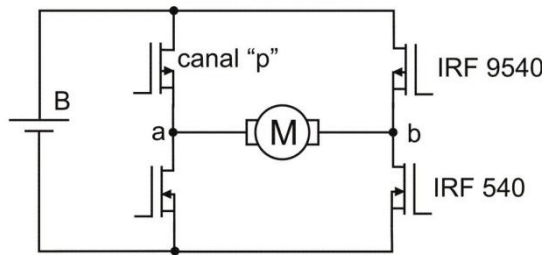


Figura 12. Etapa de potencia en puente **H** completo, con MOSFET de canal **P** y **N**.
Fuente: elaboración propia

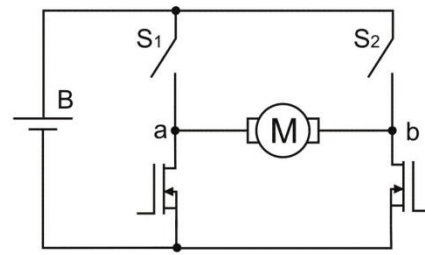


Figura 13. Etapa de potencia en puente **H** híbrido
Fuente: elaboración propia

En el sistema híbrido (fig. 13) (Llaves electromecánicas combinada con transistores) tiene la ventaja, aparte de poder trabajar en forma proporcional, o *todo o nada*. Que se ahorra dos transistores, muchas veces más caros y sensible a las sobre carga que su equivalente electromecánico. Por otro lado los transistores MOSFET reemplazados, de canal **P**, son generalmente más caros que su par **N** y difíciles de conseguir. Además, el disparo de los semiconductores unipolares ubicados en la parte superior de un puente **H**, necesitan circuitos más elaborados. Para una información más detallada de sistema, el lector puede recurrir a los trabajos [2] y [3].

En la fig. 14, se ilustra una alternativa a la configuración en puente **H**, para relé electromecánico. Es este caso es posible utilizar un relés NA (normalmente abierto) K1 y dos relés inversores K2.1 y K2.2. Los contactos K2.1 y K2.2 gestionan el sentido de giro del motor, mientras que K1 el comando de accionamiento. Para más detalle ver [2].

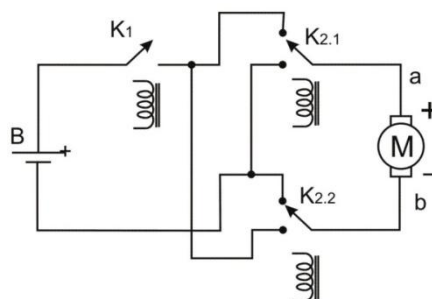


Figura 14. Comando con relevadores electromecánico.
Fuente: elaboración propia

5. Reguladores para Generación Sincrónica en Sistemas que operan a Flujo Lanzado.

Las turbo máquinas que funcionan a flujo lanzado, no disponen de órgano regulador de caudal turbinado, por lo tanto no es posible regular la frecuencia de la tensión generada, variador el caudal de entrada a la turbinas.

En PCH equipadas con generadores sincrónicos. El control de la tensión generada, se realiza utilizando un sistema AVR, generalmente provisto con el alternador, como se indica en el apartado (4.1). Mientras que control de la frecuencia generada -al no disponer de órgano regulador de caudal- se realiza por derivación de carga o carga balasto.

5.1 Regulación Electrónica de Frecuencia por Carga Balasto.

El sistema de regulación por control de carga balasto, carga ficticia o en derivación, consiste en mantener invariable la potencia generada. Es decir; la máquina funciona a potencia constante.

$$P_g = P_d + P_c \quad (1)$$

Donde: P_g =Potencia generada, P_d =Potencia disipada en la carga balasto y P_c =Potencia consumida.

La energía no consumida por el usuario, se disipa en forma de calor, en una o más resistencias, denominadas comúnmente resistencia balasto (carga lastre, carga fantasma o *dummy load*), ubicadas generalmente en la casa de máquina, como se indica en la fig. 15.

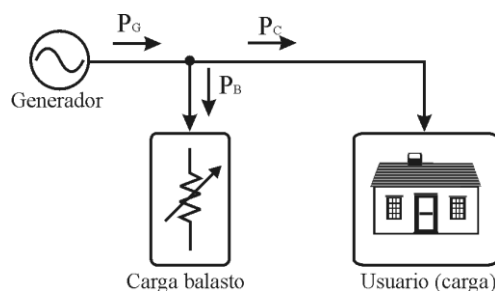


Figura 15. Sistema de regulación por carga balasto.
Fuente: elaboración propia

Diagrama en bloque de los sistemas AFR, por derivación de carga en centrales con generación sincrónica. Fig. 16.

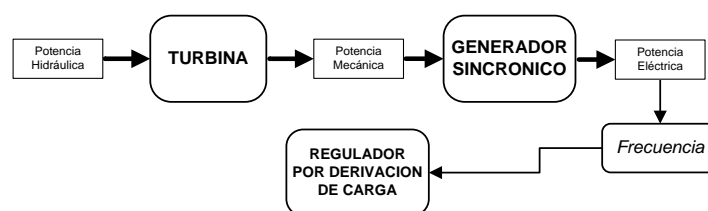


Figura 16. Regulación de frecuencia por carga balasto.
Fuente: elaboración propia

La porción de energía enviada hacia la resistencia balasto, es función de la frecuencia de la tensión generada. El sistema de control compara permanentemente la frecuencia generada con un valor de referencia [4].

Si la frecuencia generada es mayor que la de referencia, el sistema deriva más energía hacia las resistencias balasto. De la misma manera, si la frecuencia generada es menor que la de referencia, el regulador deriva menos energía hacia la resistencia balasto.

Para controlar la energía disipada en la o las resistencias que forman la carga balasto, es posible utilizar distintas topologías. Se tratarán a continuación algunas configuraciones estudiadas e implementadas: a) control binario combinacional, b) control por ángulo de fase y c) control por conmutación o troceado de onda (chopper).

5.1.1 Control Binario Combinacional

En un circuito de control combinacional binario de carga, se utilizan resistores fijos de terminado valor, accionados por llaves electrónicas, en este caso TRIAC (tiristor bidireccional) disparados al cruce por cero de la tensión [5].

Así, si la resistencia R_1 de la fig. 17, fuera de 100 W, R_2 de 200 W, R_3 de 400 W y R_4 de 800 W, se podría tener un control desde 100 W hasta 1500 W, con una resolución de 100 W.

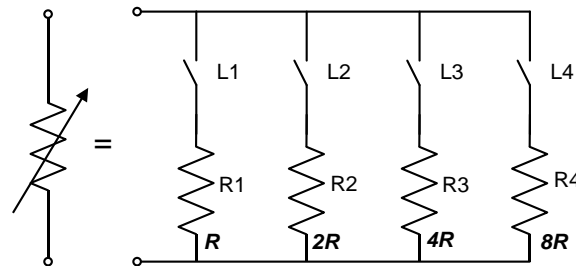


Figura 17. Sistema Binario.
Fuente: elaboración propia

Al cerrar L_1 , la carga balasto es de 100 W, si se cierra solamente L_2 la carga equivalente es de 200 W, ahora si se cierran solamente L_1 y L_2 la carga será de 300 W, mientras que si se cierra solo L_3 , la potencia será de 400 W y así sucesivamente.

Este sistema presenta la ventaja de no se genera interferencia en la conmutación de las llaves si éstas son electrónicas sincronizadas al cruce por cero. Se ha utilizado TRIAC, optoacoplado con detector de cruce por cero, tipo MOC3041. Por otro lado como funciona en forma digital, es ideal para implementar controladores utilizando electrónica embebida.

Entre las desventajas se pueden nombrar: Se utiliza muchas llaves, usa resistores de distinto valor -los resistores son más caros (por la cantidad y tipo)-, el mínimo paso depende del valor de la resistencia más pequeña, se dificulta la conexión de los resistores (muchos conductores), complicado “stock” de repuestos, no es fácil conseguir valores de resistores “del doble del doble”, la lógica de comando es más complicada y cara, la regulación no es continua.

5.1.2 Control por Angulo de Fase

Este sistema, para el control de la potencia disipada en la resistencia balasto, utiliza tiristores o TRIACS (tiristor bidireccional), como llaves electrónicas [6].

Los tiristores o TRIACS son conmutados controlando el ángulo de conducción de la onda de tensión generada (lo que se denomina control por ángulo de fase). Este tipo de control recorta la onda de tensión y corriente, limitando de esta forma la potencia entregada a la carga ficticia.

El diagrama en bloque que se muestra en la fig. 18, corresponde al de un sistema de control de la potencia disipada en una resistencia balasto, que utiliza TRIACS como llaves electrónicas.

El control de la energía disipada en la carga balasto, es función de la frecuencia eléctrica producida. Un convertidor *frecuencia-tensión* envía una señal acondicionada al AFR (propriadamente dicho), que a través de un *driver* aislado comanda el disparo del TRIAC.

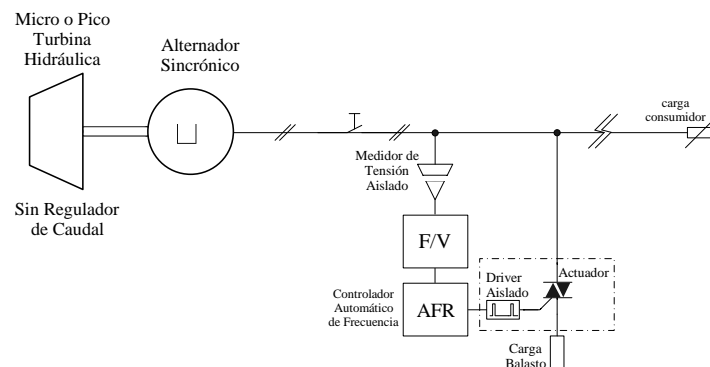


Figura 18. Control de la potencia disipada por angulado de fase.
Fuente: elaboración propia

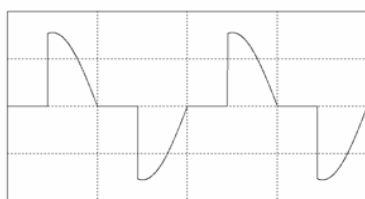


Figura 19. Angulo de conducción 100°
Fuente: elaboración propia

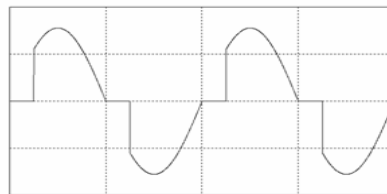


Figura 20. Angulo de conducción 135°
Fuente: elaboración propia

En la fig. 19, se muestra la forma de onda sobre la carga balasto para un ángulo de conducción de 100°, mientras que en la fig. 20, para un ángulo de conducción de 135°.

La deformación de la forma de onda sinusoidal, produce armónicas de frecuencia elevada que se traducen en perturbaciones en el espectro de radio frecuencia (RF), que pueden afectar la recepción de ondas de radio en la zona donde se ubica el micro aprovechamiento hidroeléctrico.

Como ventaja se tiene: Regulación continua, se puede utilizar una sola resistencia de potencia, conexión simple, facilita el “stock” de repuestos, el mínimo paso no depende del valor de la resistencia.

Es sistema funciona satisfactoriamente en PCH que utilizan alternadores sincrónicos, pero no así en aprovechamientos que funcionan con generadores asincrónicos o inducción.

5.1.3 Control por Conmutación (troceado)

Este sistema utiliza transistores tipo MOSFET de potencia, operando en conmutación (troceado – *chopper*) de la onda de la energía enviada a la resistencia balasto, con una frecuencia de operación elevada, mucho mayor que la utilizada en el control con tiristor [7].

La variación de la potencia consumida por las resistencias se realiza troceando la tensión CC (corriente continua) con un ancho de pulso que depende de la diferencia de frecuencia generada con respecto a un valor de referencia.

Se ensayó también circuitos troceadores con transistores tipo IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor* – Transistor Bipolar de Compuerta Aislada) en lugar de MOSFET de potencia.

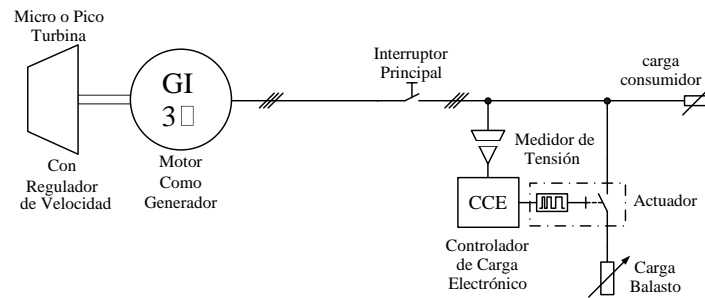


Figura 21. Sistema de regulación por carga balasto por troceado (chopper) de onda.
Fuente: elaboración propia

En la figura 21. Se ilustra la ubicación relativa de un sistema de control de carga balasto, utilizando un circuito troceador de onda con llave electrónica tipo MOSFET, en una PCH.

Esta opción utiliza un único MOSFET. Teniendo en cuenta que esta llave es unidireccional en tensión y bidireccional en corriente (debido al diodo en anti-paralelo conectado entre drenador y surtidor), considerando que la potencia a controlar es alternada, una opción consiste en instalar el MOSFET dentro de un puente de Graetz. Con ésta configuración la corriente que circula por la carga es alternada, mientras que por el transistor circula corriente continua.

Esta topología parece la más obvia, sin embargo como se pretende que el MOSFET funcione en alta frecuencia de conmutación, los diodos que forman el puente de Graetz deberán ser del tipo “rápidos” (*Fast Recovery Diodes*). Estos diodos rápidos, no son muy comunes y por ende de costo elevado especialmente para corrientes mayores de 3 A.

Como la carga balasto generalmente es resistiva pura, o sea, la inductancia resultante puede ser despreciada, y por tanto toda la potencia disipada en la carga balasto es activa, es posible ubicar la resistencia balasto, del lado de CC (corriente continua) en serie con el MOSFET.

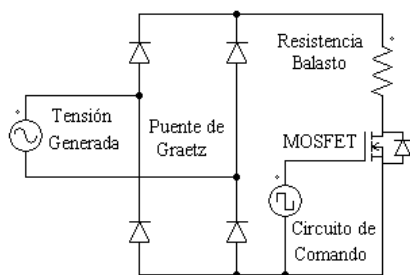


Figura 22. Etapa de potencia MOSFET dentro de un puente Graetz, lado de CC.
Fuente: elaboración propia

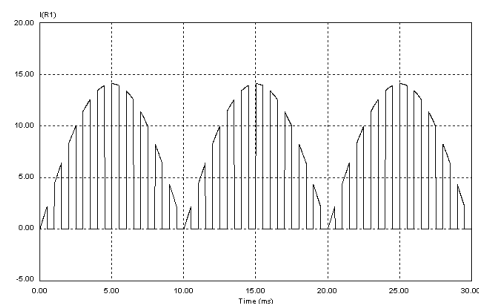


Figura 23. Forma de onda sobre la resistencia balasto.
Fuente: elaboración propia

En la fig. 22 se presenta la topología comentada en el parágrafo anterior, con la resistencia del lado de corriente continua.

En las figura 23, se puede observar la forma de onda de la corriente a través de las resistencias y de la llave de potencia. La misma es una corriente continua periódica pulsante.

Es importante mencionar, que en el caso de generación trifásica es necesario agregar a la topología propuesta, solamente dos diodos.

Se puede afirmar que los MOSFET substituyen con grandes ventajas a los tiristores y transistores bipolares de potencia, para el control de carga balasto en microaprovechamientos Hidroeléctricos.

Finalmente hay que remarcar que en la actualidad los MOSFET de potencia, se consigue fácilmente en el mercado y a costos reducidos, al igual que los componentes necesarios para implementar el control de carga.

En este caso, no se disminuye necesariamente la emisión de interferencias electromagnéticas, pero el diseño de filtros utilizados para atenuar tal emisión, es más simple que para el tiristor y por tanto más económico.

Por otro lado, el uso de MOSFET, posibilita dotar al sistema de un control eficaz contra cortocircuitos y efectuar una regulación más fina de la carga.

6. Conclusiones

Conforme a lo expuesto es posible ver que cada caso de generación amerita un sistema diferente de controlador. Si bien pueden ser similares en lo que a la etapa de potencia se refiere, difieren en la ley de control o el parámetro a controlar.

En los reguladores electrónicos de frecuencia por variación de caudal, el tiempo de respuesta es bastante mayor que los sistemas de control por carga balasto. La ventaja se encuentra en la posibilidad de economizar agua.

Respecto a los AFR por variación de caudal, según la fuente de alimentación. La alternativa con un acumulador en la casa de máquinas, aparece como la más aceptable. Ya que permite disponer de una fuente de energía auxiliar en la sala de máquinas, sin que haya generación. Por ej. Para transmisión de datos, accionamiento a distancia, registro de datos, etc.

En relación a la configuración de la etapa de potencia en AFR por variación de caudal, la configuración con relevadores electromecánicos, presentó mejor desempeño en funcionamiento prolongado en zonas alejadas de los centros urbanos, por su robustez y facilidad de reparación, que sus similares electrónicos. Siempre y cuando el control sea *todo o nada*.

De las alternativas para el control por carga balasto estudiadas, si bien los tres métodos son aceptables: En el control por conmutación (troceado - *chopper*) se encontró una solución versátil, relativamente simple y económica.

Queda para una próxima oportunidad, los sistemas de control de generación asincrónica (motores como generador). Tanto para centrales con posibilidad de variación de caudal, como sistemas a flujo lanzado.

Para la regulación en PCH con generación asincrónica a flujo lanzado, el problema es mayor, ya que se tiene que controlar la frecuencia y la tensión generada, pero no se dispone de órgano regulador de caudal para controlar la velocidad de rotación de máquina, ni de control de la excitación del alternador por -tratarse de un motor con rotor en cortocircuito-, para el control de la tensión generada.

Varias de las soluciones presentadas en esta oportunidad, se aplican también a la generación asincrónica, pero con distinta ley de control.

7. Referencias

- [1] KURTZ, V. H. (2010). *Energías Renovables: Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos en Misiones*. Publicación Bicentenario. Planificar el desarrollo. 2010 vol.11 n°1. p27 - 29. ISSN 2250-6748. DNIC - Dirección Nacional de Información Científica. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT).
- [2] KURTZ, V.H. (2003). *Telemando para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Anais do X Encontro Latino-Americano e do Caribe em Pequenos Aproveitamentos hidroenergéticos, X ELPAH. Poços de Caldas – Minas Gerais – R.P. de Brasil.
- [3] ANOCIBAR, H.R. (1997). *Regulador de Tensión y Frecuencia*, Anales del VII Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos, VII ELPAH, Cajamarca - Perú.
- [4] KURTZ, V.H. y ANOCIBAR, H.R. (2005) *Sistema Mixto para el Control de la Generación en Micro Centrales Hidroeléctricas*. **Anales del XI encuentro** latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH. Valparaíso – Chile.
- [5] SMITH N., (2000) *Uso de Motores como Generadores de Bajo Costo para Micro Hidrogeneración*. Anales del VII encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, ELPAH, pp. 77–89
- [6] KURTZ, V.H et al (2009) *Control Electrónico de Frecuencia para Alternadores Sincrónicos de Inducción de PCH de Operación Aislada*. XIII Encuentro Latinoamericano y del Caribe Sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos ELPAH – Cajamarca – Perú.
- [7] KURTZ, V.H.y BOTTERON F. (2005) *Alternativa para el Control de Cargas Balasto*. Anales del XI encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH. Valparaíso – Chile.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

PREDICCIÓN DE LA IRRADIANCIA SOLAR DIARIA MEDIANTE REDES NEURONALES

Morales, D. Martín, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Instituto de Ingeniería y Agronomía. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (UTN, FRLP), Laboratorio de Ingeniería en Sistemas de Información (LINES), martin.morales@unaj.edu.ar

Cappelletti, Marcelo, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Instituto de Ingeniería y Agronomía. Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Facultad de Ingeniería, Grupo de Estudio de Materiales y Dispositivos Electrónicos (GEMyDE), mcappelletti@unaj.edu.ar

Hasperué, Waldo, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Instituto de Ingeniería y Agronomía. Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Facultad de Informática, Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI), whasperue@lidi.info.unlp.edu.ar

Charlier, Leandro, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Instituto de Ingeniería y Agronomía, leandrocharlier@gmail.com

Resumen— La conversión de energía a través de fuentes de energía renovable y no contaminante se ha tornado un tema trascendente en pos de resolver los problemas de la disminución de los recursos de energía no renovables y la polución ambiental originada por ellos. La radiación solar incidente es la principal fuente de energía renovable disponible en la naturaleza. Su aprovechamiento óptimo requiere de un profundo conocimiento acerca de la irradiancia solar sobre la superficie terrestre, para predecir la producción de energía que podría obtenerse en un determinado lugar. En este trabajo, se presenta el entrenamiento de una red neuronal artificial multicapa para predecir a corto plazo la irradiancia solar en una localidad de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Se analizaron diferentes modelos de redes neuronales artificiales capaces de estimar la radiación solar global diaria en dicha localidad. Las redes neuronales permiten crear modelos de predicción pues poseen la capacidad de generalizar y de aprender de patrones de entrada produciendo valores de salida ante la recepción de estímulos similares. En general, los resultados obtenidos han mostrado un aceptable desempeño de la red neuronal artificial en la estimación de la radiación solar, pero con posibilidades ciertas de ser mejorados.

Palabras clave— *energías renovables, radiación solar, redes neuronales artificiales.*

1. Introducción

La evolución y progreso de la humanidad ha estado ligada sin duda alguna al uso y aprovechamiento de la energía. Al día de hoy, la demanda de energía ha aumentado considerablemente, y se estima que para el año 2030 habrá un 40% más de consumo que en el último año. Por este motivo, la conversión de energía se ha tornado uno de los asuntos más importantes a considerar a nivel mundial.

En la actualidad, aproximadamente el 78% de la demanda final mundial de energía se satisface con sistemas energéticos basados en recursos fósiles no renovables, como el carbón, el gas natural y el petróleo. Poco más del 19% es cubierto con fuentes de energía renovable, mientras que el resto se satisface con energía nuclear [1]. La principal fuente de energía renovable es la biomasa tradicional, utilizada principalmente para cocinar y para calefacción en áreas rurales de países en vías de desarrollo. También existen otras fuentes de energías renovables modernas, tales como energía solar, geotérmica, eólica, hidroeléctrica, biocombustibles, entre otras, las cuales son principalmente utilizadas en cuatro mercados diferentes: generación de electricidad; calefacción y refrigeración; transporte; y servicios de energía rural o aislada de la red.

La utilización de recursos fósiles no renovables como fuente de energía, tiene los siguientes inconvenientes:

- los nuevos yacimientos o reservorios resultan de muy difícil acceso, y por lo tanto cada vez más caros de explotar;
- si bien no se agotarán en el corto o mediano plazo se trata de recursos finitos;
- se encuentran concentrados en determinadas regiones, lo cual genera posibles focos de conflictos políticos y militares.
- ocasionan impactos ambientales importantes debido a la emisión de gases tales como dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y metano (CH₄), explosiones, derrames, etc., que favorece al calentamiento global y al cambio climático.

Todo esto trajo como consecuencia que en los últimos años comiencen a aparecer nuevos sistemas tecnológicos basados en energías renovables para producir electricidad y calor, con el fin de mejorar la calidad de vida de la humanidad conservando y protegiendo el medio ambiente.

La principal fuente de energía renovable disponible en la naturaleza es la radiación solar incidente, dado que la energía solar recibida anualmente en nuestro planeta es de unas 10.000 veces superior al consumo global anual de energía. Por este motivo, la energía solar se presenta como el recurso más promisorio tendiente a sustituir las fuentes de energía no renovables y reducir las emisiones de gases a la atmósfera, dado que permite diversas formas de captación y transformación, principalmente a través de sistemas fotovoltaicos y de sistemas fototérmicos.

Los sistemas fotovoltaicos convierten la luz solar en energía eléctrica y se utilizan no solo para la generación de electricidad, sino también para iluminación, refrigeración y bombeo. Mientras que los sistemas fototérmicos absorben calor directamente y lo transfieren a otro medio como el agua o el aire. Estos incluyen entre otros los sistemas de calentamiento pasivo para el calentamiento de agua, secado y refrigeración, y los sistemas de concentración para la desalación y la desintoxicación y desinfección de agua.

Para tener un aprovechamiento óptimo de la energía solar se requiere de un amplio conocimiento acerca de la irradiancia solar incidente a nivel de la superficie terrestre, que

permita predecir a corto plazo la producción de energía eléctrica o térmica que potencialmente se podría obtener en un determinado lugar.

La intensidad de radiación solar disponible en un punto determinado de la Tierra es variable con el tiempo de manera instantánea, horaria, diaria y estacional, con la latitud y con los microclimas locales del sitio. Sin embargo, por razones de costos y accesibilidad no siempre es posible contar con datos experimentales de la irradiancia solar en superficie en los lugares de interés. Su medición requiere el uso de equipamientos específicos, tales como pirheliómetros y piranómetros, los cuales no resultan económicos de adquirir. La falta de datos medidos de irradiación solar es generalizada a nivel mundial. Hasta el año 2005 solo una de cada 500 estaciones meteorológicas realizaba observaciones de radiación solar incidente [2]. Argentina no es la excepción, en la actualidad la mayoría de las estaciones meteorológicas proveen datos de temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad y dirección del viento. Existe por lo tanto falta de datos de radiación solar en muchas regiones de nuestro país.

Para subsanar esta limitación se hace necesaria la aparición de métodos alternativos para estimar los valores de irradiación solar en la superficie terrestre a partir de la información meteorológica existente. Entre los diferentes métodos teóricos de estimación se pueden mencionar: modelos lineales, polinómicos, exponenciales y logarítmicos [3], técnicas geoestadísticas [4], técnicas estocásticas [5] y técnicas basadas en imágenes satelitales [6].

En los últimos años, en base al crecimiento de las capacidades de cálculo y al mejoramiento de los algoritmos implementados, se han comenzado a emplear técnicas de inteligencia artificial, tales como redes neuronales artificiales, para predecir los valores de la irradiancia solar [7-9]. Los modelos basados en redes neuronales permiten crear modelos de predicción de manera rápida y confiable, pues poseen la capacidad de generalizar y de aprender de patrones de entrada produciendo valores de salida ante la recepción de estímulos similares. Estos modelos pueden manejar gran cantidad de datos y son sumamente útiles para resolver sistemas complejos y no lineales, mejorando la performance de las técnicas convencionales.

La predicción de la radiación solar que alcanza la superficie de la Tierra es un factor clave en diversas aplicaciones como por ejemplo, en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos o fototérmicos; en el análisis climático y estimaciones meteorológicas; en las actividades agropecuarias; en la ecología o la hidrología; en el diseño arquitectónico; entre otras.

Este trabajo presenta el entrenamiento de una red neuronal artificial multicapa para predecir a corto plazo la irradiancia solar en la localidad de Quimilí, situada en el departamento de Moreno, provincia de Santiago del Estero, Argentina. Específicamente, el objetivo del trabajo es analizar diferentes modelos de redes neuronales artificiales capaces de estimar la radiación solar global diaria en dicha localidad. Este trabajo se enmarca dentro de una primer etapa de un proyecto cuyo objetivo a largo plazo es el de poder determinar la distribución temporal de la irradiación solar global incidente en diferentes zonas de nuestro país, con el fin de optimizar el diseño de sistemas de aprovechamiento de esta fuente de energía.

La elección de la localidad de Quimilí para su análisis es debido a que se cuenta con valores experimentales diarios de diferentes variables meteorológicas, incluida la radiación solar global diaria, los cuales han sido obtenidos a través del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico (SIGA) [10].

2. Radiación Solar

El clima, la meteorología y muy especialmente las formas de vida en el planeta son determinados por la energía proveniente del Sol en forma de luz y calor. La radiación solar es la fuente primaria de energía que sustenta la biosfera y el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que se dan en la Tierra.

El Sol libera energía bajo la forma de radiación electromagnética de alta frecuencia, compuesta de radiaciones de diferentes longitudes de onda, desde el espectro infrarrojo hasta el ultravioleta. Esta energía radiante emitida por el Sol, aproximadamente de 60.000 kW/m^2 , parte en todas las direcciones a la velocidad de la luz. Luego de atravesar el espacio, la radiación que llega a las capas superiores de la atmósfera terrestre es de aproximadamente 1.367 W/m^2 .

Una vez que la radiación solar penetra en la atmósfera, la cantidad de energía que llega directamente a la superficie terrestre se reduce debido a tres fenómenos físicos diferentes: la reflexión, la absorción y la difusión, como se puede apreciar en la Figura 1.



Figura 1. Diferentes tipos de radiación solar.

Del total de radiación solar que llega a la atmósfera terrestre aproximadamente el 35% es reflejada al espacio debido a la presencia de nubes y polvo en la atmósfera, y de elementos como agua, arena, nieve, etc., en la superficie terrestre. Este tipo de radiación se denomina radiación reflejada. Estrictamente, la cantidad de radiación reflejada depende del coeficiente de reflexión de la superficie terrestre, también llamado albedo. Por su parte, aproximadamente el 19% del total de radiación solar que llega a las capas superiores de la atmósfera terrestre es absorbido por el ozono quien elimina las radiaciones ultravioletas nocivas para la salud humana. Finalmente, una parte de la radiación que atraviesa la atmósfera se difunde en todas las direcciones debido a la presencia de moléculas de aire, aerosoles y otras partículas de polvo.

El valor aproximado del flujo medio de energía proveniente del Sol y absorbido por la Tierra (superficie + atmósfera) es de 235 W/m^2 . De ellos, 67 W/m^2 son absorbidos directamente por

los gases y las nubes que componen la atmósfera y los 168 W/m^2 restantes que atraviesan el aire, son absorbidos por la superficie terrestre, repartiéndose de forma muy diferente según la latitud. Este flujo que llega a la superficie terrestre lo hace en forma de radiación directa y difusa. La radiación directa es transmitida directamente desde el Sol hasta el suelo sin sufrir cambio alguno en su dirección. Por su parte, la radiación difusa, es aquella que atraviesa la atmósfera y es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc.

La radiación global o radiación total, es la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada. La proporción de radiación directa y difusa que recibe el suelo depende de la altitud del sol, la absorción de la atmósfera, las nubes, etc. Por ejemplo, en un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa. La atmósfera, entonces, se desempeña como un excelente filtro ya que mediante sus diferentes capas la energía solar es distribuida para que a la superficie terrestre sólo llegue una pequeña parte de la energía total.

La parte externa de la atmósfera absorbe parte de las radiaciones reflejando el resto directamente al espacio exterior, mientras que otras pasarán a la Tierra y luego serán irradiadas. Esto produce el denominado balance térmico, cuyo resultado es el ciclo del equilibrio radiante.

Resumiendo lo mencionado previamente, la distribución del 100% de la energía proveniente del Sol es la siguiente: un 34% regresa al espacio exterior, de forma directa (24%) o indirecta (10%). Un 19% de la energía es absorbida por la atmósfera, mientras que la Tierra recibe un 47% [11]. Ambas serán regresadas al espacio exterior. Esta distribución de la energía hace posible el balance energético en la Tierra.

3. Inteligencia Artificial

El comportamiento de un determinado sistema físico puede ser descrito a partir de modelos matemáticos formulados a través de ecuaciones diferenciales con condiciones de contorno e iniciales determinadas, cuyas incógnitas representan las magnitudes de interés. Tales modelos representan generalmente una simplificación de la realidad, dado que son obtenidos a partir de aproximaciones, sin embargo, si las variables a despreciar tienen poco peso en el sistema, serán una buena representación del sistema real.

Obtener la solución exacta de manera analítica puede presentar una gran dificultad, debido a la complejidad natural de las ecuaciones diferenciales o a los inconvenientes que pueden ocurrir con las condiciones de contorno o iniciales.

La simulación numérica se convierte entonces en una etapa indispensable a la hora de estudiar cualquier tipo de sistema, debido al crecimiento de las capacidades de cálculo y velocidad de procesamiento de las computadoras actuales. En este sentido, las técnicas de inteligencia artificial constituyen herramientas poderosas para resolver tales ecuaciones y obtener soluciones muy aproximadas a las soluciones exactas. De esta manera, es posible reproducir resultados experimentales; realizar estudios sobre sistemas, procesos, propiedades o parámetros físicos difíciles de medir de manera experimental reduciendo los tiempos y los costos de los ensayos; analizar, predecir y controlar la respuesta de un sistema determinado bajo diferentes condiciones de operación, con el fin de diseñar el sistema de manera eficiente para obtener la respuesta deseada de una aplicación específica; etc.

El campo denominado Inteligencia Artificial, incluye técnicas tales como: Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Algoritmos Genéticos, Optimización por Enjambre de Partículas y Minería de Datos.

Una de las características de estas técnicas es que son del tipo caja negra, es decir que no permiten obtener una función explícita de las variables físicas involucradas. Sin embargo, ellas tienen el potencial para realizar mejores, más rápidas y más prácticas predicciones que cualquier otro método tradicional. Son capaces de encontrar correlaciones entre datos diversos y han mostrado ser sumamente útiles en áreas tales como ingeniería, análisis de suelos, análisis climático, ecología, análisis genético, robótica, economía, medicina y comunicación, entre otras.

3.1 Redes Neuronales Artificiales

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) representan una metodología de modelación matemática que permite crear modelos de predicción dado que poseen la capacidad de generalizar y de aprender de patrones de entrada produciendo valores de salida ante la recepción de estímulos similares.

El funcionamiento de las RNA está inspirado en el funcionamiento del sistema nervioso de los seres vivos. Consisten en una arquitectura conformada por un conjunto de neuronas artificiales, las cuales se conectan entre sí por enlaces que transmiten información o estímulos a otras neuronas, a través de funciones matemáticas, para entregar un resultado. Las RNA aprenden de la información histórica, adquiriendo así la capacidad de predecir respuestas del mismo fenómeno. Están organizadas en capas. En general, la mayoría de las arquitecturas poseen una capa de entrada en la cual la red recibe los estímulos externos (datos de entrenamiento o patrones a clasificar), una capa de salida que ofrece la respuesta de la red y una o varias capas intermedias u ocultas, donde se lleva a cabo el procesamiento de la información. La capa de salida incluye tantas neuronas como variables se quieran estimar.

A su vez, en la mayoría de las arquitecturas las neuronas solo se conectan con neuronas pertenecientes a otras capas, aunque se pueden encontrar también arquitecturas donde existen conexiones entre neuronas de la misma capa o incluso entre ellas mismas. La conexión entre las neuronas se realiza a través de la aplicación de funciones matemáticas, tales como la función escalón, la tangente hiperbólica, la función logaritmo, etc. Cada neurona puede recibir uno o más estímulos como entrada, donde cada conexión posee un peso que determina la fuerza del estímulo recibido. La salida de una neurona está dada por la información pesada que recibe y una función de transferencia que determina el valor de salida de dicha neurona. El entrenamiento de una RNA consiste en un proceso iterativo donde mediante alguna técnica preestablecida los pesos de las conexiones de las neuronas se adaptan de tal forma que la red comienza a producir en la salida la información esperada ante una entrada específica. La diferencia entre el valor de salida y el valor observado de la variable a estimar es el error. En este proceso, de manera iterativa se determinan los pesos de las conexiones que permiten corregir dicho error. El entrenamiento finaliza cuando la red es capaz de reproducir las salidas correspondientes a los datos de entrada con un error mínimo elegido o luego de un número establecido de iteraciones.

El proceso final de esta metodología es la validación, que requiere siempre de un conjunto de datos independientes para los cuales se conoce el comportamiento del fenómeno y sobre los que se realiza la estimación de los errores.

4. Materiales y Métodos

Actualmente nuestro país cuenta con más de 500 estaciones meteorológicas instaladas a lo largo de todo el territorio, entre aquellas homologadas por el Servicio Meteorológico Nacional y las no homologadas. En particular, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) dispone de una amplia red de estaciones meteorológicas automáticas para obtener datos agrometeorológicos en todo el país. Estas estaciones meteorológicas están destinadas a medir y registrar regularmente diversas variables, tales como temperatura, precipitaciones, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, entre otras. Sin embargo, en general, por su elevado costo de instalación, operación y mantenimiento, la gran mayoría no posee los instrumentos para la medición de la irradiación solar. Por ello se vuelve importante desarrollar metodologías de estimación de la radiación solar a partir de conocer estos registros.

Los datos meteorológicos utilizados en este trabajo corresponden a los valores experimentales diarios provenientes de la estación meteorológica automática tipo Nimbus THP, ubicada en la localidad de Quimilí (Latitud: -27,544; Longitud: -62,352, Altura: 137 metros), situada en el departamento de Moreno, provincia de Santiago del Estero, Argentina, los cuales han sido obtenidos a través del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico (SIGA) [10]. Este sistema de información permite conectarse a la estación a través de internet y monitorear los datos sensados en tiempo real, los cuales se van actualizando cada 10 minutos. Allí se pueden obtener tanto datos actuales, como históricos y estadísticas mensuales.

La estación meteorológica elegida para este trabajo, entró en funcionamiento el 09/09/2015 y cuenta con los instrumentos necesarios para sensar radiación solar global diaria, además de otras variables agrometeorológicas tales como precipitación diaria, temperaturas máxima, mínima y media del aire, humedad relativa media, velocidad media y máxima del viento, duración del follaje mojado, presión de vapor medio, evapotranspiración, punto de rocío, presión atmosférica media y heliofanía relativa, entre otras.

Los datos elegidos para llevar a cabo el entrenamiento de la red neuronal artificial han sido: radiación solar global diaria ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), temperatura máxima y mínima del aire en abrigo a 1,5 metros de altura ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa media (%), velocidad media y máxima del viento (km/h), presión atmosférica media (hPa) y precipitación diaria (mm), en el período comprendido desde el 10/09/2015 hasta el 09/05/2016 inclusive, por lo que se trabajó con 243 vectores de datos.

La Figura 2 muestra los valores correspondientes a la radiación solar global diaria medida por la estación meteorológica en función de la fecha de registro, siendo Dato 1 el valor medido el 10/09/2015, Dato 2 el valor observado el 11/09/2015, y así sucesivamente, hasta Dato 243 el valor registrado el 09/05/2016. Se puede observar en dicha figura, que los mayores valores de radiación solar ocurren para los valores centrales, los cuales corresponden a los meses de diciembre y enero.

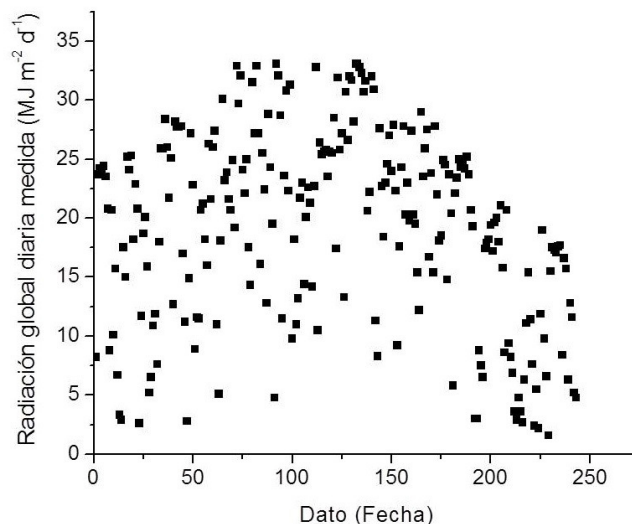


Figura 2. Valores medidos de radiación solar global diaria en el período considerado en este trabajo.

La metodología utilizada para el análisis de los datos presentados en la Figura 2 consistió en tres entrenamientos diferentes de la red neuronal artificial, cada uno de ellos con diferente forma de tomar los datos de entrada provenientes de la estación meteorológica considerada. En todos los casos, se desarrollaron modelos de redes de tipo perceptrón multicapa con propagación de la información hacia adelante. Todos ellos incluyeron una capa de entrada, una capa oculta y una salida que presenta la radiación solar promedio estimada diaria, como se puede observar en la Figura 3 para el caso de 10 neuronas en la capa oculta. Se utilizó como función de relación entre las capas a la función tangente hiperbólica y para finalizar la fase de entrenamiento se consideraron 2000 iteraciones o un error $e < 0,001$. Se utilizó para entrenar el 75 % de los datos, mientras que el 25% restante se lo empleó para la validación de los modelos. En las redes de propagación hacia adelante (feed-forward), todas las señales neuronales se propagan hacia adelante a través de las capas de la red. No existen conexiones hacia atrás ni tampoco autorrecurrentes. En estas redes ninguna salida de las neuronas es entrada de neuronas del mismo nivel o de niveles precedentes. Esto se repite hasta obtener un valor en las neuronas de la capa de salida.

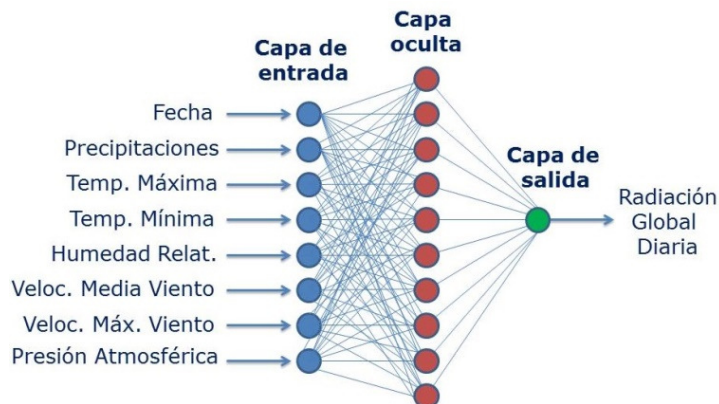


Figura 3. Topología de la red neuronal artificial utilizada con 10 neuronas en la capa oculta.

El desempeño de los diferentes modelos de red neuronal artificial considerados en este trabajo, se evaluó a través del coeficiente de determinación R^2 y de la raíz cuadrática del error cuadrático medio porcentual (RMSE%), definido como:

$$RMSE\% = \frac{100}{Rad_{med}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Rad_{est\ i} - Rad_{med\ i})^2}{n}} \quad (1)$$

donde Rad_{med} y Rad_{est} corresponden a la radiación medida y la radiación estimada por los modelos, respectivamente.

5. Resultados

En primer lugar, se consideraron 10 modelos de redes neuronales artificiales diferentes, denominados Q_i (con i variando desde 4 hasta 13), donde el subíndice i representa el número de neuronas en la capa oculta de la red neuronal artificial. En todos los casos se tomaron en orden cronológico, los primeros 182 datos para entrenar la red, dejando los últimos 61 datos para validar los modelos.

La Figura 4 presenta los resultados obtenidos del RMSE% para la totalidad de los modelos Q_4 - Q_{13} , en donde se puede apreciar que los modelos con menos número de neuronas en la capa oculta poseen un error menor entre los valores de radiación medida y la estimada por los modelos. En particular, el modelo Q_6 es quien posee el mínimo error (aproximadamente un 9%), siendo por lo tanto seis el número de neuronas óptimas en la capa oculta de la red neuronal artificial para los datos considerados en este trabajo.

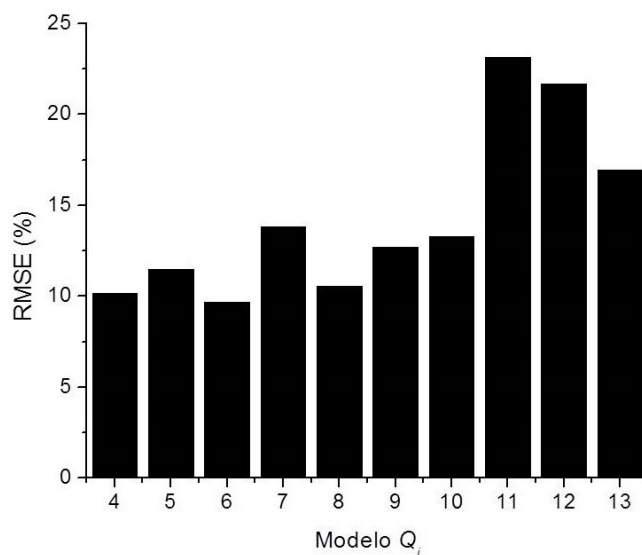


Figura 4. Raíz del error cuadrático medio porcentual para los modelos de redes Q_i .

El diagrama de dispersión entre la radiación solar medida y la estimada obtenida por el modelo Q_6 , es presentado en la Figura 5, conjuntamente con la recta identidad, la cual permite

distinguir que los errores de este modelo son producto principalmente de sobreestimaciones respecto de los valores de radiación solar medidos.

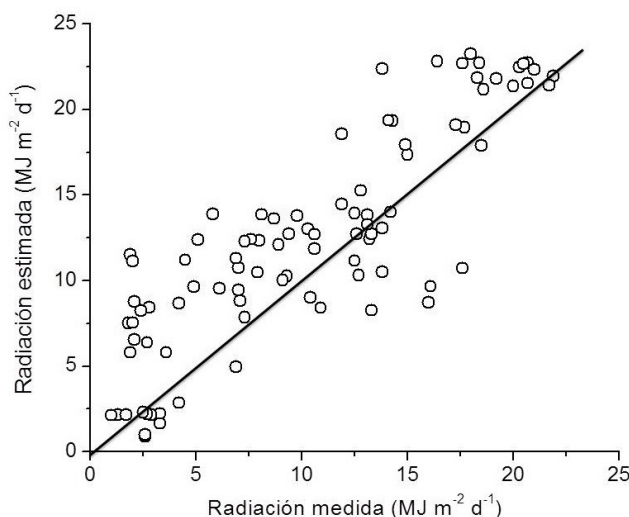


Figura 5. Diagrama de dispersión entre la radiación solar medida y la estimada obtenida por el modelo Q_6 . El valor del RMSE para este modelo es de 9% aproximadamente.

A continuación, se consideraron cuatro modelos (R_0 - R_3), todos ellos con 6 neuronas en la capa oculta, los cuales se diferencian entre sí en la manera de tomar los datos para entrenamiento y validación. Los modelos analizados son los presentados en la Tabla 1, donde los datos son denominados de manera similar a la Figura 1. Puede observarse que el modelo R_0 coincide con el modelo Q_6 , mientras que el modelo R_3 se armó con datos tomados al azar. La Tabla 1 muestra además los valores del coeficiente de determinación R^2 obtenidos en la fase de validación de cada uno de los modelos considerados. Puede observarse que existe una gran variación de valores de R^2 , lo cual indica la dependencia de la red neuronal respecto de la elección de los datos para realizar la fase de entrenamiento y de validación.

Tabla 1. Diseño de los modelos de redes neuronales R_0 - R_3 .

Modelo	Datos para entrenamiento	Datos para validación	Coefficiente de determinación R^2
$R_0 = Q_6$	1-182	183-243	0.77
R_1	62-243	1-61	0.62
R_2	1-90; 152-243	91-151	0.83
R_3	Aleatorio	Aleatorio	0.72

6. Conclusiones

El trabajo presentó el primer diseño de red neuronal artificial de parte de los autores para la estimación de la radiación solar global diaria en una localidad de la provincia de Santiago del

Estero, Argentina. En general, los resultados mostraron un aceptable desempeño de la red neuronal artificial en la estimación de la radiación solar, pero con posibilidades ciertas de ser mejorado. Entre las posibles maneras de mejorar la eficiencia y minimizar los errores de la red neuronal, se tienen: trabajar con mayor cantidad de datos (por lo menos de los últimos cinco años); realizar dos análisis por separado, uno para los meses de alta radiación (desde octubre hasta marzo) y otro para los meses de baja radiación (desde abril hasta septiembre).

7. Referencias

- [1] Renewables 2015 Global Status Report (www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/.../REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf).
- [2] RAICHIJK, C.; GROSSI GALLEGOS H.; RIGHINI R. (2005). “Evaluación de un método alternativo para la estimación de valores medios mensuales de irradiación global en Argentina”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 9. Impreso en la Argentina.
- [3] MENGES, H. O.; ERTEKIN, C.; SONMETE, M. H. (2006). “Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey”. *Energy Conversion and Management*. Vol. 47. Páginas 3149–3173.
- [4] LEAL, S. S.; TIBA, C.; PIACENTINI, R. D. (2009). “Modelos estadísticos para determinação da irradiação solar UV diária no estado de Pernambuco”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13. Impreso en la Argentina.
- [5] KAPLANIS, S.; KAPLANI, E. (2010). “Stochastic prediction of hourly global solar radiation for Patra, Greece”. *Applied Energy*. Vol. 87. Páginas 3748–3758.
- [6] POLO MARTÍNEZ J. (2010). “Optimización de modelos de estimación de la radiación solar a partir de imágenes de satélite”. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- [7] PRIYA, S.; IQBAL, M. (2015). “Solar Radiation Prediction using Artificial Neural Network”. *International Journal of Computer Applications*. Vol. 116. Páginas 28–31.
- [8] FADARE, D. A.; IRIMISOSE, I.; ONI, A. O.; FALANA, A. (2010). “Modeling of solar energy potential in Africa using an artificial neural Network”. *American Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol. 1. Páginas 144–157.
- [9] MELLIT, A.; MENGHANEM, M.; BENDEKHIS, M. (2005). “Artificial neural network model for prediction solar radiation data: application for sizing stand-alone photovoltaic power system”. *IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005*. Páginas 40–44.
- [10] <http://siga2.inta.gov.ar>
- [11] RAMOS CASTELLANOS, P. (2008). “Energías y cambio climático”. *XII Jornadas Ambientales*. Universidad de Salamanca. 416 páginas.

DISEÑO ÓPTIMO E INTEGRACIÓN ENERGÉTICA DEL PROCESO DE ESTERIFICACIÓN DE ACEITES VEGETALES USADOS

María Fernanda Laborde, CONICET, TECSE, Fac. Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), fernanda.laborde@fio.unicen.edu.ar

Ana María Pagano, TECSE, Fac. Ingeniería - UNCPBA, apagano@fio.unicen.edu.ar

María Cristina Gely, TECSE, Fac. Ingeniería - UNCPBA, cgely@fio.unicen.edu.ar

Medardo Serna-González, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, México, mserna@umich.mx

José María Ponce-Ortega, UMSNH, jmponce@umich.mx

Resumen— En línea con la necesidad de producción sustentable de las industrias elaboradoras de biocombustibles, se ha estudiado la etapa de pre-tratamiento de los aceites destinados a la obtención de biodiesel de segunda generación. Se determinó que en el proceso de esterificación de aceites vegetales usados (AVUs) el uso de un decantador para realizar la separación posterior a la reacción es una mejor opción que el uso de la torre de lavado. En un trabajo previo se aplicaron redes de intercambio de calor al pre-tratamiento de AVUs utilizando el Método Punto de Pliegue obteniéndose una reducción en necesidad de servicio externo de 65,65% considerando únicamente las corrientes del proceso. En este trabajo se pretende optimizar el uso de la energía a través de una formulación matemática haciendo uso de una superestructura donde se involucre también en la red de intercambio de calor a la energía proveniente de equipos como la torre de destilación, utilizando para su resolución el software GAMS®.

Palabras clave— optimización, integración energética, formulación matemática.

1. Introducción

Los altos precios de la energía, junto con las incertidumbres sobre los futuros suministros de petróleo y un creciente reconocimiento de los impactos ambientales de los combustibles fósiles, han dado lugar a los intereses globales en el desarrollo de biodiesel.

El biodiesel se define como el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel [1].

La transesterificación consiste en la reacción entre el aceite vegetal u otra grasa con un alcohol de cadena corta (generalmente metanol o etanol) en presencia de un álcali o en medio ácido. Los aceites vegetales usados (AVUs) pueden emplearse como materias primas alternativas para la producción de este biocombustible, su reutilización es importante a nivel mundial, ya que es un desecho de la industria alimentaria que si se arroja a los desagües se estima que un litro de AVUs contamina 1000 litros de agua [2]. El AVU debe cumplir ciertos requisitos para poder ingresar al reactor de transesterificación tales como un contenido de humedad inferior a 0,1%, porcentaje despreciable de impurezas y un grado de acidez inferior al 0,5% [3-5]. Los AVUs suelen superar este valor de acidez como resultado de haber sido sometidos a elevadas temperaturas (p.e. en la cocción de alimentos), por lo cual se hace

imprescindible someterlos a un pre-tratamiento de esterificación, a fin evitar una posible reacción de saponificación en la posterior transesterificación catalítica dificultando la separación de los ésteres de la glicerina y reduciendo el rendimiento del biodiesel [6].

Desde el año 2002, se han desarrollado en Argentina distintas experiencias sobre la producción de biodiesel a partir de AVUs [7]. En el año 2006 se sancionó en el Congreso de la Nación la Ley N° 26093 que regula y promociona la producción y uso sustentable de biodiesel. Esta ley establece que todo combustible líquido caracterizado como gasoil o diesel oil que se comercializa dentro del territorio nacional, debe ser mezclado con biodiesel, en un porcentaje del 5% como mínimo a partir del año 2010. Actualmente, los niveles de corte del gasoil se han ampliado al 7% [8]. A partir del año 2008, se crea la Provincia de Buenos Aires el programa provincial para la recolección y reciclado del aceite vegetal usado, “Plan BIO”, en donde más de 100 municipios se han adherido al programa [8], con lo cual se ha fomentado en Argentina la producción de biodiesel.

En este tipo de industrias de procesos químicos de utilización intensiva de energía es posible obtener importantes ahorros energéticos y operativos a partir de la síntesis óptima de redes de intercambio calórico. Esto ha sido ampliamente explorado en la bibliografía a partir de la utilización de diferentes metodologías tales como la del Método del Punto de Pliegue [9-11].

Programas computacionales tales como Aspen Energy Analyzer® y Aspen Plus® proporcionan un entorno para simular el diseño de redes de intercambio de calor óptimas [12].

Esta optimización energética puede también realizarse a partir de la generación de una superestructura, que consiste en una representación en etapas dentro de las cuales puede ocurrir intercambio de calor entre corrientes calientes y frías. Su simplicidad habilita la consideración simultánea de factores de diseño sin las limitaciones de un análisis secuencial [13, 14]. La optimización energética de los procesos también puede incluir algún ciclo termodinámico de una bomba de calor, así como la integración entre los ciclos de potencia y redes de intercambio de calor [15]. Las bombas operan tomando calor a una baja temperatura y cediendo calor a una temperatura superior [16].

Este tipo de modelos de optimización generados por superestructuras pueden resolverse a través del entorno de modelado GAMS® [17-19].

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo la optimización energética del proceso de esterificación de aceites vegetales usados a través de una formulación matemática, haciendo uso de una superestructura que incluya todas las posibles alternativas de intercambio calórico entre todas las corrientes del proceso.

2. Formulación del Modelo

2.1 Diagrama de flujo del proceso de esterificación catalítica de AVUs

El proceso de esterificación estudiado en este trabajo se presenta en el diagrama de flujo de la Figura 1, donde se simula, mediante la herramienta de simulación de procesos Aspen Plus® [12], la esterificación para un caudal de ingreso de AVUs de 680,7 kg/h con un contenido de 6% FFA representado por los ácidos grasos linoleico y oleico. Este proceso representa una alternativa del proceso estudiado por Laborde et al. [20] en la cual se ha reemplazado la torre de lavado por un decantador a temperatura ambiente.

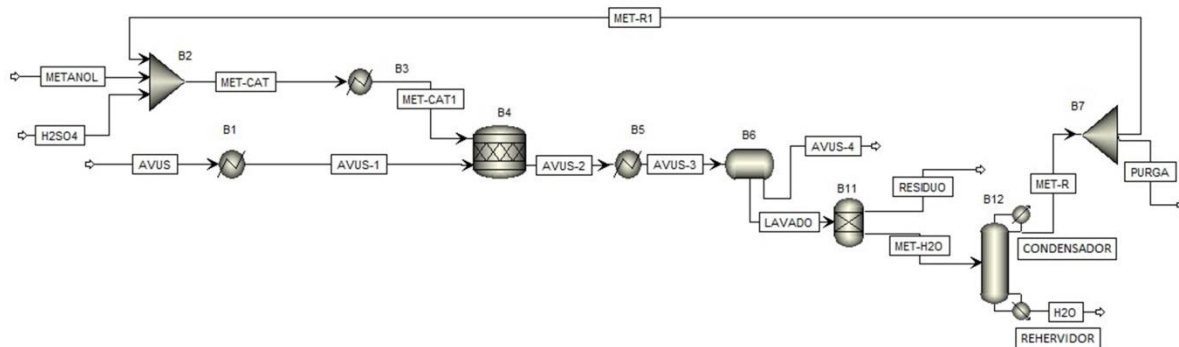


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de esterificación de AVUs.
Fuente: elaboración propia.

2.2 Diseño de la superestructura para la optimización energética del proceso

A fin de generar el modelo matemático correspondiente al sistema simulado con vistas a la optimización energética del proceso mediante GAMS[®], es necesario definir los siguientes conjuntos: i representa las corrientes calientes (denominadas con la letra H), j denota las corrientes frías (denominadas con la letra C) y k identifica las etapas de intercambio (denominadas ETAPA).

La formulación matemática se plantea a partir de la superestructura de la Figura 2.

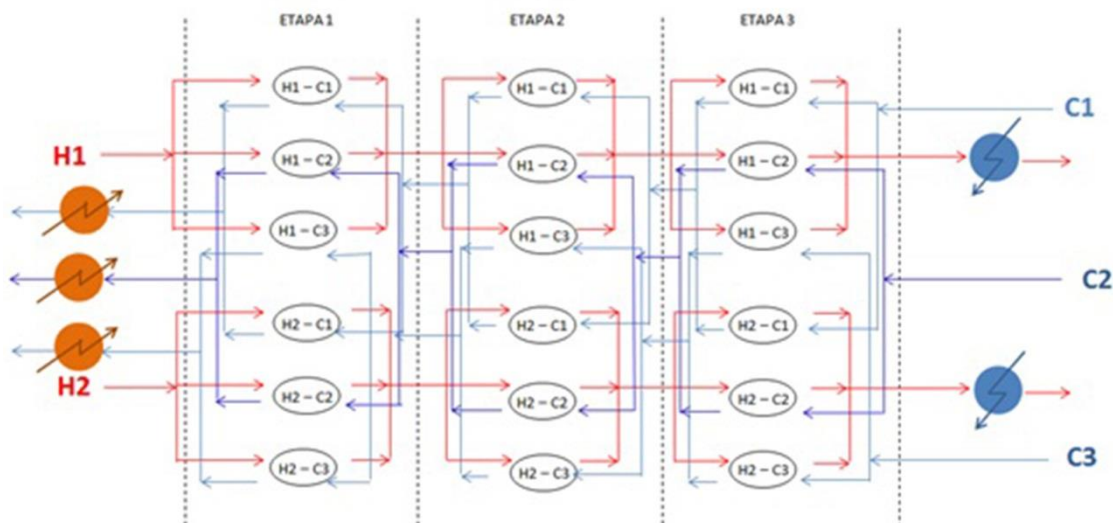


Figura 2. Superestructura diseñada para la optimización energética de la esterificación de AVUs.
Fuente: elaboración propia.

El modelo planteado se define a partir de las siguientes Ecuaciones (1) a (20).

- Balance de energía para las corrientes calientes del proceso:

$$(TE(i) - TS(i)) * FC(i) = q(i, j, k) + Q_c(i) \quad (1)$$

- Balance de energía para las corrientes frías del proceso:

$$(TS(j) - TE(j)) * FC(j) = q(i, j, k) + Q_h(j) \quad (2)$$

- Balance de calor del lado de las corrientes calientes en el intervalo k:

$$(TK(i, k) + TK(i, k + 1)) * FC(i) = \sum_j q(i, j, k) \quad (3)$$

- Balance de calor del lado de las corrientes frías en el intervalo k:

$$(TK(j, k) + TK(j, k + 1)) * FC(j) = \sum_i q(i, j, k) \quad (4)$$

- Cantidad de calor de servicio externo de enfriamiento:

$$(TK(i, k) - TS(i)) * FC(i) = Qc(i) \quad (5)$$

- Cantidad de calor de servicio externo de calentamiento:

$$(TK(j, k) - TK(j)) * FC(j) = Qh(j) \quad (6)$$

- Condiciones de flujo en contracorriente:

$$TE(i) = TK(i, 1) \quad (7)$$

$$TE(j) = TK(j, k) \quad (8)$$

$$TK(i, k) > TK(i, k + 1) \quad (9)$$

$$TK(j, k) > TK(j, k - 1) \quad (10)$$

$$TE(i) < TK(i, k + 1) \quad (11)$$

$$TS(j) > TK(j, 1) \quad (12)$$

- Restricciones lógicas:

La Ecuación (13) representa la máxima transferencia de calor entre la corriente caliente i y la corriente fría j .

$$q(i, j, k) - \min(Qc(i), Qc(j)) * Z(i, j, k) < 0 \quad (13)$$

Las Ecuaciones (14) y (15) representan el máximo aporte de calor del enfriador a las corrientes calientes y del calentador a las corrientes frías, respectivamente.

$$Qc(i) - Q(i) * ZCU < 0 \quad (14)$$

$$Qh(j) - Q(j) * ZHU < 0 \quad (15)$$

- Fuerza de conducción para la entrada de la etapa:

$$DT(i, j, k) < TK(i, k) - TK(j, k) + DTMAX(i, j) * (1 - Z(i, j, k)) \quad (16)$$

- Fuerza impulsora para la salida de la etapa:

$$DT(i, j, k + 1) < TK(i, k + 1) - TK(j, k + 1) + DTMAX(i, j) * (1 - Z(i, j, k)) \quad (17)$$

- Determinación de la fuerza impulsora para los calentadores:

$$DTHU < (TSHU - TK(j, 1)) \quad (18)$$

- Determinación de la fuerza impulsora para los enfriadores:

$$DTCU < (TK(j, k + 1) - TSCU) \quad (19)$$

- Función objetivo:

$$Qmin.ext = \sum_i Qc(i) + \sum_j Qh(j) \quad (20)$$

donde: TE : Temperatura de entrada.

TS :	Temperatura de salida.
FC :	Producto del flujo másico por la capacidad calorífica.
Q :	Calor intercambiado entre las corrientes calientes y frías en cada etapa.
Qc :	Calor de servicio externo de enfriamiento.
Qh :	Calor de servicio externo de calentamiento.
TK :	Temperatura límite de la etapa.
Z :	Variable binaria para intercambiadores.
Q :	Calor disponible o requerido por cada corriente del proceso.
ZCU :	Variable binaria para enfriadores.
ZHU :	Variable binaria para calentadores.
DT :	Fuerza impulsora en los límites de intervalos.
$DTMAX$:	Límite superior de la fuerza impulsora.
$DTHU$:	Fuerza impulsora de los calentadores.
$TSHU$:	Temperatura de salida del servicio de calentamiento.
$DTCU$:	Fuerza impulsora de los enfriadores.
$TSCU$:	Temperatura de salida del servicio de enfriamiento.
$Q_{min.ext}$:	Cantidad de calor mínima de servicio externo.

Este sistema se codifica en software GAMS[®] a fin de encontrar la estructura de intercambio calórico óptima minimizando el requerimiento de servicio externo de energía mediante la aplicación del Solver BARON.

2.3 Integración energética mediante empleo de bombas de calor

En la etapa de destilación del proceso, es posible plantear una alternativa de integración energética para el uso racional de la energía utilizando el calor cedido por los vapores durante la condensación final como foco de recuperación de calor. A tal fin puede recurrirse al empleo de una bomba de calor que tome calor a baja temperatura de los vapores de salida de la torre, para luego entregarlo en el rehervidor de la columna a mayor temperatura [21].

La bomba de calor es un dispositivo apto para recuperar la energía desechada de baja calidad que se pierde en el proceso sin aprovechamiento, permitiendo transferir calor de un medio de baja temperatura a otro de alta temperatura [21]. En la Figura 3 se presenta esquemáticamente este sistema.

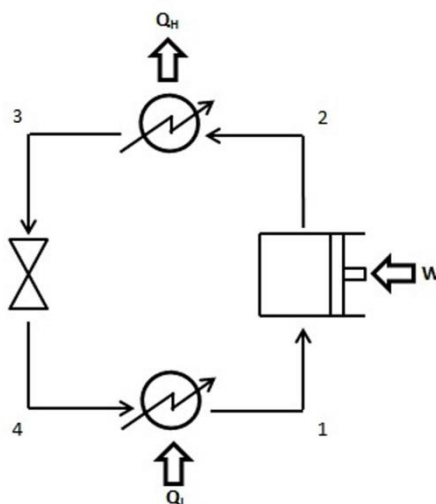


Figura 3. Esquema de una bomba de calor.
Fuente: elaboración propia.

Las ecuaciones de diseño de la bomba de calor se presentan mediante las siguientes Ecuaciones (21) a (23).

$$Q_L = m * \Delta H \quad (21)$$

$$Q_H = m * \Delta H \quad (22)$$

$$W = m * \Delta H \quad (23)$$

donde: Q_L : Calor que ingresa al evaporador de la bomba de calor.

Q_H : Calor que libera el condensador de la bomba de calor.

W : Potencia que requiere el compresor.

ΔH : Diferencia de entalpía.

m : Flujo másico del refrigerador.

3. Resultados y Discusión

En este trabajo se realiza una modificación del proceso de esterificación catalítica de AVUs desarrollado en un trabajo previo [20], reemplazando la torre de lavado que estaba ubicada a la salida del reactor (B4) por un decantador (B6) para separar el producto (Figura 1). En el decantador del nuevo modelo de simulación en Aspen Plus® es necesario enfriar la corriente de salida del reactor (AVUs-2) hasta la temperatura ambiente. En el modelo anterior, al utilizar una torre de lavado era necesaria una temperatura de 46°C con un costo de materia prima superior.

A partir del modelo del proceso se seleccionan las corrientes calientes (MET-CAT, AVUs, REHERVIDOR) y frías (AVUS-2, CONDENSADOR), a fin de analizar la factibilidad de diseñar una red de intercambio de calor que permita minimizar el requerimiento de servicios externos de enfriamiento/calentamiento. En la Tabla 1 se muestran los parámetros de dichas corrientes. Se considera un ΔT mínimo de 5°C.

Tabla 1. Parámetros de las corrientes calientes y frías del proceso de esterificación.

Corriente	TE (°C)	TS (°C)	Q (kJ/s)	FC (kJ/s-°C)
C1= MET-CAT	27,0	70,0	60,76	1,41
C2= AVUS	25,0	70,0	19,7	0,44
H1= AVUS-2	70,0	25,0	25,79	0,57
C3= REHERVIDOR	32,7	45,4	325,84	25,58
H2= CONDENSADOR	32,7	29,1	325,06	91,31

Fuente: elaboración propia.

Utilizando el software Aspen Energy Analyzer[®], se determinan las temperaturas de las corrientes de servicio. Para el servicio de enfriamiento se utiliza agua a temperaturas de entrada y de salida de 15°C, respectivamente, y para el servicio de calentamiento se utiliza vapor a temperaturas de entrada y salida de 124°C y 125°C, respectivamente.

El parámetro *DTMAX* corresponde a la mayor diferencia de temperatura posible entre cualquier par de corrientes caliente (*i*) y fría (*j*). Este valor es útil para activar y desactivar la restricción de diferencia de temperatura mínima cuando un intercambio de calor exista. El valor de *DTMAX* se puede calcular antes del proceso de optimización a través de la Ecuación (24).

$$DTMAX(i, j) = \max(0, TE(j) - TE(i), TE(j) - TS(i), TS(j) - TE(i), TS(j) - TS(i)) \quad (24)$$

donde: *TE*: Temperatura de entrada.

TS: Temperatura de salida.

i: Corrientes calientes (H).

j: Corrientes frías (C).

Resolviendo el modelo matemático formulado en el software GAMS[®] se obtiene:

$$Q_{min.ext} = 710,16 \text{ kJ/s}$$

El cual corresponde a una cantidad de servicio externo de enfriamiento de 327,28 kJ/s y de calentamiento de 382,88 kJ/s.

La cantidad de servicio externo total requerido en el proceso de esterificación de AVUs, obtenido a partir de la simulación del modelo del proceso (Figura 1), es de 757,17 kJ/s. Puede notarse que con esta alternativa tecnológica propuesta sólo se logra una reducción de servicio externo del 6,21%.

La Figura 4 presenta las posibles configuraciones de intercambio de calor entre las corrientes del proceso de esterificación de AVUs.

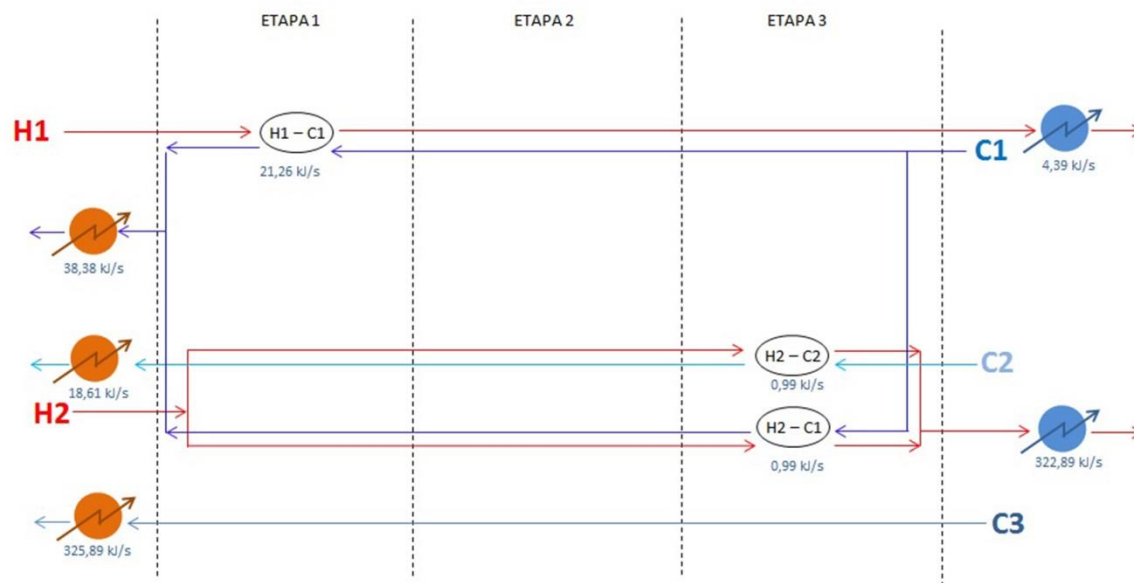


Figura 4. Posibles intercambios calóricos entre las corrientes del proceso de esterificación.
Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis de la Figura 4 se observa que el calor disponible en la corriente H2 (CONDENSADOR de la torre de destilación) no se aprovecha totalmente, y por otra parte, no se abastece el requerimiento de calor de la corriente C3 (REHERVIDOR de la torre de destilación). Esto se debe a que termodinámicamente no es factible el intercambio calórico entre estas corrientes.

Sobre la base de este resultado se analiza entonces la aplicación de una bomba de calor para tratar de utilizar la energía disponible. A tal fin, se selecciona el refrigerante R404a -una mezcla azeótropa de R-125 (44% en peso), R-143^a (4% en peso) y R-134a (52% en peso)- dado que es el más utilizado en la actualidad y se adecua bien al proceso con respecto a las temperaturas de trabajo.

A partir de la simulación del proceso realizada en Aspen Plus[®] se determina un valor 325,06 kJ/s para Q_L , que es el calor liberado en el CONDENSADOR de la torre de destilación, y se obtienen temperaturas para rehervidor y condensador de la torre de 45°C y 30°C respectivamente.

En la Figura 5 se presenta la gráfica Presión vs. Entalpía del refrigerante seleccionado [22], donde se determina el ciclo de la bomba. En la misma son definidas las temperaturas de trabajo de la bomba de calor como 20°C para el CONDENSADOR y 55°C para el REHERVIDOR atendiendo a Cengel y Boles [23] que recomiendan considerar en el diseño 10°C por encima de la temperatura del REHERVIDOR y 10°C por debajo de la temperatura del CONDENSADOR.

Se realiza el ciclo de la bomba como un ciclo ideal (Figura 5), el refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentrópicamente hasta la presión del condensador, la cual se corresponde con la temperatura de diseño (55°C). Luego el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido en el estado 3, como resultado de la liberación de calor (Q_H). El refrigerante líquido saturado del estado 3 se estrangula, al pasar por una válvula, hasta la presión del evaporador, la cual se corresponde con la temperatura de diseño (20°C). El refrigerante ingresa al

evaporador en el estado 4 como una mezcla saturada de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor (Q_L) del proceso. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, con lo cual completa el ciclo.

Los valores de entalpía por unidad de masa de acuerdo a la Figura 5 resultan: $H1 = 388 \text{ kJ/kg}$; $H2 = 405 \text{ kJ/kg}$; $H3 = 275 \text{ kJ/kg}$ y $H4 = 274 \text{ kJ/kg}$.

De las Ecuaciones (21) a (23) se obtienen:

$$m = \frac{Q_L}{\Delta H} = \frac{Q_L}{(H1-H4)} = 2,85 \text{ kg/s}$$

$$Q_H = m * (H2 - H3) = 370,68 \text{ kJ/s}$$

$$W = m * (H2 - H1) = 48,47 \text{ kW}$$

El calor por unidad de tiempo que requiere el REHERVIDOR obtenido a partir de la simulación del proceso es de $325,84 \text{ kJ/s}$, mientras que el producido por la bomba de calor resulta superior. En función de ello, se decide resolver nuevamente la integración energética mediante el modelo matemático en código GAMS® excluyendo las corrientes H2 y C3 involucradas en la bomba de calor. Como resultado se obtiene un valor para la función objetivo de $Q_{min.ext} = 61 \text{ kJ/s}$, correspondiendo a servicios externos de enfriamiento de $3,11 \text{ kJ/s}$ y de calentamiento de $57,89 \text{ kJ/s}$. En este caso mediante la aplicación de la bomba de calor se obtiene una reducción del servicio externo del 64,21%.

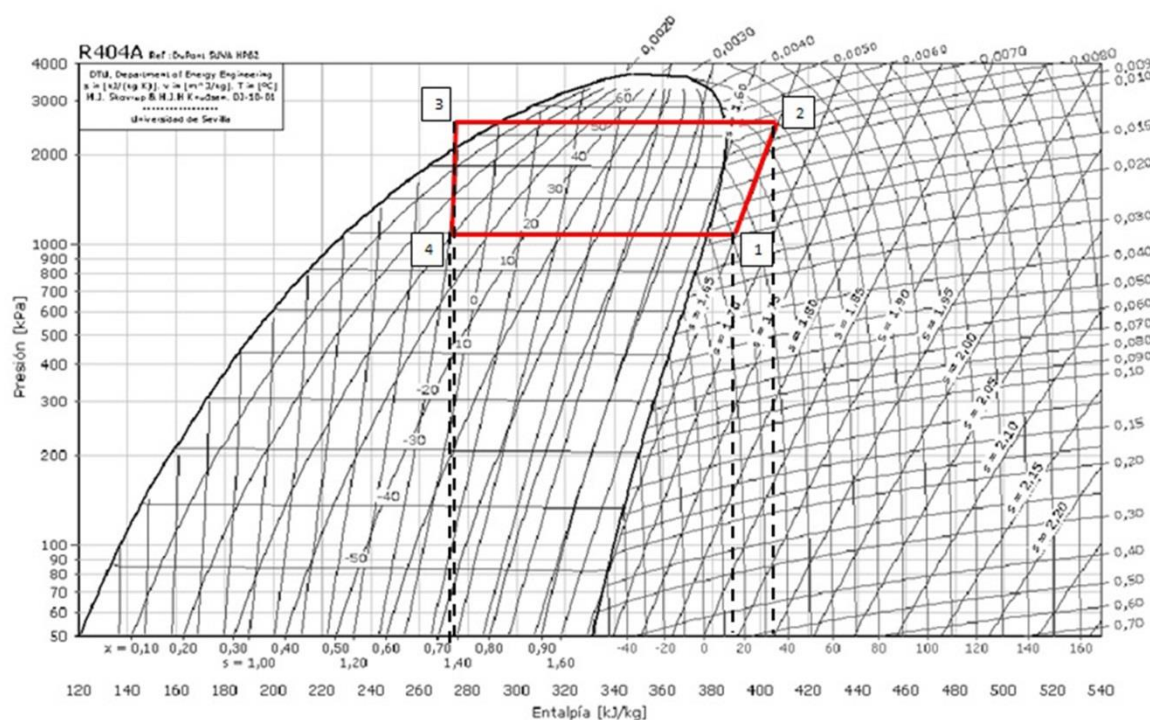


Figura 5. Ciclo de la bomba de calor diseñada para el proceso.
Fuente: elaboración propia sobre gráfica de Linnhoff and Flower (1982).

Esta reducción en el requerimiento energético del proceso es muy superior a la previamente determinada por Laborde et al. [20] mediante la implementación de la metodología de Punto de Pliegue. En aquel trabajo se había logrado una reducción servicio externo del proceso del orden de 91,94% por medio de la integración de redes de intercambio de calor considerando

únicamente las corrientes principales del proceso. Mientras tanto, cuando se incluyeron las corrientes de la columna de destilación en el cálculo de los servicios externos, el ahorro energético real resultó ser de sólo el 10,25%.

Comparativamente con los resultados alcanzados mediante la estrategia planteada en el presente trabajo, es evidente la conveniencia de este enfoque nuevo basado en el diseño de una superestructura, a través de la cual es posible hallar una solución óptima de integración energética del proceso mucho más provechosa.

Esto puede observarse en la Tabla 2 donde se muestra la cantidad de servicio externo que se requieren las tres alternativas tecnológicas analizadas: el proceso básico sin integración energética, el proceso con integración energética mediante redes de intercambio de calor, y el proceso con integración energética mediante redes de intercambio de calor y empleo de bomba de calor.

Tabla 2. Cantidad de calor necesaria de servicio externo.

Alternativa tecnológica	Q (kJ/s)
Proceso sin integración de calor	757,15
Proceso con integración de calor sin bomba de calor	711,9
Proceso con integración de calor y bomba de calor	61

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se estudió una modificación del proceso de esterificación catalítica de AVUs donde se reemplazó la torre de lavado posterior al reactor por un decantador para separar el producto. La integración energética del nuevo proceso de esterificación de AVUs se realizó aplicando una metodología basada en la generación de una superestructura, en la primera alternativa tecnológica propuesta sólo se logra una reducción de servicio externo del 6,21% debido a que la corriente del rehervidor de la torre no se intercambia con otras corrientes por impedimento termodinámico y el calor aprovechado de la corriente del condensador de la torre es solo un 0,6%. Por lo que, luego se incorpora la utilización de una bomba de calor entre las corrientes del condensador y del rehervidor de la torre de destilación (para su diseño se utiliza como refrigerante R404A) y se rediseña la red de intercambio calórico entre las corrientes del proceso. De esta manera se obtuvo un ahorro energético de servicios externos de un 64,21%. Posteriores trabajos debieran enfocarse a analizar los costos de inversión de utilización de la bomba de calor, operativos y de servicios externos para este esquema de funcionamiento, aunque desde el punto de vista del medioambiente esta alternativa es altamente satisfactoria.

5. Referencias

- [1] SANTANA, G.C.S., MARTINS, P.F., DE LIMA DA SILVA, N., BATISTELLA, C.B., MACIEL FILHO, R., WOLF MACIEL, M.R., *Simulation and cost estimate for biodiesel production using castor oil*. Chemical Engineering Research and Design, 2010. **88**(5–6): p. 626-632 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2009.09.015>.

- [2] CAPDEVILA, V., ORIFICI, L., GELY, M.C., PAGANO, A. *Biodiesel a partir de Aceites Vegetales Usados (AVUs)*. in *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP*. 2012. San Rafael, Mendoza, Argentina.
- [3] ZHANG, Y., DUBÉ, M.A., MCLEAN, D.D., KATES, M., *Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment*. Bioresource Technology, 2003. **89**(1): p. 1-16 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00040-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00040-3).
- [4] BERRIOS, M., SILES, J., MARTÍN, M.A., MARTÍN, A., *A kinetic study of the esterification of free fatty acids (FFA) in sunflower oil*. Fuel, 2007. **86**(15): p. 2383-2388 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2007.02.002>.
- [5] BOUAID, A., VÁZQUEZ, R., MARTINEZ, M., ARACIL, J., *Effect of free fatty acids contents on biodiesel quality. Pilot plant studies*. Fuel, 2016. **174**: p. 54-62 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.01.018>.
- [6] TALEBIAN-KIAKALAEH, A., AMIN, N.A.S., MAZAHARI, H., *A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil*. Applied Energy, 2013. **104**(0): p. 683-710 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.061>.
- [7] GARRIDO, S.M., *Tecnología, territorio y sociedad. Producción de biodiesel a partir de aceites usados*. Revista de Ciencias Sociales, 2010: p. 75-86 DOI: <http://revistas.flacsoandes.edu.ec/iconos/article/view/422>.
- [8] ORGANISMO PROVINCIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. *Plan BIO. Biodiesel a partir de aceites vegetales usados*. 2016; DOI: <http://www.opds.gba.gov.ar/BIOSite/index.php/paginas/ver/programabio> / <http://www.opds.gba.gov.ar/planbio/biodiesel.html>.
- [9] LINNHOFF, B., FLOWER, J.R., *User guide on process integration for the efficient use of energy* 1982: Institution of Chemical Engineers Rugby, Warwickshire, UK.
- [10] LINNHOFF, B., HINDMARSH, E., *The pinch design method for heat exchanger networks*. Chemical Engineering Science, 1983. **38**(5): p. 745-763 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0009-2509\(83\)80185-7](http://dx.doi.org/10.1016/0009-2509(83)80185-7).
- [11] LABORDE, M.F., ORIFICI, L.I., PAGANO, A.M., GELY, M.C., *Redes de intercambio calórico en la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales usados*. Revista Cubana de Ingeniería, 2014. **5**(3): p. 69-78.
- [12] ASPENTECH, <http://www.aspentech.com>. 2015.
- [13] YEE, T.F., GROSSMANN, I.E., KRAVANJA, Z., *Simultaneous optimization models for heat integration—I. Area and energy targeting and modeling of multi-stream exchangers*. Computers & Chemical Engineering, 1990. **14**(10): p. 1151-1164 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0098-1354\(90\)85009-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0098-1354(90)85009-Y).
- [14] INCHAURREGUI-MÉNDEZ, J.A., VÁZQUEZ-ROMÁN, R., PONCE-ORTEGA, J.M., SAM MANNAN, M., *A Heat Exchanger Networks Synthesis Approach Based on Inherent Safety*. Journal of Chemical Engineering Research Updates, 2015. **2**: p. 22-29.
- [15] LIRA-BARRAGÁN, L.F., PONCE-ORTEGA, J.M., SERNA-GONZÁLEZ, M., EL-HALWAGI, M.M., *Optimal design of process energy systems integrating sustainable considerations*. Energy, 2014. **76**: p. 139-160 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.111>.

- [16] TOWNSEND, D.W., LINNHOFF, B., *Heat and Power Networks in Process Design. Part I: Criteria for Placement of Heat Engines and Heat Pumps in Process Networks*. AIChE Journal, 1983. **29**: p. 742-748.
- [17] KIM, S.Y., BAGAJEWICZ, M., *Global optimization of heat exchanger networks using a new generalized superstructure*. Chemical Engineering Science, 2016. **147**: p. 30-46 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2016.02.002>.
- [18] ISAFIADE, A.J., FRASER, D.M., *Interval-based MINLP superstructure synthesis of heat exchange networks*. Chemical Engineering Research and Design, 2008. **86**(3): p. 245-257 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2007.11.001>.
- [19] LUO, X., HUANG, X., EL-HALWAGI, M.M., PONCE-ORTEGA, J.M., CHEN, Y., *Simultaneous synthesis of utility system and heat exchanger network incorporating steam condensate and boiler feedwater*. Energy, 2016. **113**: p. 875-893 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.109>.
- [20] LABORDE, M.F., SERNA GONZALEZ, M., PAGANO, A.M., GELY, M.C. *Optimización Energética de la Esterificación de Aceites Vegetales Usados (AVUs)*. in *CLICAP 2015 (Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas)* 2015. San Rafael, Mendoza, Argentina
- [21] LÓPEZ, M.T., ROLDÁN, C.A.I., JANNA, F.C., *Uso de las bombas de calor de alta temperatura como alternativa para el uso racional de energía en la industria*. Producción + Limpia, 2006. **2**: p. 28-45.
- [22] CHUSCANO, R.M. *Coleccion Tablas Graficas Refrigeracion*. 2009; DOI: <https://es.scribd.com/doc/17272444/Coleccion-Tablas-Graficas-Refrigeracion>.
- [23] CENGEL, Y.A., BOLES, M.A., *Termodinamica*. Segunda Edición ed, ed. HILL, N.G. Vol. Tomo II. 1996.



III CADI
IX CAEDI
2016



MODELADO DEL EQUILIBRIO SÓLIDO-FLUIDO DE MEZCLAS BINARIAS EN QUE AMBOS COMPONENTES PRESENTAN POLIMORFISMO

Jorge A. Guapacha, Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI, CONICET).

Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, jguapacha@plapiqui.edu.ar

S. Belén Rodríguez-Reartes, PLAPIQUI/UNS/CONICET, brodriguez@plapiqui.edu.ar

Marcelo S. Zabaloy, PLAPIQUI/UNS/CONICET, mzabaloy@plapiqui.edu.ar

Resumen— La precipitación de ceras (alcanos normales pesados) puede afectar la extracción, fraccionamiento y transporte del gas y del petróleo. El modelado del comportamiento de fases de mezclas que contienen ceras puede facilitar la comprensión de la precipitación indeseada de las mismas, y también la toma de decisiones sobre cómo evitarla o morigerarla. Tal modelado es complejo por la amplitud de los rangos de condiciones de interés, y también porque los *n*-alcanos puros presentan transiciones sólido-sólido. Ello ocurre en el rango C_9 a C_{44} . Tal existencia de más de una estructura cristalina, para un dado compuesto puro, se denomina “polimorfismo”. En nuestros trabajos previos hemos atacado el modelado del comportamiento de fases de mezclas binarias [metano (C_1) + *n*-tetracosano (nC_{24}) y metano (C_1) + *n*-triacontano (nC_{30})] cuando solamente uno de los dos componentes presenta polimorfismo. Esta situación está asociada a una gran complejidad de los diagramas de fases, los cuales involucran tanto a fases sólidas como a fases fluidas. En el presente trabajo se desarrollan modelos y metodologías de cálculo aplicables a la situación en que ambos compuestos de la mezcla binaria presentan polimorfismo, lo cual es aún más complejo, por el hecho de que los equilibrios entre fases pueden involucrar una o más fases sólidas tomadas entre cuatro fases sólidas potenciales. El caso de estudio aquí considerado es el sistema binario $nC_{24} + nC_{30}$. Las predicciones sugieren que pueden presentarse puntos cuádruples con dos fases sólidas del mismo componente, o con dos fases sólidas de componentes diferentes. El modelo utilizado puede extenderse fácilmente a sistemas multicomponente conteniendo componentes polimórficos y no polimórficos.

Palabras clave — *polimorfismo dual, mezclas binarias, ecuaciones de estado, equilibrio sólido-fluido.*

1. Introducción

1.1 Aspectos generales

Actualmente la presencia de sólidos en el crudo de extracción en la industria del petróleo está teniendo un gran interés científico e industrial, porque la presencia de estos sólidos origina serios problemas en la explotación y el transporte de crudo, generando importantes pérdidas económicas en la producción de hidrocarburos [1–3]. La precipitación de sólidos en los fluidos del petróleo es con frecuencia estudiada a partir de mezclas binarias modelo formadas por un componente liviano, generalmente metano (C_1), y un componente pesado como un n -alcano de cadena larga, con un número superior a 20 carbonos. Estas mezclas binarias son comúnmente conocidas como mezclas asimétricas debido a las diferencias en el peso molecular de sus constituyentes. Desde el punto de vista del modelamiento, una de las principales características de estos sistemas es que la fase sólida se supone habitualmente formada por el componente pesado puro. Además se supone que tal componente tiene una única forma sólida o estructura cristalina [4–7]. Estos estudios están basados en modelos que describen el equilibrio entre una o más fases fluidas (líquida y vapor) y la fase sólida. Las fases fluidas son modeladas usando ecuaciones de estado (EoS) como aquellas tipo van der Waals, como por ejemplo las ecuaciones de Peng-Robinson (PR-EoS) [8] y la de Soave-Redlich-Kwong (SRK-EoS) [9]. Cuando no se supone que la o las fases sólidas sean puras, las mismas se pueden representar con un modelo de coeficiente de actividad como el UNIQUAC [5, 7, 10–13]. En este trabajo nosotros usamos una expresión para la fugacidad de sólidos puros descripta en las referencias [14, 15] donde la fugacidad del líquido hipotético subenfriado es usada como estado de referencia y cuya ventaja más importante es la continuidad del modelo con respecto a la presión y a la temperatura.

En las mezclas asimétricas, metano + componente pesado, no es común tener en cuenta la precipitación de varias formas cristalinas en el mismo componente (componente pesado), es decir, la posibilidad de *polimorfismo* no es considerada en los modelos usados para describir el comportamiento de fases en estos sistemas [6, 7, 16, 17]. Sin embargo, en n -alcanos pesados, muy comunes en fluidos de reservorio, el fenómeno de polimorfismo es observado en n -alcanos con número de carbono impar, entre C_9 a C_{43} , y con número de carbono par, desde C_{20} a C_{44} [18, 19]. El efecto del polimorfismo ha sido poco estudiado en sistemas asimétricos (metano + componente pesado) desde el punto de vista del equilibrio de fases y solo unos pocos trabajos publicados tratan este fenómeno [5, 16, 18], además de la transición sólido-sólido [20, 21], siendo el enfoque de modelado y parametrizado diferente al del presente trabajo. La presencia de diferentes formas sólidas tiene impacto sobre el comportamiento global de fases lo que exige una adecuada comprensión del fenómeno de polimorfismo, un adecuado modelo para representarlo, y algoritmos de cálculo apropiados. Como se dijo más arriba, en el estudio de las mezclas binarias modelo con frecuencia no se tiene en cuenta que ambos materiales pueden ser polimorfos. Según nuestro conocimiento, los datos experimentales para este tipo de mezclas de componentes polimorfos son escasos. Estas mezclas binarias son de interés porque sus interacciones intermoleculares son las mismas que aparecen en mezclas multicomponente de hidrocarburos en la industria del petróleo, generando deposición de sólidos y serios problemas en la explotación y transporte de crudo. Por estas razones, el estudio del comportamiento de fases de mezclas binarias, donde ambos componentes son alcanos pesados con la posibilidad de precipitar en varias formas sólidas, es relevante.

En este trabajo nosotros modelamos el comportamiento sólido-líquido-vapor de la mezcla binaria de n -alcanos, n -tetracosano (nC_{24}) + n -triacontano (nC_{30}), donde ambos componentes pueden solidificar en varias estructuras cristalinas. El propósito es visualizar los posibles comportamientos que un modelo debidamente ajustado podría predecir. El modelo para estimar el comportamiento de las fases sólidas ha sido previamente validado en mezclas binarias

metano (C₁) + componente pesado ajustando datos experimentales solido-liquido (SL), y por ello su uso ha sido extendido a la mezcla *n*-tetracosano (*n*C₂₄) + *n*-triacontano (*n*C₃₀). El estudio del comportamiento de fases utilizando un modelo requiere definir y validar algoritmos de cálculo de líneas trifásicas solido-fluido-fluido (SFF), como líneas solido-liquido-vapor (SLV); y curvas sólido-sólido-fluido (SSF), como la curva sólido-sólido-vapor (SSV) y la curva solido-sólido-liquido (SSL). También se requiere calcular puntos cuádruples sólido-sólido-liquido-vapor (SSLV). En general una dada fase sólida puede ser el solido α (S_α) o el solido β (S_β); de cualquiera de los dos componentes. Este trabajo se diferencia de los disponibles en la literatura para mezclas binarias, en la consideración de que ambos componentes, y no uno sólo de ellos, presentan dos formas polimórficas cada uno. Cabe aclarar que en este trabajo, para un dado componente, el sólido S_α es el que está presente en el punto triple estándar de tal componente.

1.2 Comportamiento experimental de componente puro para *n*-tetracosano (*n*C₂₄) y para *n*-triacontano (*n*C₃₀)

En el estudio del comportamiento de fases para la mezcla binaria, *n*C₂₄-*n*C₃₀, es útil analizar el comportamiento de fases de los componentes puros. Este análisis es el punto de partida en el estudio del complejo comportamiento de mezclas binarias con componentes polimórficos.

El comportamiento de fases de ambos componentes es cualitativamente similar como se observa en la Figura 1. El diagrama de fases del *n*C₃₀ puro es al golpe de vista igual al del *n*C₂₄ desplazado a la derecha. En ambos diagramas dos líneas bifásicas se originan a bajas presiones y convergen en un punto clave (punto triple), de donde surge una tercera línea bifásica que se extiende hacia altas presiones. Esta similitud hace innecesario discriminar entre los dos componentes en la siguiente descripción cualitativa.

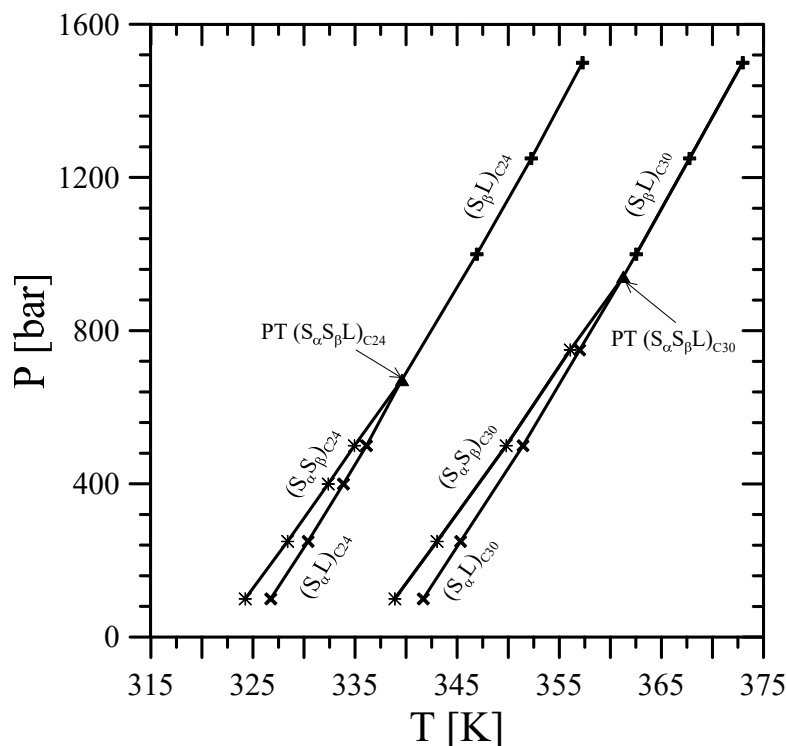


Figura 1. Datos experimentales solido α – solido β , $S_\alpha S_\beta$ (*), solido α – líquido (x), solido β – líquido (+) y punto triple solido α – solido β – líquido, $TP_{\alpha\beta L}$, (\blacktriangle) para *n*-tetracosano puro y *n*-triacontano puro

obtenidos por Machado y col. 2008 [18]. Las líneas continuas son las curvas de tendencia de los datos experimentales

En la Figura 1 se muestran los equilibrios bifásicos que involucran al menos una fase sólida para el nC_{24} puro y el nC_{30} puro. Los símbolos (*), (x) y (+) representan los datos experimentales de equilibrios bifásicos sólido α – sólido β ($S_\alpha S_\beta$), sólido α – líquido ($S_\alpha L$) y sólido β – líquido ($S_\beta L$) respectivamente. Las líneas continuas son curvas de tendencia que conectan los datos experimentales para facilitar la visualización. Los subíndices en los rótulos de estas líneas se refieren al nC_{24} y nC_{30} como compuestos puros. La curva bifásica $S_\alpha S_\beta$ se extiende desde baja presión hasta el punto triple sólido α – sólido β – líquido, $TP_{\alpha\beta L}$, donde las tres fases están en equilibrio. La curva $S_\alpha S_\beta$ representa la transición entre las dos fases sólidas, $S_\alpha \leftrightarrow S_\beta$, y representa las condiciones (presión-temperatura) donde ambas fases sólidas coexisten en equilibrio. La curva $S_\alpha L$ está localizada a la derecha de la curva $S_\alpha S_\beta$, y representa la curva de fusión donde el S_α está en equilibrio con el líquido y tiene como un punto terminal el punto triple $S_\alpha S_\beta L$. Las curvas $S_\alpha S_\beta$ y $S_\alpha L$ encierran la región de estabilidad de la fase S_α . La otra curva de fusión ($S_\beta L$) surge del punto triple $S_\alpha S_\beta L$ y se extiende hacia altas presiones, esta curva es $S_\beta L$, donde el S_β está en equilibrio con el líquido. La última curva ($S_\beta L$) separa dos regiones monofásicas, a la derecha se ubica la región de líquido (L) homogéneo, y a la izquierda la región del sólido β (S_β). La región de líquido homogéneo se extiende a la zona ubicada a la derecha de la otra curva de fusión ($S_\alpha L$), y la región del sólido S_β se extiende a la zona ubicada a la izquierda de la curva $S_\alpha S_\beta$ a presiones por debajo de la del punto triple $S_\alpha S_\beta L$. El equilibrio sólido-fluido a bajas presiones no tratado aquí se discutirá en la sección de Resultados y Discusión.

1.3 Modelo termodinámico para calcular la fugacidad de la fase sólida

En las referencias [14, 15] se utilizó una expresión general para evaluar la fugacidad de fases sólidas puras [$f^S(T, P)$], la cual se aplicó en esos trabajos al sistema metano + n -triacontano, C_1 - nC_{30} , donde el componente pesado precipita como sólido puro. En la mencionada expresión, la referencia es el líquido subenfriado hipotético, constituido por el correspondiente componente puro [fugacidad del líquido = $f^L(T, P)$]. Su fugacidad es calculada a través de la ecuación de estado de Peng Robinson (PR-EoS). La expresión es definida como sigue:

$$f^S(T, P) = f^L(T, P) \exp(U') \quad (1)$$

Cabe aclarar que el equilibrio entre fases se computa imponiendo que la fugacidad de un dado componente sea la misma en todas las fases.

La Eq (1) es deducida asumiendo la constancia de la diferencia de volumen molar entre el sólido y el líquido. La ecuación (1) se usa en el cómputo el equilibrio de fases en mezclas asimétricas donde la fase sólida considerada precipita como un componente puro. En este trabajo se extiende el uso de la ecuación (1) al caso de compuestos polimórficos presentes en mezclas binarias, permitiéndose que ambos componentes precipiten en dos formas cristalinas diferentes cada uno, las cuales son llamadas S_α y S_β .

El término U' es definido como:

$$U' = \frac{\Delta v^{SL}}{RT_{TP_{\alpha\beta L}}} \left[C_I \left(1 - \frac{T_{TP_{\alpha\beta L}}}{T} \right) + C_{II} \left(\frac{T_{TP_{\alpha\beta L}}}{T} - 1 + \ln \frac{T}{T_{TP_{\alpha\beta L}}} \right) + C_{III} \left(\frac{T}{2T_{TP_{\alpha\beta L}}} - 1 + \frac{T_{TP_{\alpha\beta L}}}{2T} \right) + \frac{T_{TP_{\alpha\beta L}}}{T} (P - P_{TP_{\alpha\beta L}}) \right] \quad (2)$$

donde:

$$C_I = \frac{\Delta H_{fus}}{\Delta v^{SL}} \quad C_{II} = \frac{AT_{TP_{\alpha\beta L}}}{\Delta v^{SL}} \quad C_{III} = \frac{BT_{TP_{\alpha\beta L}}^2}{\Delta v^{SL}} \quad (3)$$

En la Eq. (2) las constantes $T_{TP_{\alpha\beta L}}$ y $P_{TP_{\alpha\beta L}}$ son la temperatura y la presión de referencia respectivamente. Las mismas corresponden, para un dado compuesto puro, a uno de los puntos triples indicados en la figura 1. Este punto es el punto triple $S_\alpha S_\beta L$ ($TP_{\alpha\beta L}$). Los parámetros C_I , C_{II} y C_{III} caracterizan la curva de fusión de un dado componente, y el parámetro $\Delta v^{SL} = (v^S - v^L)$ es la diferencia entre el volumen molar de la fase sólida, S_α o S_β , y el del líquido en equilibrio con esta fase sólida en la curva de fusión que corresponda ($S_\alpha L$ ó $S_\beta L$). R es la constante universal de los gases. Los parámetros C_I , C_{II} , C_{III} y Δv^{SL} son únicos para cada forma sólida, y por ello, para un dado compuesto puro polimórfico, dos conjuntos de parámetros son requeridos: uno para el S_α y otro para el S_β . En la Eq (3), ΔH_{fus} es la entalpia de fusión, y A y B son parámetros que caracterizan la dependencia con respecto a la temperatura de la diferencia entre las capacidades caloríficas del sólido y del líquido, $\Delta C_p = C_p^L - C_p^S = A + BT$. Es importante mencionar que las Eqs (1) y (2) usan sólo un punto de la curva de saturación sólido-líquido como referencia, y este es el punto triple sólido-sólido-líquido, de coordenadas $T_{TP_{\alpha\beta L}}$ y $P_{TP_{\alpha\beta L}}$. En este enfoque se evita usar como referencia una curva completa de equilibrio sólido-fluido, como por ejemplo se hizo en la referencia [5]. La variable U' puede ser interpretada como un factor de corrección que afecta a $f^L(T, P)$. El valor de U' es cero cuando las fases líquida y sólida del compuesto puro se encuentran en equilibrio, como ocurre en una curva de fusión. Los componentes polimórficos pueden tener más de una curva de fusión, como es el caso de la figura 1.

En este trabajo la Eq. (1) es usada para sólidos puros coexistiendo con otra fases, las cuales pueden ser de un componente puro o binarias, excluyendo la posibilidad de soluciones sólidas, es decir, las fases sólidas se consideran formadas exclusivamente por componentes puros, inclusive en el caso de que precipiten varias fases sólidas.

1.4 Modelamiento del comportamiento de fases del *n*-tetracosano y *n*-triacontano puros

El modelo de fugacidad de las fase sólida requiere conocer los valores de los parámetros C_I , C_{II} , C_{III} , Δv^{SL} , $T_{TP_{\alpha\beta L}}$ y $P_{TP_{\alpha\beta L}}$ para todas las formas sólidas de cada componente. En este trabajo, cuatro conjuntos de parámetros de fase sólida son requeridos (S_α y S_β , para cada componente, nC_{24} y nC_{30}). Estos parámetros son calculados, en este trabajo, a partir de datos experimentales de los compuestos puros nC_{24} y nC_{30} , de interpolaciones o extrapolaciones de los mismos, y de datos experimentales de los sistemas binarios metano (C_1) + *n*-tetracosano (nC_{24}) y metano (C_1) + *n*-triacontano (nC_{30}). Los detalles de este proceso se describen en las referencias [14, 15], en las cuales se trabajó en el parametrizado de nC_{30} sólido. En el presente trabajo se aplicó el mismo procedimiento al caso de nC_{24} . Además se impuso $C_{III} = 0$. Este proceso requiere conocer los parámetros de interacción en estado fluido para las mezclas binarias (C_1) + (nC_{24}) y (C_1) + (nC_{30}), los cuales ya estaban disponibles en la ref [24] para la PR-EoS, y se informan en la tabla 3. Por otro lado, en la tabla 1 se informan los parámetros de los 4 sólidos de los compuestos puros. Estos parámetros reproducen satisfactoriamente las curvas de fusión y de transición sólido-sólido experimentales de los componentes puros nC_{24} and nC_{30} .

Tabla 1. Parámetros del modelo del sólido para cada componente en la mezcla binaria C_1 - nC_{24} and C_1 - nC_{30}

Tipo de sólido	<i>nC</i>₂₄		<i>nC</i>₃₀	
	<i>S</i>_α	<i>S</i>_β	<i>S</i>_α	<i>S</i>_β
Δv^{SL} (l/mol)	-4.70x10 ⁻²	-6.85x10 ⁻²	-8.01x10 ⁻²	-8.51x10 ⁻²
<i>C</i>_I (Bar)	-15823.20	-14844.51	-16770.86	-16484.04
<i>C</i>_{II} (Bar)	-59958.70	-41171.71	-54416.87	-48284.28
<i>T</i>_{TP_{αβL}} (K)	339.59		361.27	
<i>P</i>_{TP_{αβL}} (Bar)	671.8		941.1	

Tabla 2. Dato experimental de punto de burbuja de la mezcla ternaria C_1 - nC_{24} - nC_{30} [22]

<i>T</i> (K)	<i>P</i> (Bar)	<i>X</i>_{C1}	<i>X</i>_{C24}	<i>X</i>_{C30}
473.23	67.6	0.9	0.0611	0.0389

Tabla 3. Parámetros de interacción binarios de la PR-EoS. * Referencia [6]. ** Ajustados en este trabajo.

	<i>C</i> ₁ - <i>n</i> C ₂₄ *	<i>C</i> ₁ - <i>n</i> C ₃₀ *	<i>n</i> C ₂₄ - <i>n</i> C ₃₀ **
<i>k</i> _{<i>ij</i>}	0.0596	0.0611	-0.0132
<i>l</i> _{<i>ij</i>}	0.0132	0.0206	0

2. Modelamiento del equilibrio de fases para el sistema binario *n*C₂₄-*n*C₃₀

En cuanto al comportamiento de fases del sistema binario *n*-tetracosano (*n*C₂₄) + *n*-triacontano (*n*C₃₀), la ecuación de estado de Peng-Robinson (PR-EoS) es usada para calcular las fugacidades de los componentes en las fases fluidas.

Los parámetros de interacción *k*_{*ij*} (atractivo) y *l*_{*ij*} (repulsivo) para el sistema binario *n*C₂₄-*n*C₃₀ son ajustados a partir del punto de burbuja experimental que se informa en la tabla 2, para la mezcla ternaria *C*₁ + *n*C₂₄ + *n*C₃₀ [22], donde los parámetros de interacción entre los pares *C*₁ + *n*C₂₄ y *C*₁ + *n*C₃₀ fueron obtenidos a través del ajuste de datos experimentales de equilibrios entre fases fluidas en trabajos anteriores [6, 23], y se muestran en la tabla 3, junto con los parámetros de interacción del sistema *n*C₂₄-*n*C₃₀. Los valores de estos parámetros (*k*_{*ij*}=-0.0132 y *l*_{*ij*}=0) reflejan la simetría de los componentes de la mezcla *n*C₂₄-*n*C₃₀, sugiriendo que la suposición de valores nulos para *k*_{*ij*} y *l*_{*ij*} sería una muy buena aproximación, ya que tales valores nulos subestiman solamente en un 2.7 % la presión de burbuja experimental. Se recurrió a un dato ternario de equilibrio fluido-fluido por no haberse encontrado en la literatura datos de equilibrio fluido-fluido para el sistema binario *n*C₂₄-*n*C₃₀.

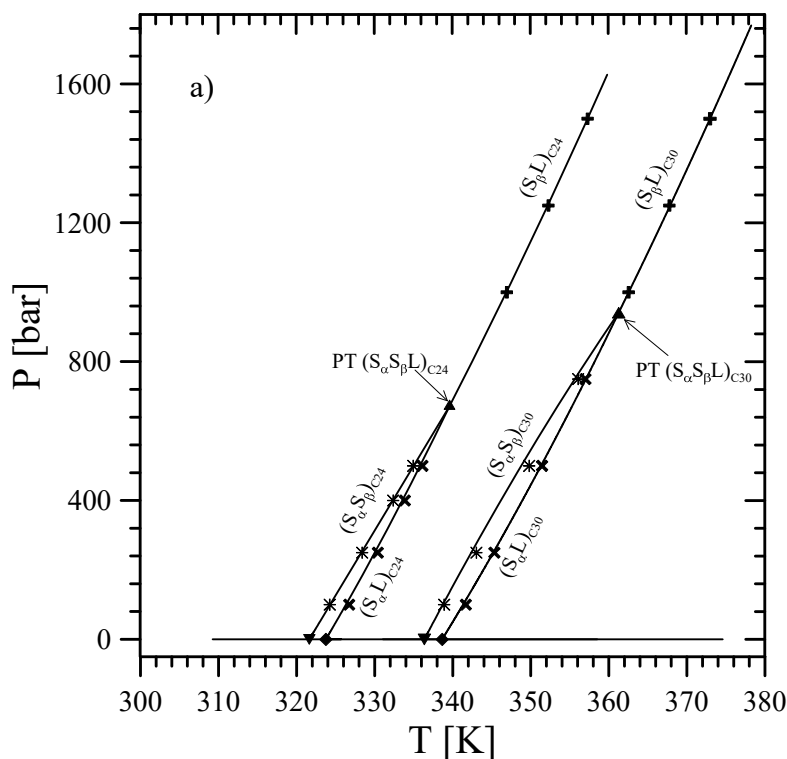
En sistemas binarios (*n*C₂₄-*n*C₃₀ en particular), la fugacidad de los sólidos de los componentes polimórficos es calculada a través de la Eq (1) y las fugacidades de los componentes en las fases fluidas utilizando la PR-EoS. El uso de la Eq (1) se debe a que se asume que una dada fase sólida, en cualquier condición de equilibrio (compuesto puro o sistema binario), está formada por una especie pura (con la posibilidad de precipitar en dos formas sólidas, *S*_α y *S*_β, para cualquiera de los componentes).

3. Resultados y Discusión

3.1 Compuestos puros

La Figura 2 muestra los resultados del cálculo del equilibrio entre fases de los componentes puros *n*C₂₄ y *n*C₃₀. Las líneas continuas son curvas bifásicas calculadas. Para efectuar los cálculos se implementaron métodos de continuación numérica para trazar estas curvas debido a su alta no linealidad [7, 24, 25]. Los componentes *n*C₂₄ y *n*C₃₀ tienen dos formas sólidas cada uno y por ello dos curvas de fusión cada uno, como se describió previamente.

La curva $S_{\beta}L$ describe las condiciones de equilibrio entre el sólido β y el líquido. Esta curva tiene como punto extremo el punto triple $S_{\alpha}S_{\beta}L$ y se dirige a altas presiones. La otra curva de fusión $S_{\alpha}L$ (baja presión) corresponde al equilibrio entre el sólido α y el líquido entre los puntos triples $S_{\alpha}LV$ (estándar) y $S_{\alpha}S_{\beta}L$. La curva de transición sólido-sólido se desarrolla entre los puntos triples $S_{\alpha}S_{\beta}V$ y $S_{\alpha}S_{\beta}L$, esta curva describe las condiciones PT donde ambas fases sólidas (S_{α} y S_{β}) coexisten en equilibrio. Estas curvas calculadas se ajustan muy bien al comportamiento experimental como se observa en la Figura 2a. Las curvas de sublimación calculadas, donde la fase sólida (S_{α} o S_{β}) y el vapor están en equilibrio, se observan en detalle en la Figura 2b por la mejor resolución de la misma en la región de baja presión. La curva $S_{\beta}V$ se origina en el punto triple $S_{\alpha}S_{\beta}V$ y se dirige a bajas presiones, y la curva $S_{\alpha}V$ se encuentra entre los puntos triples $S_{\alpha}S_{\beta}V$ y el $S_{\alpha}LV$ (estándar). Finalmente la curva de vaporización (LV) se origina en este punto triple standard y se extiende hasta el punto crítico del componente puro (no mostrado).



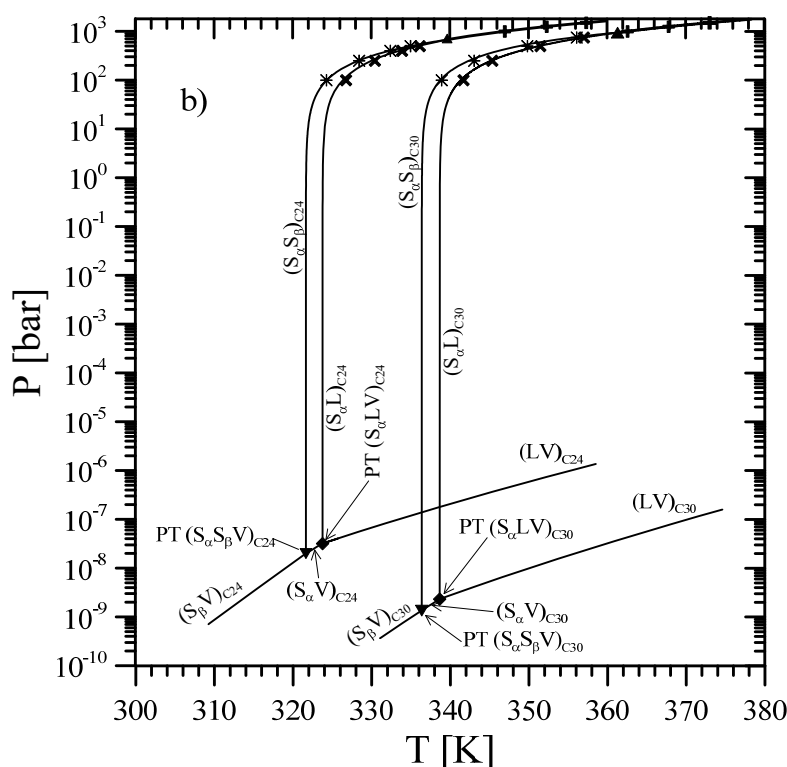


Figura 2. Comportamiento de fases en la proyección presión-temperatura. a) P vs T y b) $\log P$ vs T para el nC_{24} puro y el nC_{30} puro. Las líneas sólidas son curvas bifásicas calculadas. Puntos triples: $S_\alpha S_\beta V$ (\blacktriangledown), $S_\alpha LV$ (\blacklozenge) y $S_\alpha S_\beta L$ (\blacktriangle). Los símbolos \ast , \times y $+$ son datos experimentales $S_\alpha S_\beta$, $S_\alpha L$ y $S_\beta L$, respectivamente, reportados por Machado y col 2008 [26].

3.2 Sistema nC_{24} - nC_{30}

El comportamiento de fases de la mezcla nC_{24} - nC_{30} calculado con el modelo previamente descrito se muestra en la Figura 3.

Se muestran curvas (trifásicas binarias) donde tres fases coexisten en equilibrio. Se observan dos casos para tales curvas: [a] dos fases fluidas coexisten con una fase sólida pura, o bien, [b] una fase fluida coexiste con dos fases sólidas puras.

Además se muestran los puntos triples para cada componente puro (mencionados anteriormente) y tres puntos cuádruples computados para este sistema binario, los cuales son del tipo sólido-sólido-fluido-fluido (SSFF).

Los puntos triples y cuádruples son los puntos terminales de las curvas trifásicas.

La curva $(S_\alpha)_{C30}LV$, Figura 3a, tiene como puntos extremos el punto triple $(S_\alpha LV)_{C30}$ (\blacklozenge) y el punto cuádruple $(S_\alpha S_\beta)_{C30}LV$ (\square). En esta curva las fases sólido α del nC_{30} puro [$(S_\alpha)_{C30}$] y las fases fluidas líquido (L) y vapor (V) binarias coexisten en equilibrio.

Desde el punto $(S_\alpha S_\beta)_{C30}LV$ (\square) se originan 4 curvas trifásicas (binarias), entre ellas: [a] la curva $(S_\alpha)_{C30}LV$ ya mencionada, y [b], la curva $(S_\beta)_{C30}LV$ que tiene como punto extremo otro punto cuádruple, es decir, el punto $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}LV$ (\blacksquare), ver Figura 3b para mejor detalle.

En el punto triple $(S_\alpha LV)_{C24}$ (\blacklozenge) (Figura 3a, nC_{24} puro) se origina una curva $(S_\alpha)_{C24}LV$ (Fig 3b) que tiene como un punto extremo el punto cuádruple $(S_\alpha S_\beta)_{C24}LV$ (\square). De este último surge, entre otras, la curva $(S_\beta)_{C24}LV$ que se desarrolla hasta el punto cuádruple $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}LV$ (\blacksquare). Este es el único punto cuádruple detectado en que las dos fases sólidas no corresponden al mismo componente puro.

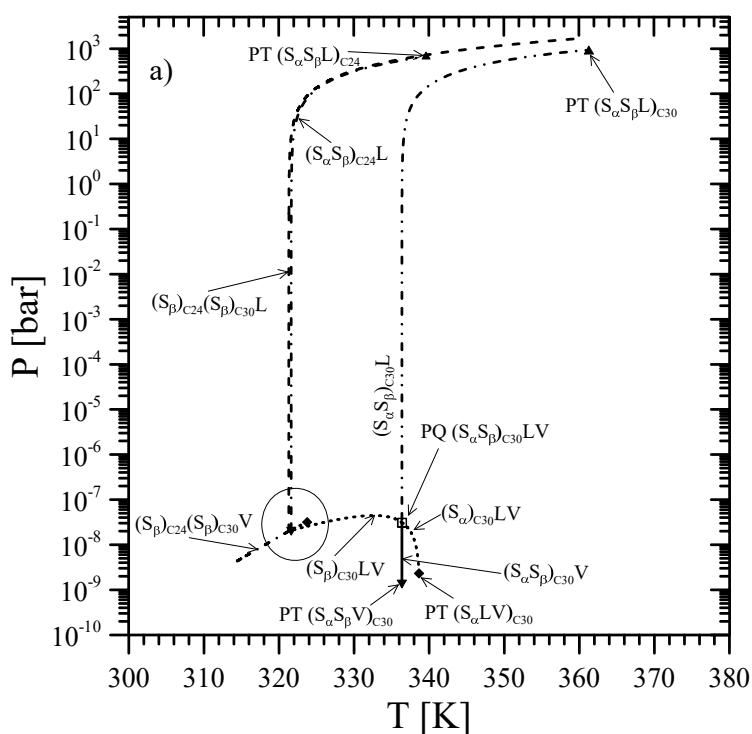
En el punto cuádruple $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}LV$ (■, Fig 3b) surgen también: una curva $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}V$ que se dirige hacia bajas presiones y la curva $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}L$ que se dirige hacia altas presiones (figs 3a y 3b).

Los puntos triples $S_\alpha S_\beta V$ (▼) y $S_\alpha S_\beta L$ (▲)(figs 3a y 3b) de un dado componente puro son puntos extremos de curvas trifásicas (binarias) en las que coexisten las dos fases sólidas S_α y S_β , hechas del componente puro, y una fase fluida binaria.

La curva $(S_\alpha S_\beta)_{C30}V$ (fig 3a) se origina, a baja presión, en el punto triple $(S_\alpha S_\beta V)_{C30}$ (▼) y termina en el punto cuádruple $(S_\alpha S_\beta)_{C30}LV$ (□). En el mismo se origina la curva $(S_\alpha S_\beta)_{C30}L$ la cual termina en el punto triple $(S_\alpha S_\beta L)_{C30}$ (▲) a alta presión. Ver Figura 3a.

La curva $(S_\alpha S_\beta)_{C24}V$ va (fig 3b) desde el punto triple $(S_\alpha S_\beta V)_{C24}$ al punto cuádruple $(S_\alpha S_\beta)_{C24}LV$ (□) y, para el modelo, la misma existe a muy bajas presiones. Desde el mencionado punto cuádruple surge también la curva $(S_\alpha S_\beta)_{C24}L$ (figs 3a y 3b), la cual termina en el punto triple de alta presión $(S_\alpha S_\beta L)_{C24}$ (▲, fig 3a)

Cabe enfatizar que en cada uno de los tres puntos cuádruples, $(S_\alpha S_\beta)_{C30}LV$ (□), $(S_\alpha S_\beta)_{C24}LV$ (□) y $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}LV$ (■), del sistema binario, convergen cuatro curvas trifásicas binarias con presencia, en cada una de ellas, de por lo menos una fase sólida.



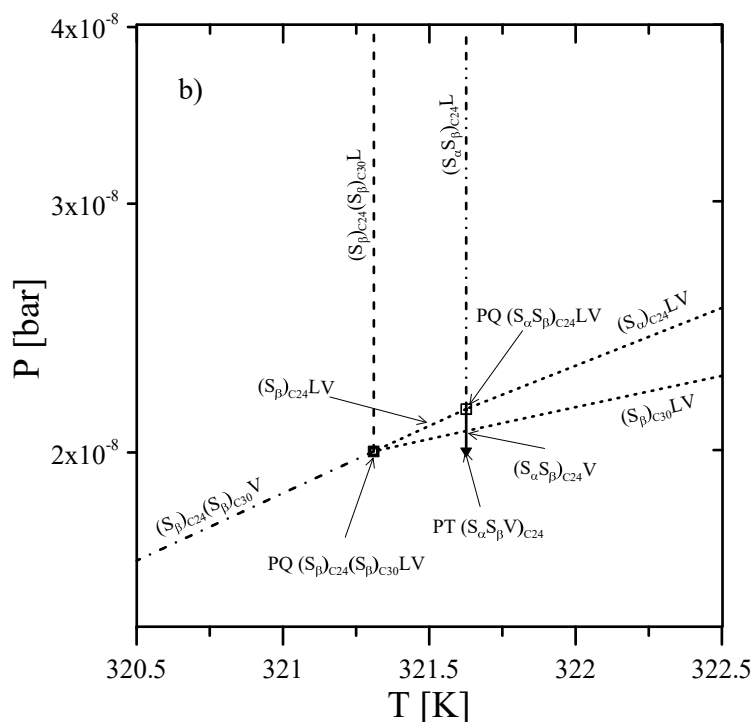


Figura 3. Curvas trifásicas calculadas para la mezcla nC_{24} - nC_{30} , mostradas en la proyección presión-temperatura. a) P-T y b) Log P-T en la región cercana al punto cuádruple $(S_{\beta})_{C24}(S_{\beta})_{C30}LV$. Todas las curvas se encuentran identificadas con su respectivo rotulo.

Puntos triples de los componentes puros: $S_{\alpha}S_{\beta}V$ (\blacktriangledown), $S_{\alpha}LV$ (\blacklozenge) y $S_{\alpha}S_{\beta}L$ (\blacktriangle), y puntos cuádruples de la mezcla $nC_{24} - nC_{30}$: $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C24}LV$ (\square) y $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C30}LV$ (\square), y $(S_{\beta})_{C24}(S_{\beta})_{C30}LV$ (\blacksquare).

En la Figura 4 se muestran simultáneamente las líneas y puntos clave computados con el modelo tanto para los compuestos puros nC_{24} y nC_{30} , como para el sistema binario nC_{24} - nC_{30} . Esta figura evidencia la consistencia tanto del modelo como de los algoritmos de cálculo.

Hay cuatro maneras diferentes de remover una fase de un punto cuádruple. Una vez removida una fase, las tres fases remanentes definen la naturaleza de una de las líneas trifásicas que emergen del punto cuádruple. Los resultados presentados también son consistentes en este punto.

Por otro lado, se observa que las líneas trifásicas sin fase vapor tienen una elevada pendiente en el plano PT: esto es lo esperado cuando las tres fases en equilibrio tienen un alto grado de incompresibilidad. Lo mismo sucede para las líneas de equilibrio sólido-sólido y líquido-sólido de los compuestos puros.

La figura 4 no incluye las curvas bifásicas $S_{\alpha}S_{\beta}$ de los componentes puros. La razón es que las mismas se superponen exactamente en el plano PT con las curvas binarias trifásicas $S_{\alpha}S_{\beta}F$. Ello se debe a que el modelo considera que las fases sólidas que se encuentran en equilibrio con fases fluidas binarias están formadas por especies puras.

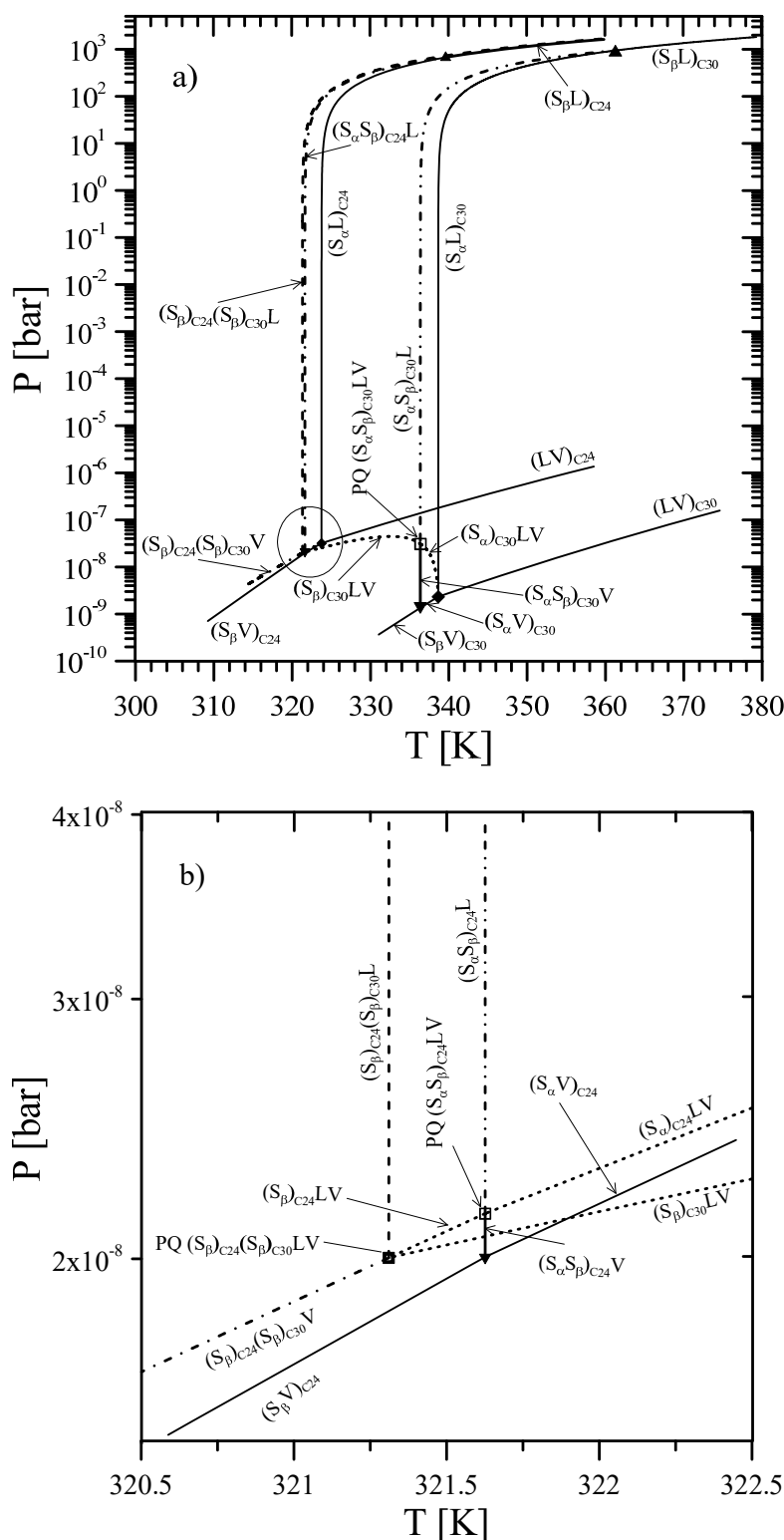


Figura 4. Comportamiento de fases calculado, para el sistema binario n -tetracosano + n -triacontano (nC_{24} - nC_{30}) y para los compuestos puros nC_{24} y nC_{30} , mostrado en la proyección presión-temperatura. a) $\log P$ vs T , b) Zoom de a) en la región cercana al punto cuádruple $(S_\beta)_{C24}(S_\beta)_{C30}LV$. Las líneas sólidas son curvas bifásicas calculadas para el nC_{24} y nC_{30} puros (excepto la curva $S_\alpha S_\beta$ para ambos componentes que no se muestra). La línea a trazos largos es

la curva trifásica $(S_{\beta})_{C24} (S_{\beta})_{C30}L$ y la curva línea-punto es la curva trifásica $(S_{\beta})_{C24} (S_{\beta})_{C30}V$. Las líneas a trazos cortos son las curvas trifásicas SLV (S es S_{α} o S_{β} para nC_{24} - nC_{30}). La curva punto-punto-línea-línea es la curva trifásica $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C24}L$ o $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C30}L$, y las líneas continuas gruesas son las curvas trifásicas $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C24}V$ o $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C30}V$. Los nuevos puntos claves son los puntos cuádruples $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C24}LV$ (\square) y $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C30}LV$ (\square); y $(S_{\beta})_{C24} (S_{\beta})_{C30}LV$ (\blacksquare) de la mezcla. Los demás puntos fueron anteriormente mencionados.

4. Conclusiones

En el presente trabajo se ha modelado, en amplios rangos de presión y temperatura, el comportamiento de fases (equilibrios con participación de fases sólidas y fluidas) de un sistema binario (nC_{24} - nC_{30}) en el que ambos componentes son polimorfos, es decir, cada uno de ellos puede presentar más de una estructura cristalina en estado sólido. Más específicamente, el modelo considera la posibilidad de que cada componente cristalice en dos formas sólidas, S_{α} y S_{β} .

El propósito fue visualizar los posibles comportamientos que un modelo debidamente ajustado podría predecir. El enfoque aplicado considera que las fases sólidas siempre están constituidas por un compuesto puro.

Las curvas bifásicas (componentes puros) calculadas, reproducen adecuadamente el comportamiento experimental observado tanto para el equilibrio solido-fluido como para el equilibrio sólido-sólido.

Se computaron líneas binarias de equilibrio trifásico. Las mismas brindan información clave para el cálculo de secciones (de las superficies de equilibrio entre fases) isotérmicas o isobáricas o de composición constante. Estas secciones son más familiares que las líneas trifásicas computadas en este trabajo.

Se calcularon curvas trifásicas del tipo sólido-fluido-fluido y sólido-sólido-fluido. Se detectaron cuatro curvas del primer tipo: $(S)_{C24}LV$ y $(S)_{C30}LV$, donde $S = S_{\alpha}$ o $S = S_{\beta}$. Se observaron casos en que ambas fases sólidas fueron del mismo componente como en las curvas $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C24}L$, $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C24}V$, $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C30}L$ y $(S_{\alpha}S_{\beta})_{C30}V$. En otro conjunto de curvas computadas las fases sólidas son de ambos componentes como en las curvas $(S_{\beta})_{C24}(S_{\beta})_{C30}L$ y $(S_{\beta})_{C24}(S_{\beta})_{C30}V$.

Los algoritmos de cálculo aplicados detectaron tres puntos cuádruples. El modelo predice para dos de ellos que las dos fases sólidas presentes corresponden al mismo compuesto puro. En cambio, en el tercer punto cuádruple predicho, cada una de las fases sólidas está constituida por un compuesto puro diferente, siendo ambas fases sólidas las que son estables para los compuestos puros a las temperaturas más bajas (fases tipo S_{β}).

En el futuro se estudiará si cambios impuestos sobre los valores de los parámetros del modelo, que no afecten el comportamiento cualitativo de los compuestos puros, implican la aparición de puntos cuádruples de otros tipos. Esto conducirá a una caracterización más completa de los modelos utilizados para representar el equilibrio entre fases sólidas y fluidas.

El modelo utilizado en este trabajo tiene una arquitectura matemática tal que la extensión del mismo al caso de precipitación de sólidos polimorfos en mezclas multicomponente es directa.

Al efecto de validar más ampliamente las predicciones obtenidas en este trabajo, se requeriría disponer de datos experimentales, en amplios rangos de condiciones, del comportamiento de fases de mezclas binarias [ej., (nC_{24} - nC_{30})] conteniendo compuestos polimorfos.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al CONICET, a la ANPCyT y a la Universidad Nacional del Sur por el apoyo económico provisto.

5. Referencias

1. Aiyejina A, Chakrabarti DP, Pilgrim A, Sastry MKS (2011) Wax formation in oil pipelines: A critical review. *Int J Multiph Flow* 37:671–694. doi: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2011.02.007
2. Huang Z, Zheng S, Fogler HS (2015) Wax Deposition. Experimental Characterizations, Theoretical Modeling, and Field Practices. Taylor & Francis Group, New York
3. Singh P., Venkatesan R. FHS (2000) Formation and Aging of Incipient Thin Film Wax-Oil Gels. *AIChE J* 46:1059.
4. Glaser M, Peters CJ, Van Der Koll HJ, Lichtenthaler RN (1985) Phase equilibria of (methane +n-hexadecane) and (p,Vm,T) of n-hexadecane. *J Chem Thermodyn* 17:803–815.
5. Deiters UK, Randzio SL (2007) A combined determination of phase diagrams of asymmetric binary mixtures by equations of state and transiometry. *Fluid Phase Equilib* 260:87–97. doi: 10.1016/j.fluid.2006.09.004
6. Rodriguez-Reartes SB, Cismondi M, Zabaloy MS (2011) Modeling Approach for the High Pressure Solid–Fluid Equilibrium of Asymmetric Systems. *Ind Eng Chem Res* 50:3049–3059. doi: 10.1021/ie101620p
7. Rodriguez-Reartes SB, Cismondi M, Zabaloy MS (2011) Computation of solid-fluid-fluid equilibria for binary asymmetric mixtures in wide ranges of conditions. *J Supercrit Fluids* 57:9–24. doi: 10.1016/j.supflu.2011.02.004
8. Peng D-Y, Robinson DB (1976) A New Two-Constant Equation of State. *Ind Eng Chem Fundam* 15:59–64. doi: 10.1021/i160057a011
9. Soave G (1972) Equilibrium constants from a modified Redlich-Kwong equation of state. *Chem Eng Sci* 27:1197–1203. doi: 10.1016/0009-2509(72)80096-4
10. Prausnitz JM, Lichtenthaler RN, Azevedo EG De (1999) *Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria*, Third. Prentice Hall
11. Rodriguez-Reartes SB, Cismondi M, Zabaloy MS (2011) Modeling approach for the high pressure solid-fluid equilibrium of asymmetric systems. *Ind Eng Chem Res* 50:3049–3059. doi: 10.1021/ie101620p
12. Cézac P, Serin J-P, Mercadier J, Mouton G (2007) Modelling solubility of solid sulphur in natural gas. *Chem Eng J* 133:283–291. doi: 10.1016/j.cej.2007.02.014
13. Firoozabadi A (1999) *Thermodynamics of Hydrocarbon Reservoirs*, First. Mc Graw-Hill

14. Guapacha J, Rodriguez-Reartes SB, Zabaloy MS (2015) Modelado del Polimorfismo de Sólidos en Amplios Rangos de Presión. In: Congr. Latinoam. Ing. y Ciencias Apl. San Rafael, Mendoza, pp 731–737
15. Guapacha JA, Rodriguez-Reartes SB, Zabaloy MS (2015) Modelado Del Equilibrio Sólido-Fluido de Mezclas Binarias que presentan Polimorfismo. In: VIII Congr. Argentino Ing. Química CAIQ 2015. pp 1–17
16. Van Der Koll HJ, Flöter E, Loos TW d. (1995) High-pressure phase equilibria of $\{(1-x)CH_4+xCH_3(CH_2)_{18}CH_3\}$. J Chem Thermodyn 27:847–861. doi: 10.1006/jcht.1995.0089
17. Machado JJB, De Loos TW (2004) Liquid-vapour and solid-fluid equilibria for the system methane + triacontane at high temperature and high pressure. Fluid Phase Equilib 222-223:261–267. doi: 10.1016/j.fluid.2004.06.003
18. Machado JJB, De Loos TW, Ihmels EC, et al (2008) High pressure solid-solid and solid-liquid transition data for long chain alkanes. J Chem Thermodyn 40:1632–1637. doi: 10.1016/j.jct.2008.07.017
19. Broadhurst MG (1962) An Analysis of the Solid Phase Behavior of the Normal Paraffins. Phys Chem 66A, No.3,:241–249.
20. Ji H-Y, Tohidi B, Danesh A, Todd AC (2004) Wax phase equilibria: developing a thermodynamic model using a systematic approach. Fluid Phase Equilib 216:201–217. doi: 10.1016/j.fluid.2003.05.011
21. Coutinho JAP, Mirante F, Pauly J (2006) A new predictive UNIQUAC for modeling of wax formation in hydrocarbon fluids. Fluid Phase Equilib 247:8–17. doi: 10.1016/j.fluid.2006.06.002
22. Machado JJB, De Loos TW (2004) High pressure solid-fluid and vapour-liquid equilibria in model hyperbaric fluids: The system methane + tetracosane + triacontane. Fluid Phase Equilib 226:83–90. doi: 10.1016/j.fluid.2004.09.007
23. Rodriguez-Reartes SB (2010) Equilibrio Entre Fases Solidas Y Fluidas En Mezclas Asimetricas.
24. Cismonti M, Michelsen ML (2007) Global phase equilibrium calculations: Critical lines, critical end points and liquid–liquid–vapour equilibrium in binary mixtures. J Supercrit Fluids 39:287–295. doi: 10.1016/j.supflu.2006.03.011
25. Rodriguez-Reartes SB, Cismonti M, Franceschi E, et al (2009) High-pressure phase equilibria of systems carbon dioxide + n-eicosane and propane + n-eicosane. J Supercrit Fluids 50:193–202. doi: 10.1016/j.supflu.2009.06.017
26. Machado JJB, De Loos TW, Christian Ihmels E, et al (2008) High pressure solid–solid and solid–liquid transition data for long chain alkanes. J Chem Thermodyn 40:1632–1637. doi: 10.1016/j.jct.2008.07.017



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ENARSOL. RED DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN SOLAR INTERCONECTADA

Ing. M.Sc. Andres F. Moltoni, Lab. de Electrónica, IIR, INTA, moltoni.andres@inta.gob.ar

Ing. Nicolas Clemares, Lab. de Electrónica, IIR, INTA, clemares.nicolas@inta.gob.ar

Ing. Ezequiel Gorandi Lab. de Electrónica, IIR, INTA, Gorandi.ezequiel@inta.gob.ar

Lic Luciana A. Moltoni, Socioeconomia, IIR, INTA, moltoni.luciana@inta.gob.ar

Resumen— Los niveles de radiación solar global sobre la superficie terrestre constituyen información importante, ya sea para dimensionar sistemas de aprovechamiento energético de la radiación solar, para estimar el rendimiento de cosechas o como parámetro de interés biológico. También es de destacar su relevancia en el análisis meteorológico, ya que las variaciones en los niveles de energía solar pueden estar relacionadas con cambios climáticos. El propósito del presente trabajo es presentar el proyecto EnArSol, sus alcances y evaluar el funcionamiento preliminar de las primeras 12 estaciones de la red instaladas en el territorio nacional. El proyecto propone el desarrollo de un sistema de evaluación de la radiación solar, que sea sustentable en el tiempo, con posibilidades de transferencia al sector energético, que mejore y actualice la información sobre la distribución espacio-temporal de los niveles de radiación solar en todo el territorio argentino con vistas a su aprovechamiento. Para esto se integra equipos nacionales de adquisición de datos, y un centro de referencia de procesamiento de la información generada. El proyecto consta de una red automatizada de 30 estaciones de medición de radiación solar ubicadas en todo el territorio nacional, que mediante tecnologías de información y comunicación transmiten en forma remota esas mediciones a distintos servidores. En los ensayos realizados a las estaciones instaladas el sistema se comportó acorde a lo esperado.

Palabras clave— *Evaluación radiación solar, Energías Alternativas, Rede solar interconectada.*

1. Introducción

Sistema Nacional de Evaluación de Energía Solar

Los niveles de radiación solar global sobre la superficie terrestre constituyen información importante, ya sea para dimensionar sistemas de aprovechamiento energético de la radiación solar, para estimar el rendimiento de cosechas o como parámetro de interés biológico, ya que constituye en muchos sistemas el aporte energético principal, tal como ocurre con las plantas, las cuales son sensibles a la radiación fotosintéticamente activa (PAR), que puede ser estimada en base a la global. También es de destacar su relevancia en el análisis meteorológico, ya que

las variaciones en los niveles de energía solar pueden estar relacionadas con cambios climáticos. Progresivamente se van ampliando los campos en que dicha información puede aplicarse, debido al desarrollo tecnológico o a los avances en la investigación de la interacción de la radiación con seres vivos o con la atmósfera.

En un contexto de cambio climático, la necesidad de evaluar el recurso solar sigue siendo prioritaria. Aunque la radiación solar es medida en muchas estaciones meteorológicas automáticas, ya sea pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, al INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), a Universidades como la Universidad Tecnológica Nacional, o a innumerables usuarios particulares vinculados con la actividad agropecuaria, no existe un organismo que centralice la información, verifique la consistencia de los datos, y calibre regularmente los sensores. Más aún, no hay en la actualidad un plan nacional que vaya en ese sentido, aunque contar con datos de radiación solar sea cada vez más importante. Como muestra, basta decir que debido a los incentivos gubernamentales para diversificar la matriz de generación eléctrica en Argentina, plasmados en la ley 26.190/06, se han presentado a licitación durante el año 2009, 22,5 MW de potencia instalada de generación solar fotovoltaica, previéndose próximamente licitar unos 40 MW de potencia instalada para la generación solar térmica. Las empresas que participan en esas licitaciones deben recurrir a información histórica, arriesgándose a proyectar la inversión con datos cuya validez puede no ser la adecuada en un posible contexto de cambio climático; o confiar en modelos de estimación de la radiación solar, ya sea global o directa, que se han validado o ajustado con pocas estaciones en el país, y muchas veces con ninguna. De esta manera se relega la posibilidad de desarrollar fuentes alternativas de aprovechamiento energético y de ofertar al mercado laboral la generación de empleo que la realización de los proyectos energéticos acarrea, tanto en su etapa de construcción como en su operación y mantenimiento.

El proyecto EnArSol (*Sistema Nacional de Evaluación de Energía Solar*) propone el desarrollo de un sistema de evaluación de la radiación solar, que sea sustentable en el tiempo, con posibilidades de transferencia al sector energético, que mejore y actualice la información sobre la distribución espacio-temporal de los niveles de radiación solar en todo el territorio argentino con vistas a su aprovechamiento, integrado con equipos nacionales de adquisición de datos, y un centro de referencia de procesamiento de la información generada. Este proyecto pertenece a la cartera de proyectos del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) [1], que forma parte del plan nacional Argentina Innovadora 2020 [2] –elaborado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MINCYT)– el programa buscó, desde su origen, vincular a científicos, tecnólogos y empresarios con el objetivo de incorporar tecnología a la industria” [3]. La financiación fue otorgada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y fue adjudicado en el año 2010 a partir de la constitución del Consorcio conformado por el Instituto de Ingeniería Rural de INTA – el Grupo de Estudios de la Radiación Solar de la Universidad Nacional del Luján [4] y la empresa YPF.

Objetivos del proyecto EnArSol

El objetivo del proyecto EnArSol consiste en conocer la distribución espacio-temporal del recurso en el territorio nacional a fin de identificar sistemas de aprovechamiento energético y seleccionar, en el caso de generación de potencia, los potenciales sitios de instalación de plantas que permitan evaluar la factibilidad económica de los emprendimientos proyectados estimando la energía media que espera producirse a lo largo del año. Para ello montará una red de unas 30 estaciones de medición de radiación directa, global y difusa de buena calidad, dotada de un adquirente de datos, desarrollado por el laboratorio de electrónica de INTA, que sea capaz de

adquirir la información brindada por los sensores solarimétricos y transmitirlos con una frecuencia de muestreo suficiente como para ensayar algoritmos de estimación de la radiación solar en base a imágenes satelitales en zonas no cubiertas por la red de medición.

Además, se propone el desarrollo de un laboratorio de calibración de equipos destinados a medir la radiación solar que se encuentren instalados en la red proyectada y la creación de un laboratorio de procesamiento de imágenes satelitales que pondrá a punto algoritmos destinados a evaluar la radiación solar a nivel de la superficie terrestre en áreas extensas de Argentina. La información será procesada con el nivel de resolución espacial y temporal que el relevamiento de la variable solar requiera, con vistas a su aprovechamiento energético.

El propósito del presente trabajo es presentar el proyecto EnArSol, sus alcances y evaluar el funcionamiento preliminar de las primeras 12 estaciones de la red instaladas en el territorio nacional.

2. Materiales y Métodos

EnArSol tiene proyectada la instalación de una red automatizada de 30 estaciones de medición de radiación solar ubicadas en todo el territorio nacional. Los sitios sugeridos de instalación de los equipos se pueden apreciar en la Figura 1.



Figura 1. Localización sugerida para instalación de estaciones de medición de radiación solar.

Las estaciones constan de un seguidor solar, provisto de sensores solarimétricos, que realiza las mediciones de radiación y las transmite a un servidor central desde cada punto del territorio en que se hallen localizadas, conformándose de esta manera estaciones automatizadas.

El equipo está diseñado para estar a la intemperie es una unidad sellada y resistente. Se alimenta con 220 volt y cuenta además con un banco de batería. Lo que hace la estación básicamente es medir tres tipos de radiación solar. El seguidor solar registra la radiación solar directa, la difusa y la global. Con esos tres datos se arma el mapa de radiación.

El sistema funciona a partir del diseño y la elaboración de tres módulos electrónicos, uno de ellos encargado del acondicionamiento de la señal de los sensores, el equipo datalogger propiamente dicho, cuya función reside en el almacenamiento de datos y su transmisión por GPRS, y una unidad de potencia, que tiene destinada la alimentación del seguidor solar y sistemas periféricos, además del control de la carga de las baterías y administración del panel solar suplementario. (Figura 2)

La estación se comunica con el servidor ubicado en el Laboratorio de Agroelectrónica mediante la red de celulares utilizando GPRS y, a su vez, se encuentra prevista la utilización de otros medios de comunicación para las zonas de instalación que carezcan de cobertura celular. También hay que destacar que el protocolo de comunicación entre las estaciones y el servidor centralizado servidor fue también desarrollado en el laboratorio.

Luego en el servidor, la información recibida se valida y se almacena en una base de datos. El servidor también permite la presentación de los datos de manera gráfica, facilitando su posterior interpretación y análisis, en una aplicación web [5].

Esquema de conexión del Core de la Estación y sus Periféricos

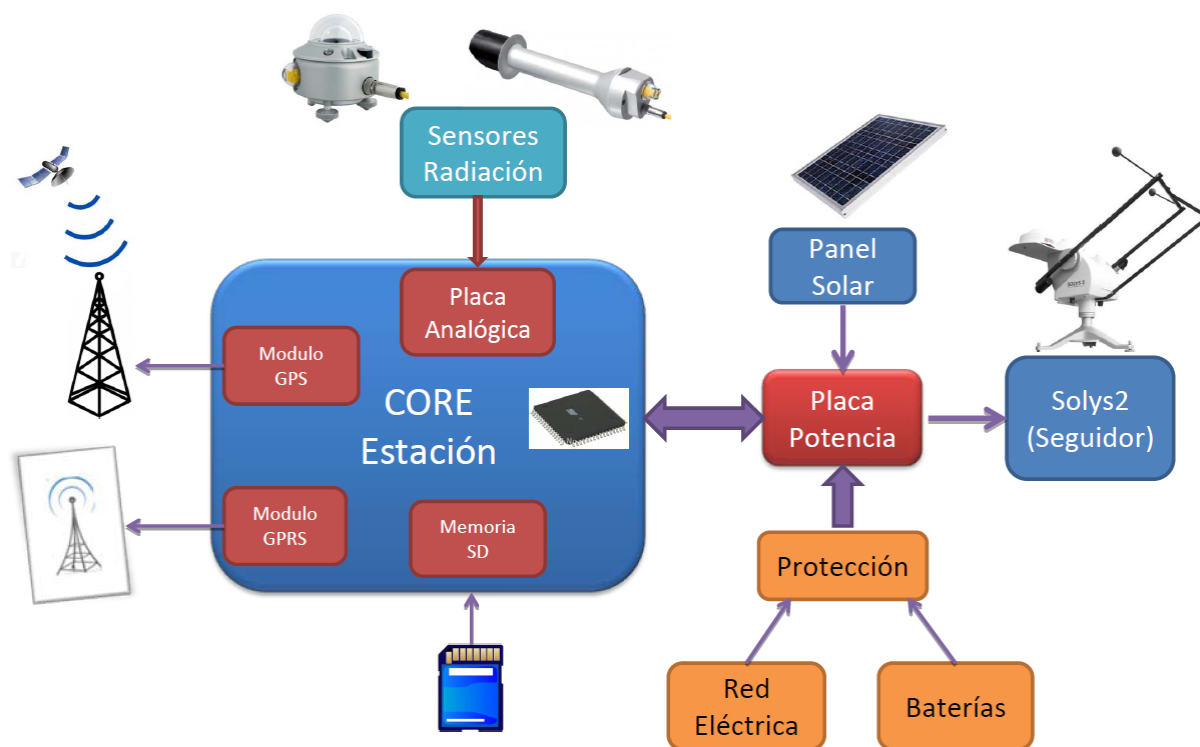


Figura 2. Esquema de conexión de la Estación y periféricos.

En la Figura 3 se observa una instalación completa de la estación con sus diferentes componentes.

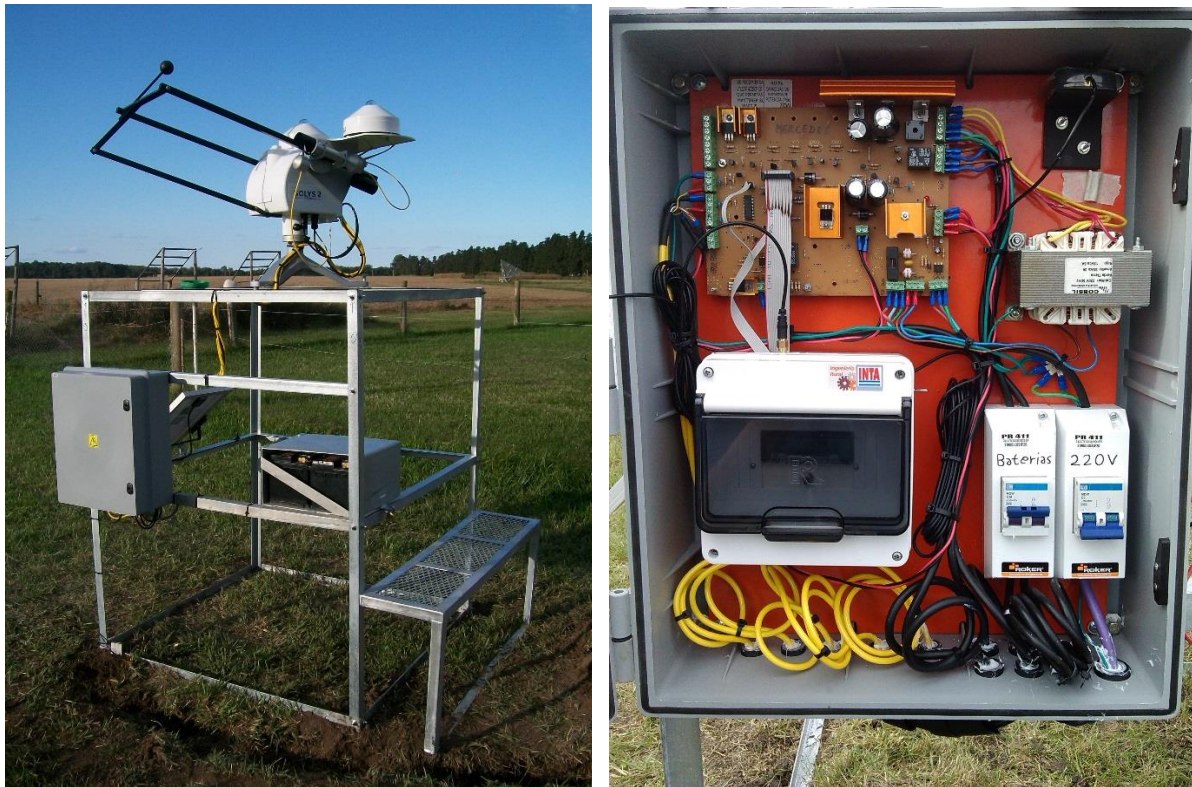


Figura 3. Estación y periféricos.

Hasta el momento se ha concretado la instalación de 12 estaciones de medición de radiación solar, en las regiones del Noreste Argentino, Patagonia y Pampeana. En la Figura 4 se puede apreciar un mapa de los sitios ya instalados por el proyecto: Ing Juarez (Formosa), Colonia Benítez (Chaco), Cerro Azul (Misiones), Manfredi (Cordoba), Concepción del Uruguay (Entre Ríos), Mercedes (Corrientes), Alto Valle (Rio Negro), Bariloche (Rio Negro), H. Ascasubi (Buenos Aires), Tres Arroyos (Buenos Aires), Lujan (Buenos Aires) y Castelar (Buenos Aires)



Figura 4. Sitios de instalación de estaciones.

3. Resultados y Discusión

Los equipos instalados se han comportado acorde a lo esperado. Han surgido dificultades en los distintos sitios de instalación asociadas a factores externos a las estaciones propiamente dichas, pero que fueron tomados en cuenta, ejemplo de esto es la provisión del suministro eléctrico. El quipo seguidor se alimenta del 220V y posee un consumo de aproximadamente 120W, en alguno de los sitios de instalación los valores de tensión de la red superaban los 220V y en algunos casos llegaron a registrar valores sostenidos de 270V. Esto llevo a la incorporación de un estabilizador de tensión que no había sido previsto incorporar en el esquema original de instalación. También hay que destacar que en algunas zonas la cobertura celular era deficiente y fue necesario incorporar antenas para GPRS con mayor ganancia e inclusive mástiles para elevar la altura de la antena.

En la Figura 5 se puede apreciar un gráfico generado por la página web del proyecto correspondiente a las lecturas realizadas por los instrumentos de una estación.

EEA Bariloche

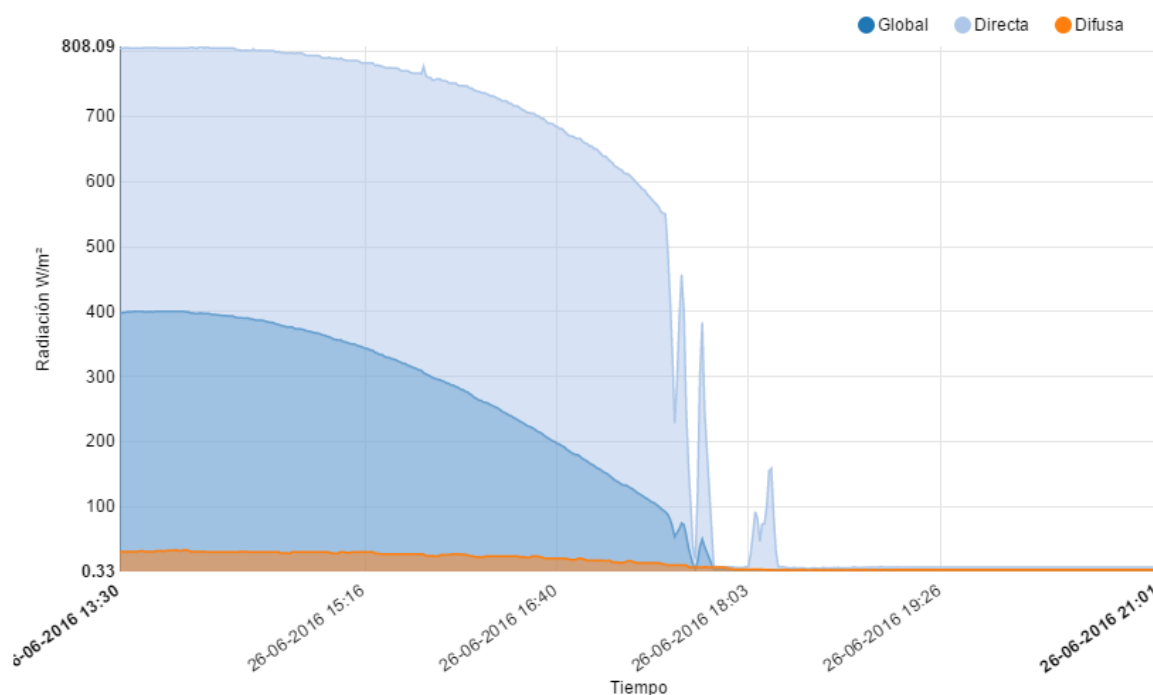


Figura 5. Gráfico de radicación global directa y difusa.

4. Conclusiones y recomendaciones

De la experiencia realizada por el equipo de diseño e instalación de los equipos surgen algunos puntos a tener en cuenta y que fueron mencionados anteriormente:

En primer lugar, la necesidad de incorporar estabilizadores eléctricos antes las diversas condiciones de suministro eléctrico presentes en los sitios de instalación, al igual que la incorporación de un mástil que permita la instalación de una antena de celular elevada y de mayor ganancia para las ubicaciones que posean deficiente cobertura celular. Por otro lado, es necesario prestar especial cuidado en la elección del lugar de instalación, cuidando

principalmente de no tener obstáculos elevados al este y al oeste. Por último, es muy importante nivelar apropiadamente los equipos debido a que la calidad de las mediciones y el seguimiento realizado por el seguidor solar dependen fuertemente de esto.

5. Referencias

- [1] Fondo Argentino Sectorial (s.f.): Recuperado el 2 de mayo de 2016, de <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/frontend/agencia/post/384>
- [2] Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT). (2012): Argentina innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, lineamientos estratégicos 2012-2015, Buenos Aires, Argentina. Ed. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
- [3] Massare, B. (2015): “FONARSEC: cuestión de fondo”. En Tecnología Sur Sur, Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <http://www.unsam.edu.ar/tss/fonarsec-cuestion-de-fondo/>
- [4] GerSolar grupo de Estudios de la Radiación Solar de la UNLu <http://www.gersol.unlu.edu.ar/>
- [5] Pagina del Laboratorio de Agroelectrónica del Instituto de Ingeniería Rural del INTA castelar. agroelectronica.inta.gob.ar

ORIENTACIÓN ÓPTIMA DE SUPERFICIES PLANAS PARA MAXIMIZAR LA CAPTACIÓN DE IRRADIACIÓN SOLAR EN LA CIUDAD DE SANTA FE

Emmanuel Sangoi, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC),
UNL-CONICET; Grupo de Control y Seguridad Eléctrica (CySE), UTN-FRSF,
esangoi@frsf.utn.edu.ar

Jorge R. Vega, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC),
UNL-CONICET; Grupo de Control y Seguridad Eléctrica (CySE), UTN-FRSF,
jrvega@frsf.utn.edu.ar

Resumen— En este trabajo se determina la orientación óptima que debe tener una superficie plana para lograr la máxima captación de energía solar en un período de tiempo determinado. A tal efecto, se considera un modelo matemático que describe la posición del sol a lo largo del año respecto de un punto definido sobre la tierra, permitiendo predecir la irradiancia solar que se obtendría sobre una superficie plana en función de su orientación. Se considera como caso de estudio a la ciudad de Santa Fe (Provincia de Santa Fe, Argentina), en base a mediciones de irradiancia global efectuadas cada 10 minutos durante 6 años consecutivos (2010-2015). Los cálculos basados en los datos colectados contemplan el efecto generado por la nubosidad variable a lo largo de los días. Los resultados permiten determinar valores óptimos de la inclinación y el azimut de la superficie plana, atendiendo al criterio de priorizar la captación energética durante: i) todo el año, ii) el invierno, y iii) el verano. Las conclusiones son útiles para los proyectos relacionados con aprovechamientos solares de orientación fija implementados en la ciudad, ya sea para aplicaciones térmicas (como calefones solares), o de generación eléctrica (como paneles fotovoltaicos), obteniéndose una herramienta de análisis general y aplicable a cualquier localización geográfica.

Palabras clave— *Orientación, Superficie de Captación, Optimización, Irradiación Solar*

1. Introducción

La energía solar es la más abundante, inagotable y limpia de todas las fuentes renovables conocidas hasta hoy. Se estima que la potencia que llega a la tierra ronda los $1,8 \times 10^{11}$ MW, valor muchas veces superior a las necesidades humanas actuales [1]. Es una de las fuentes de generación renovable que más desarrollo ha tenido en los últimos años, fundamentalmente por ser uno de los recursos más distribuidos en el mundo y también por los avances tecnológicos que permitieron un aprovechamiento con mayor eficiencia. Por dar un ejemplo, los costos de las instalaciones fotovoltaicas (FV) han disminuido notablemente en los últimos años y a nivel mundial aumentó la potencia instalada, tanto en parques solares como en instalaciones domésticas o residenciales. Tal es así que, entre 2010 y 2014, el costo nivelado medio para los sistemas FV residenciales cayó entre un 40% y un 66% [2]. En el campo de los aprovechamientos térmicos, la situación es incluso más favorable, en parte debido a los menores costos de inversión requeridos. En el mundo, la eficiencia energética es hoy un tema prioritario y estratégico para los líderes del sector energético [3], y en este área los sistemas de

aprovechamiento energético pasivos basados en el recurso solar tienen un importante potencial. En Argentina particularmente, Santa Fe se ha caracterizado por ser una de las provincias con más incentivos en relación a los aprovechamientos solares pasivos tanto térmicos como fotovoltaicos [4][5][6], siendo además la primera provincia argentina que incentiva económicamente a los usuarios residenciales en la instalación de sistemas fotovoltaicos y calefones solares. Los mapas solares de Argentina [7] muestran un importante potencial de la provincia en materia de radiación solar, lo cual sumado a las políticas de fomento mencionadas y a la readecuación tarifaria que transita actualmente el país, hacen esperar un crecimiento en la cantidad de usuarios con aprovechamientos pasivos de energía solar.

De toda la radiación solar que llega a la tierra, una parte llega a la superficie sin sufrir cambios en su trayectoria (radiación directa) y otra parte se refleja y/o refracta en las partículas de materia presentes en la atmosfera terrestre (radiación difusa). Existen métodos, en su mayoría empíricos, que permiten determinar la proporción entre una y otra [8]. Considerando a la radiación directa, la energía recibida por una superficie será mayor mientras menor sea el ángulo formado por la dirección de los rayos solares y la normal al plano; en otras palabras, la energía solar incidente es máxima cuando la superficie está de frente al sol. Para instalaciones fotovoltaicas grandes por ejemplo, en donde el balance económico termina siendo favorable, se recurre a mecanismos que permiten orientar automáticamente a los paneles, de modo tal que los mismos estén siempre de frente al sol. Los aprovechamientos solares de baja potencia tipo "pasivos" (ya sean térmicos o fotovoltaicos), son de orientación fija y en consecuencia la energía captada a lo largo del año o de cada estación es función de su orientación, la cual a su vez es definida por su inclinación respecto a la horizontal y por su azimut. Existirá entonces un valor de inclinación y de azimut para la superficie que maximizará la energía captada en un periodo de tiempo determinado.

En este tipo de aprovechamientos, donde la superficie de captación debe integrarse estéticamente con la arquitectura del edificio, o donde hay limitaciones de espacio, no sólo resultará importante conocer la orientación óptima de la superficie para el lugar geográfico correspondiente, sino también saber qué márgenes de variación se pueden considerar "tolerables" en función de las pérdidas ocasionadas por orientaciones distintas. También puede ser relevante considerar la época del año para priorizar la producción energética: por ejemplo, para calefacción de agua suele priorizarse mayores captaciones en invierno por ser la época en donde más se requiere agua caliente, mientras que los aprovechamientos eléctricos pueden requerir priorizar la captación a lo largo de todo el año (por cuestiones de balances económicos por ejemplo) o en verano (por alivio de carga en las redes eléctricas exigidas por altas temperaturas). En trabajos anteriores [9] se pre-determinó el mejor ángulo para la captación anual, pero sin considerar la proporción difusa en la irradiancia medida. El objetivo de este trabajo es ahondar en estas cuestiones, particularizando como caso de estudio a la ciudad de Santa Fe, provincia de Santa Fe, Argentina y empleando datos registrados en los últimos 6 años.

2. Metodología

2.1 Movimiento del sol y algoritmo para la corrección de datos medidos

Las ecuaciones mostradas en este inciso parten del desarrollo explicado en [10]. Para un punto cualquiera sobre la tierra, un día solar se define como el tiempo que transcurre entre dos pasos sucesivos del sol por el meridiano del punto considerado. Este tiempo se divide en 24 períodos iguales, de tal modo que el momento del día expresado en este sistema se conoce

como tiempo solar verdadero (TSV). Debido al movimiento terrestre con relación al sol, la duración de la hora solar dependerá del día del año y del meridiano del lugar. El tiempo medido según lo que indica el reloj, se conoce como la hora oficial (HO), y tiene la particularidad de que una hora “reloj” dura siempre el mismo tiempo. Un factor a tener en cuenta es que la HO puede ser la misma para todo un territorio, pero sin embargo no todos los puntos del territorio están situados en el mismo meridiano. Para considerar este hecho, la tierra se divide en 24 zonas, denominadas “husos horarios”, de tal forma que cada huso tiene la amplitud de 15° de longitud y el meridiano de referencia para cada zona es el medio del huso. Para esta división se toma de referencia al meridiano de Greenwich y cuando se pasa de un huso horario al siguiente, el reloj se adelanta o retrasa 1 hora. Puesto que la Tierra gira de Oeste a Este, al pasar de un huso horario a otro en dirección este hay que sumar una hora. Por el contrario, al pasar de Este a Oeste hay que restar una hora. Otro factor a considerar es que, por cuestiones de ahorro energético, en muchos países suele adelantarse 1 hora el reloj oficial en los meses de verano, de modo tal de aprovechar mejor las horas de luz. Como el tiempo se mide según la hora oficial y la posición del sol depende del tiempo solar verdadero, ambas horas se relacionan según la ecuación (1) [10].

$$TSV = HO - \varepsilon + ET + \frac{1}{15} \cdot (\lambda_m - \lambda) \quad (1)$$

Donde:

- HO es la hora oficial del país
- ε es la corrección horaria por cuestiones energéticas (variable entre invierno y verano)
- ET es la ecuación del tiempo
- λ_m es la longitud del huso horario donde está situado el punto P
- λ es la longitud del punto P

La ecuación del tiempo (ET) es un término de corrección por la variación de la velocidad de rotación de la tierra. Para un día determinado, el ET expresado en horas, se calcula con la ecuación (2), en donde z es el día del año, expresado de forma tal que para el primero de enero $z = 1$ y para el 31 de diciembre $z = 365$ [10].

$$ET = \frac{9,87 \sin\left(\frac{360}{364} \cdot (z - 81)\right) - 7,53 \cos\left(\frac{360}{364} \cdot (z - 81)\right) - 1,5 \sin\left(\frac{360}{364} \cdot (z - 81)\right)}{60} \quad (2)$$

La Figura 1 muestra la posición del sol respecto de un punto P de la tierra, representada mediante dos ángulos: el azimut solar (α_s) y la altitud solar (β_s). Estos ángulos tendrán un valor acorde a la posición del punto P, al día del año y a la hora del día correspondiente, y se calculan a través de las ecuaciones (3) y (4) [10].

$$\sin(\beta_s) = \sin(\Phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(h) \quad (3)$$

$$\cos(\alpha_s) = \frac{[\sin(\Phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(h) - \cos(\Phi) \cdot \sin(\delta)]}{\cos(\beta_s)} \quad (4)$$

Donde:

- Φ es la latitud del punto P
- δ es el valor de la declinación terrestre
- h es el ángulo horario correspondiente a ese momento

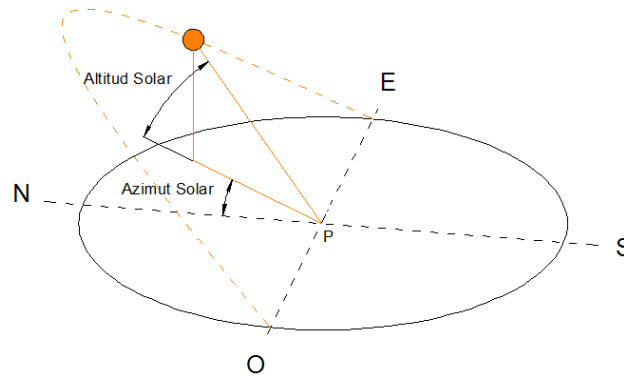


Figura 1: Posición del sol respecto a un punto P en coordenadas angulares
Fuente: Elaboración propia

El ángulo horario h es el TSV expresado en ángulos sexagesimales, y se determina con la ecuación (5). La declinación terrestre es el ángulo entre el plano del ecuador y la recta que une el sol con el centro de la tierra. La declinación varía a lo largo del año y puede calcularse, con un grado de aproximación aceptable, en grados sexagesimales, mediante la ecuación (6).

$$h = 15 \cdot (12 - TSV) \quad (5)$$

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \frac{284 + z}{365} \right] \quad (6)$$

La orientación terrestre de una superficie plana está dada por su inclinación β respecto del plano horizontal y por su azimut α respecto de la dirección Sur- Norte, tal como se indica en la Figura 2. Para este trabajo, se asume que el azimut de la superficie plana es positivo cuando se orienta al Oeste y negativo cuando se orienta hacia el Este.

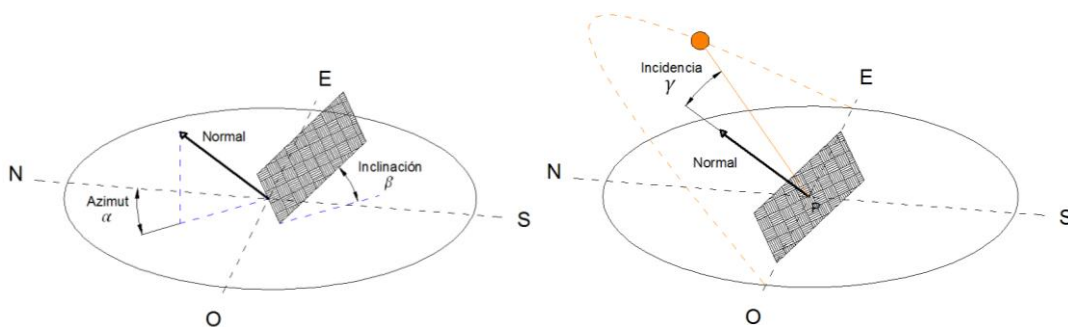


Figura 2: Ángulos que definen la orientación del plano (izq.) y ángulo de incidencia de los rayos solares sobre una superficie orientada (der.)
Fuente: Elaboración propia

Suponiendo ausencia de atmosfera, la irradiancia incidente sobre la superficie horizontal en un punto P de la tierra está dada por la ecuación (7), donde I_{ext} es la irradiancia extraterrestre que llega a la tierra desde el sol y γ es el ángulo que forma la dirección de los rayos solares con la normal a la superficie orientada.

$$I_h = I_{ext} \cdot \cos(\gamma) \quad (7)$$

El ángulo de incidencia γ está definido por la posición del sol a lo largo del día y del año, mientras que la orientación de la superficie queda expresada con los ángulos α y β . El ángulo de incidencia se puede hallar con la ecuación (8).

$$\begin{aligned} \cos(\gamma) = & \sin(\delta) \cdot \sin(\Phi) \cdot \cos(\beta) - \sin(\delta) \cdot \cos(\Phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\alpha) \\ & + \cos(\delta) \cdot \cos(\Phi) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(h) \\ & + \cos(\delta) \cdot \sin(\Phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(h) \\ & + \cos(\delta) \cdot \sin(\beta) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(h) \end{aligned} \quad (8)$$

La medición de la irradiancia solar directa en un punto P de la tierra suele hacerse sobre el plano horizontal. Para traducir o "corregir" estas mediciones de forma instantánea según la orientación fija de la superficie plana considerada, se propone un factor de corrección indicado en la ecuación (9).

$$I_{or} = I_h \cdot \frac{\cos(\gamma)}{\cos(\gamma_h)} \quad (9)$$

Donde:

- I_{or} es la irradiancia "corregida" según la orientación de la superficie
- I_h es la irradiancia medida sobre el plano horizontal
- γ_h es el ángulo que forman los rayos solares respecto a la normal sobre el punto P
- γ es el ángulo que forman los rayos solares respecto a la normal del plano orientado.

De las mediciones de irradiancia global, una parte corresponde a la radiación difusa y otra parte a la radiación directa. La proporción de cada una es variable según el mes y las condiciones climáticas de cada zona. Para determinar la proporción correspondiente a la radiación difusa (k_d), se consideró a la irradiación global media registrada sobre un plano horizontal G y a la irradiación extraterrestre en el plano horizontal G_{ext} . Con estos valores se determinaron los índices de claridad mensuales según la ecuación (10) y se definieron los factores k_d en función de criterios establecidos en [8]. La radiación directa es la que se modificará por cambios en la orientación del plano.

$$k_t = \frac{G}{G_{ext}} \quad (10)$$

Para un instante determinado, la orientación de la superficie que maximice la captación de energía solar será aquella que sea perpendicular a los rayos solares. Por otro lado, la energía solar captada por una superficie (irradiación) dependerá de las condiciones atmosféricas del lugar, de la insolación correspondiente a esa zona y de la nubosidad a lo largo del día. Para una superficie plana fija (sin seguidor solar), existirá una orientación óptima que maximice la energía captada por la superficie a lo largo de un período de tiempo determinado y que no sólo depende de cuestiones geométricas sino también de la ausencia o presencia de radiación directa influenciada por la nubosidad. Para hallar tal orientación, se consideraron los valores de irradiancia solar global medidos sobre un plano horizontal en la ciudad de Santa Fe ($31^{\circ}38'00''\text{S}$ - $60^{\circ}42'00''\text{O}$), que contemplan indirectamente los momentos de nubosidad para cada día y las características climáticas propias de la ciudad. Luego se corrigió la proporción correspondiente a la radiación directa para cada instante en función de distintas orientaciones posibles del plano.

Como en los aprovechamientos solares puede ser necesario maximizar la captación en distintos momentos del año, se consideraron como períodos de tiempo a i) todo el año, ii) invierno (meses comprendidos entre abril y septiembre) y iii) verano (meses comprendidos entre octubre y marzo). El trabajo considera las mediciones de irradiancia solar sobre el plano horizontal registrados cada 10 minutos durante los últimos 6 años (período 2010-2015). Los datos fueron provistos por el Centro de Información Meteorológica de la Facultad de Ciencia Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral. En todos los casos, se buscó maximizar la energía solar captada en el período de tiempo correspondiente. El trabajo se hizo mediante algoritmos iterativos implementados en Matlab, que contemplaron 52.560 datos disponibles para cada año y se evaluaron 225 posiciones posibles para el plano (definidas por la inclinación y el azimut).

3. Resultados y Discusión

3.1 Irradiación medida en la ciudad de Santa Fe

La Tabla 1 muestra los valores promedio de la irradiación global diaria registrados a lo largo de los últimos 6 años para la ciudad de Santa Fe. El promedio anual es de $4,85 \text{ kWh/m}^2$.

Tabla 1: Irradiación global media diaria para la ciudad de Santa Fe – Promedio 2010-2015

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Irradiación kWh/m^2	6,9	5,6	5,6	4,5	2,9	2,5	2,9	3,8	4,8	5,5	6,4	6,9

3.2 Curvas de irradiancia sobre el plano

La Figura 3 muestra que durante los meses de verano la altitud solar alcanza los valores más altos del año, por lo que los ángulos de incidencia serán menores para inclinaciones pequeñas de la superficie que para inclinaciones grandes. Lo contrario sucede en los meses de invierno, cuando la altitud solar es menor. Este efecto se observa en la Figura 4, en donde para un día de verano, se comparan las curvas de irradiancia percibida por un plano dispuesto horizontalmente con la irradiancia percibida por el mismo plano pero orientado con distintas

inclinaciones. Se observa que inclinaciones bajas de la superficie en verano hacen que la componente normal al plano de los rayos solares sea mayor, con lo cual se maximiza la absorción energética. Si para ese mismo día de verano la superficie plana se inclina más, la componente normal de los rayos solares sobre el plano será menor y por ende, la captación energética de la superficie es menor.

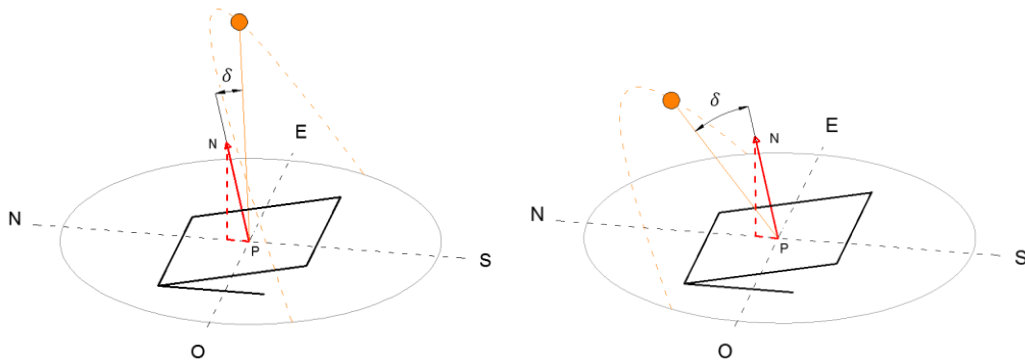


Figura 3: Ángulo de incidencia para un plano inclinado en verano (izq.) y en invierno (der.). En ambos casos el azimut del plano es nulo.

Fuente: Elaboración propia

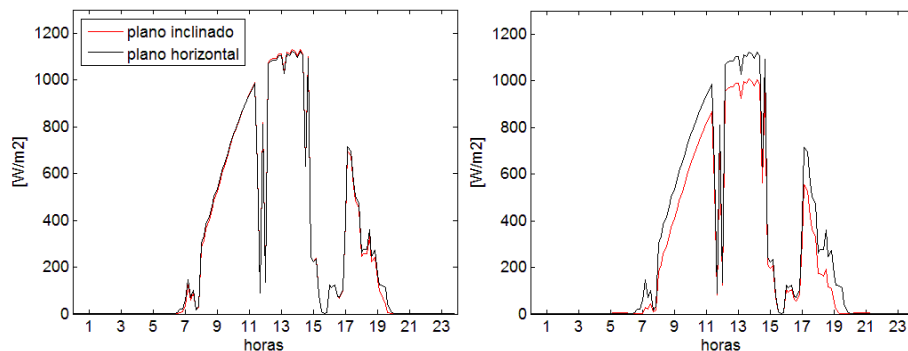


Figura 4: 7 de enero de 2014 - Irradiancias sobre un plano inclinado 10° (izq.) y sobre el mismo plano inclinado 45° (der.). En ambos casos el azimut es nulo.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 5 muestra el efecto de variar el azimut de la superficie. Si para una inclinación fija de 45°, la superficie se orienta 50° hacia el Este, se priorizará la captación energética durante las horas de la mañana, ya que la superficie está más tiempo de frente al sol antes del mediodía solar. Si, en cambio, la superficie se orienta 50° hacia el oeste, se prioriza la producción energética en horas de la tarde.

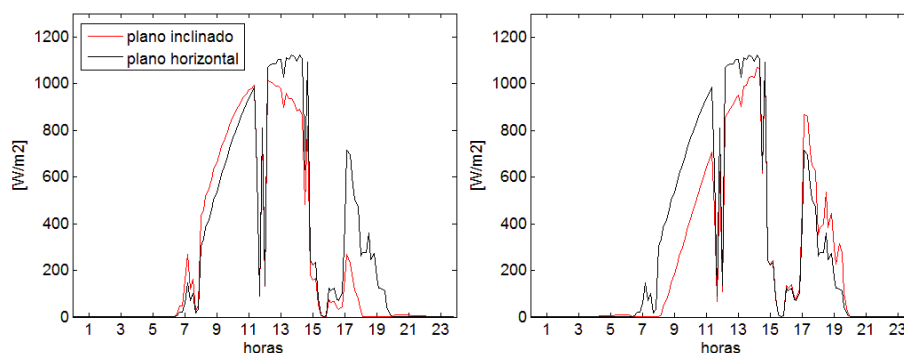


Figura 5: 7 de enero de 2014 - Irradiancias sobre un plano con azimut 50° E (izq.) y sobre el mismo plano inclinado con azimut 50° O (der.). En ambos casos la inclinación es de 45°.

Fuente: Elaboración propia

Para el montaje de paneles solares sobre fachada de edificios por ejemplo, la superficie captadora debe disponerse sobre superficies verticales, y a su vez, en muchos casos las mismas no están mirando estrictamente hacia el norte geográfico. En los meses de verano se dan las peores condiciones para este tipo de disposición, ya que los ángulos de incidencia son mayores debido a la altitud solar. Por el contrario, para los meses de invierno la situación mejora. En la Figura 6 se comparan las irradiancias incidentes durante un día de invierno sobre un plano vertical con distintos azimuts.

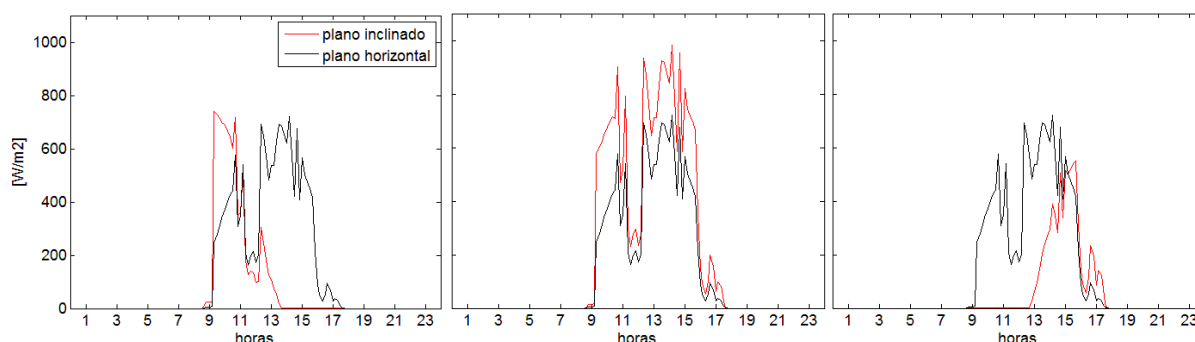


Figura 6: 6 de julio de 2012 – Irradiancia sobre un plano vertical orientado al Este (izq.), al Norte (centro) y al Oeste (der.).

Fuente: Elaboración propia

3.3 Orientación del plano para priorizar captación energética anual

La Figura 7 muestra la energía captada anualmente por un plano fijo en función de la orientación del mismo. La imagen de la derecha representa las curvas de nivel correspondientes y permiten apreciar la inclinación y azimut óptimo correspondientes a la cresta de la curva de la izquierda. La línea de trazos corresponde a la irradiación anual que percibiría el mismo plano pero dispuesto de forma horizontal. Todas las orientaciones comprendidas dentro de la curva de trazos generarían ganancias energéticas en el cómputo anual con respecto a si el plano estuviese dispuesto de forma horizontal.

Se observó que para maximizar la captación energética a lo largo del año, el plano debe estar inclinado 32° respecto de la horizontal y su azimut debe estar comprendido entre 0° y 5° hacia el Oeste. Considerando el promedio de los últimos 6 años, puede decirse que la orientación óptima de las superficies planas ubicadas en la ciudad debe ser 32° de inclinación y 5° hacia el Oeste. Con relación a la captación energética total, se encontró también que la inclinación de

la superficie es más influyente que el azimut del plano. Mayores detalles se muestran en la Tabla 2.

La Figura 8 representa las curvas de nivel de la superficie que define las pérdidas porcentuales obtenidas cuando la orientación es distinta de la óptima y sirve como herramienta para estimar pérdidas anuales producidas según la orientación que se le dé al plano. Así, por ejemplo, puede observarse que las orientaciones comprendidas entre la curva de nivel con marcador 2 y la curva con marcador 4 generarían pérdidas en la captación energética anual inferiores al 4% respecto de si la orientación de la superficie fuese la óptima.

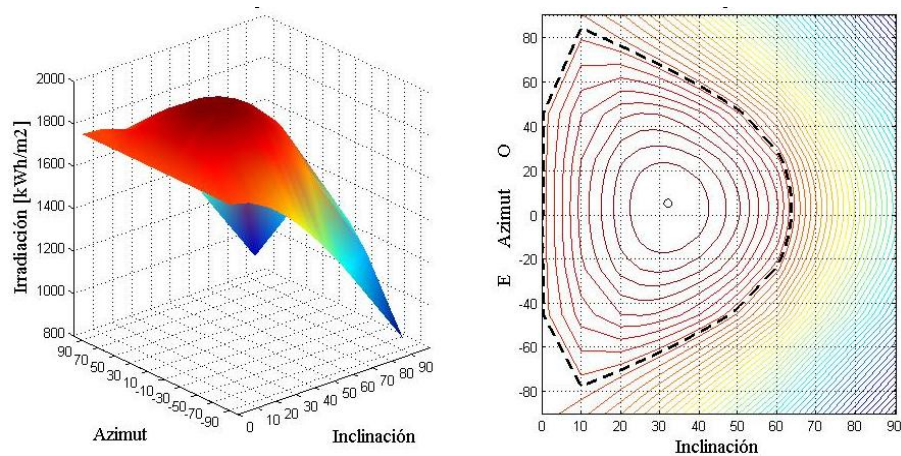


Figura 7: Irradiación anual sobre un plano fijo con distintas orientaciones - promedio de los resultados para el período 2010-2015

Fuente: Elaboración propia

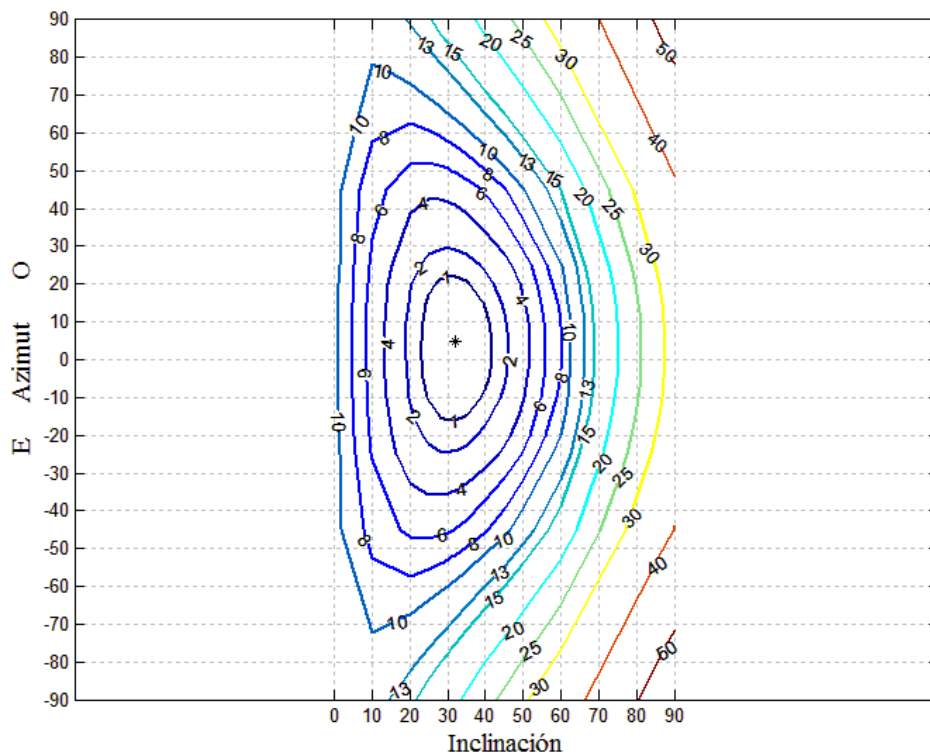


Figura 8: Pérdidas porcentuales anuales por orientaciones distintas de la óptima.

Fuente: Elaboración propia

3.4 Orientación del plano para priorizar captación energética en invierno

En la Figura 9 se muestran los mismos resultados que en el inciso anterior, pero para los meses de otoño-invierno en la ciudad de Santa Fe. La Figura 10 muestra las pérdidas porcentuales durante el invierno cuando la orientación es distinta de la óptima para esta estación.

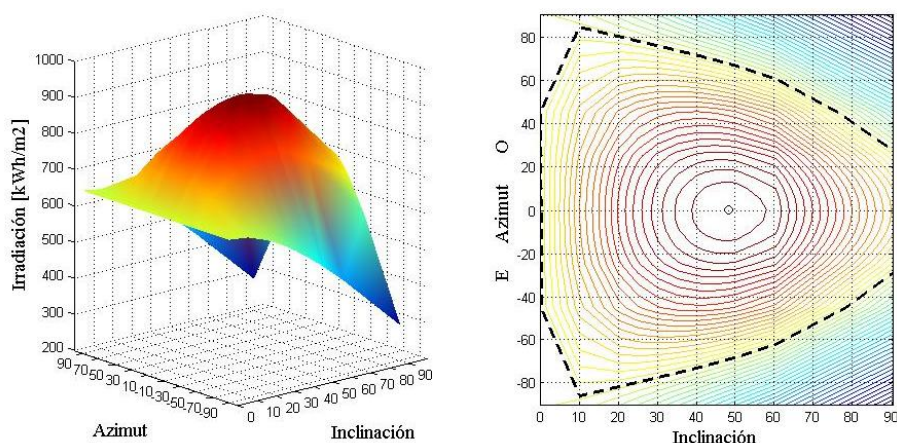


Figura 9: Irradiación en invierno sobre un plano fijo con distintas orientaciones - promedio de los resultados para el periodo 2010-2015
Fuente: Elaboración propia

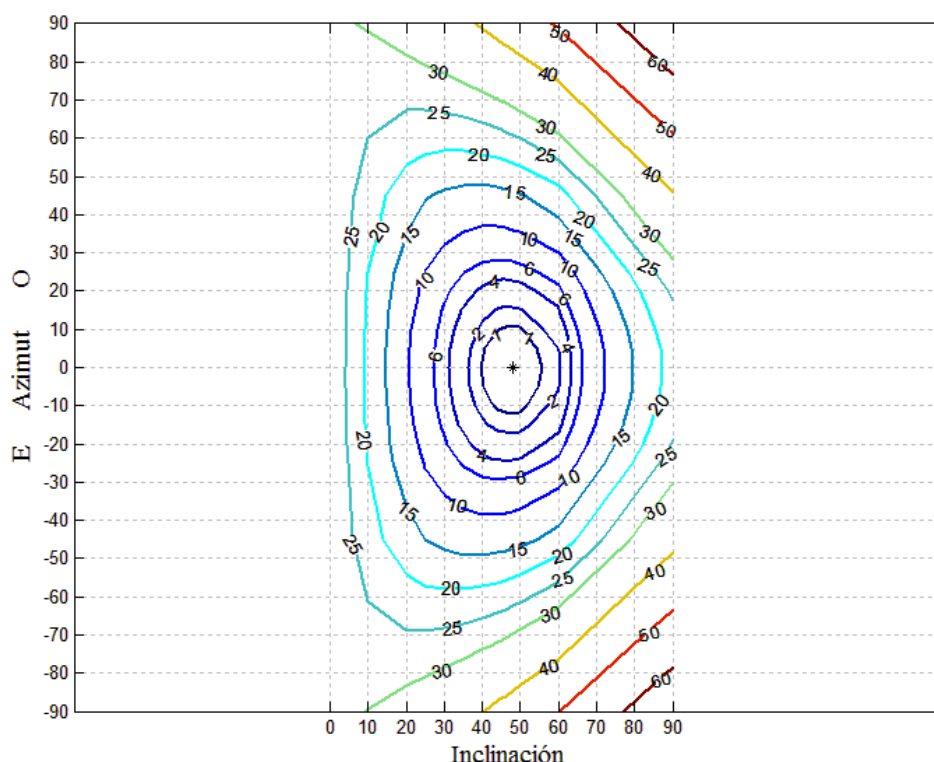


Figura 10: Pérdidas porcentuales en invierno por orientaciones distintas de la óptima.
Fuente: Elaboración propia

Se observó que para maximizar la captación energética a lo largo del invierno, el plano debe estar inclinado a 48° respecto de la horizontal y su azimut debe estar comprendido entre 0° y 5° E. En el promedio de los últimos 6 años, se concluye que la orientación óptima de las superficies planas ubicadas en la ciudad, durante el invierno, debe ser 48° de inclinación y

azimut 0° . Se observa también que la inclinación de la superficie sigue siendo más influyente en la captación energética que el azimut del plano, aunque para invierno, la relevancia del azimut es mayor que para el caso anual. Mayores detalles se muestran en la Tabla 2.

3.5 Orientación del plano para priorizar captación energética en verano

La Figura 11 muestra la energía captada por un plano fijo durante los meses de primavera-verano en la ciudad de Santa Fe para distintas orientaciones del mismo. La Figura 12 muestra las pérdidas porcentuales durante el verano cuando la orientación es distinta de la óptima para esta estación. El criterio de análisis para ambas figuras es el mismo que para las anteriores.

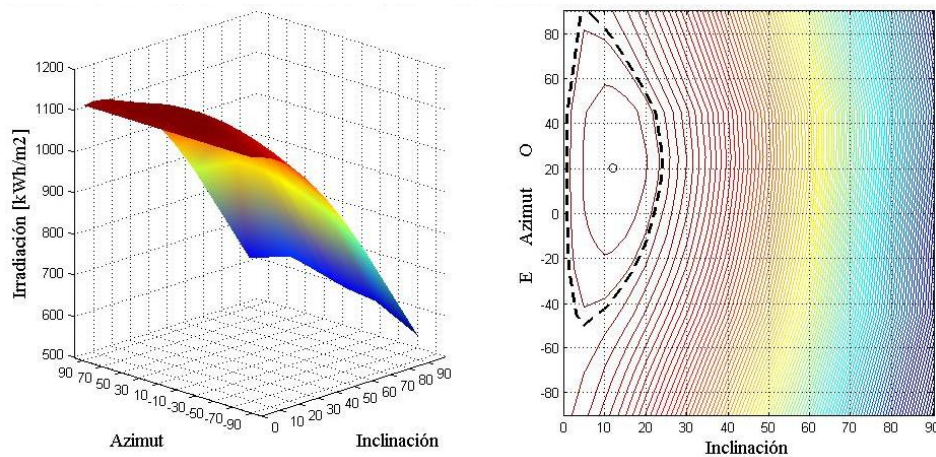


Figura 11: Irradiación en verano sobre un plano fijo con distintas orientaciones - promedio de los resultados para el periodo 2010-2015

Fuente: Elaboración propia

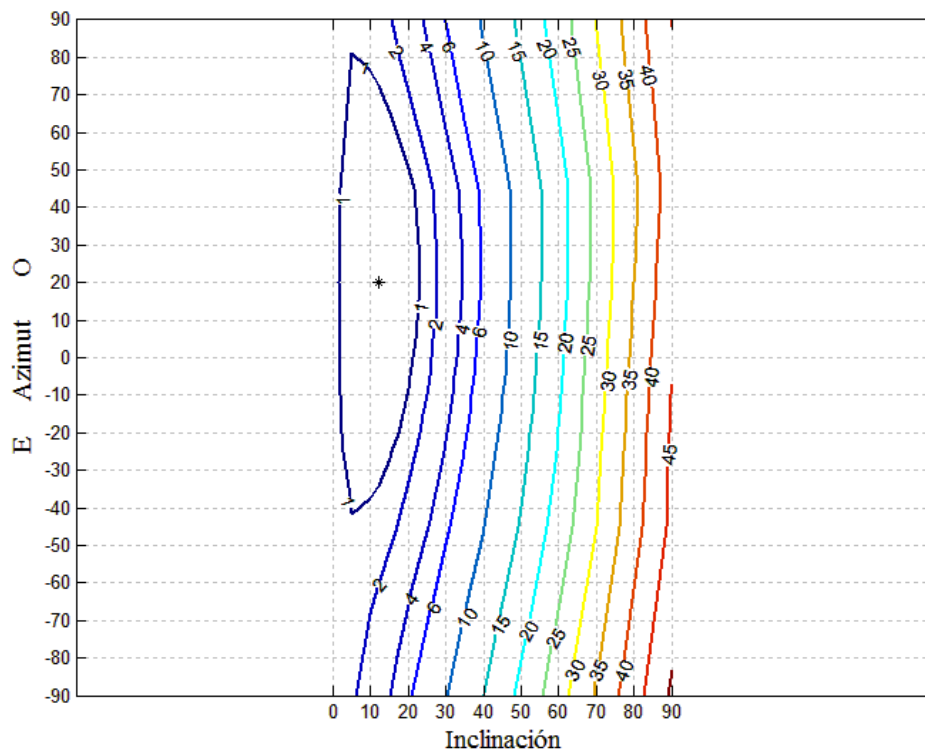


Figura 12: Pérdidas porcentuales en verano por orientaciones distintas de la óptima.

Fuente: Elaboración propia

Se observó que para maximizar la captación energética a lo largo del verano, el plano debe estar inclinado 12° respecto de la horizontal y su azimut debe estar comprendido entre 15° y 25° hacia el Oeste. Considerando el promedio de los 6 años, se llega a que la orientación óptima de las superficies planas ubicadas en la ciudad debe ser 12° de inclinación y 20° hacia el Oeste. Se observó también que la inclinación de la superficie sigue siendo más influyente en la captación energética que el azimut del plano, aunque para estos meses, la relevancia del azimut es mucho menor que para los casos anteriores. Mayores detalles se muestran en la Tabla 2.

3.6 Resumen de pérdidas y orientación óptima por estación

En la Tabla 2 se resumen las máximas pérdidas ocasionadas al orientar el plano con ángulos distintos de los óptimos hallados. Se observa que, considerando la posición óptima, las variaciones en $\pm 30^\circ$ del azimut de la superficie no son tan significativas como las variaciones en $\pm 30^\circ$ de la inclinación. Las variaciones en el azimut del plano son más influyentes durante el invierno que durante el verano. Variaciones en $\pm 90^\circ$ del azimut pueden resultar significativas en cuanto al aprovechamiento energético durante invierno y en el año entero, pero muy poco en verano. En líneas generales, puede decirse que la relevancia en el azimut del plano es mayor mientras mayor sea la inclinación del mismo; en aprovechamientos de baja potencia, variaciones entre $\pm 90^\circ$ del azimut son prácticamente despreciable para inclinaciones menores a 15° .

Para disposición vertical de superficies captadoras, será más relevante lograr una buena orientación hacia el norte geográfico, sobre todo cuando se quiere priorizar la captación durante el invierno. Las pérdidas anuales de superficies verticales con azimut 0° son del 32% y pueden llegar al 57% para planos verticales orientados directamente hacia el Oeste o hacia el Este.

Tabla 2: Pérdidas por variación en la orientación con respecto de la posición óptima en cada estación

Período	Invierno	Verano	Anual
Azimut óptimo: pérdidas por variación en la inclinación respecto de la óptima			
Pérdidas máximas por variación en la inclinación de $\pm 10^\circ$	1,76%	1,28%	1,59%
Pérdidas máximas por variación en la inclinación de $\pm 20^\circ$	4,49%	2,57%	5,15%
Pérdidas máximas por variación en la inclinación de $\pm 30^\circ$	10,54%	6,28%	10,65%
Inclinación óptima: pérdidas por variación en el azimut respecto del óptimo			
Pérdidas máximas por variación en el azimut de $\pm 10^\circ$	0,83%	0,05%	0,38%
Pérdidas máximas por variación en el azimut de $\pm 20^\circ$	3,08%	0,17%	1,31%
Pérdidas máximas por variación en el azimut de $\pm 30^\circ$	4,72%	0,34%	2,12%
Pérdidas máximas respecto de azimut 90° E o 90° O	44,70%	3,20%	19,34%
Planos verticales con distintos azimuts: Pérdidas respecto de la posición óptima			
Pérdidas máximas respecto de azimut 0°	21,91%	45,61%	31,99%
Pérdidas máximas respecto de azimut 25° E o 25° O	28,10%	45,61%	35,09%
Pérdidas máximas respecto de azimut 60° E o 60° O	39,41%	46,12%	40,23%
Pérdidas máximas respecto de azimut 90° E o 90° O	68,56%	50,68%	56,75%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 resume las orientaciones óptimas obtenidas para un plano fijo en la ciudad de Santa Fe según los distintos períodos de tiempo. A la derecha se reescribe la inclinación óptima hallada considerando a la latitud (Φ) de Santa Fe.

Tabla 3: Orientación óptima del plano fijo según distintos criterios - Resumen

Criterio	Inclinación	Azimet	Criterio
Maximizar la captación energética anual	32°	5° O	Φ
Maximizar la captación energética en invierno	48°	0° E	$\Phi + 16^\circ$
Maximizar la captación energética en verano	12°	20° O	$\Phi - 20^\circ$

Fuente: Elaboración propia

3.7 Factores de conversión para la irradiación global

Para la determinación del potencial aprovechamiento de un recurso solar, es necesario “convertir” los valores de irradiación global medidos sobre un plano horizontal (G_0) a los valores correspondientes sobre el plano inclinado (G_α). Ello puede hacerse mediante la ecuación (11) y con los factores de corrección (F_c) determinados en base a las mediciones y cálculos efectuados. Los factores F_c se detallan en la Tabla 4 y se hallaron considerando una superficie estrictamente orientada hacia el Norte geográfico.

$$G_\alpha = G_0 \cdot F_c \quad (11)$$

Tabla 4: Factores de corrección F_c . Valores determinados para la ciudad de Santa Fe en función de las mediciones de los últimos 6 años.

α [°]	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000
5	1,00	1,01	1,03	1,07	1,10	1,11	1,10	1,08	1,04	1,01	1,00	1,00	1,033
10	1,00	1,01	1,06	1,12	1,18	1,22	1,20	1,15	1,08	1,02	1,00	0,99	1,061
15	0,99	1,01	1,08	1,18	1,26	1,32	1,29	1,21	1,10	1,03	0,99	0,98	1,084
20	0,97	1,01	1,09	1,22	1,34	1,41	1,37	1,26	1,13	1,03	0,98	0,97	1,101
25	0,96	1,00	1,10	1,26	1,40	1,49	1,45	1,31	1,14	1,02	0,97	0,95	1,113
28	0,94	1,00	1,10	1,27	1,43	1,53	1,48	1,33	1,15	1,02	0,96	0,94	1,117
30	0,94	0,99	1,10	1,28	1,45	1,56	1,51	1,35	1,15	1,02	0,95	0,93	1,118
32	0,93	0,99	1,10	1,29	1,47	1,58	1,53	1,36	1,15	1,01	0,94	0,92	1,119
35	0,91	0,98	1,09	1,30	1,50	1,61	1,56	1,38	1,15	1,00	0,93	0,90	1,118
40	0,88	0,97	1,08	1,31	1,53	1,66	1,60	1,39	1,15	0,99	0,90	0,88	1,112
45	0,85	0,95	1,07	1,31	1,55	1,70	1,63	1,40	1,14	0,96	0,88	0,84	1,100
50	0,82	0,93	1,04	1,31	1,57	1,72	1,65	1,40	1,12	0,94	0,84	0,81	1,083
55	0,78	0,91	1,01	1,29	1,57	1,74	1,66	1,40	1,10	0,91	0,81	0,78	1,060
60	0,74	0,88	0,98	1,27	1,56	1,74	1,66	1,38	1,06	0,88	0,77	0,74	1,031
65	0,70	0,85	0,94	1,23	1,54	1,73	1,64	1,35	1,03	0,84	0,73	0,70	0,997
70	0,65	0,82	0,89	1,19	1,51	1,70	1,61	1,31	0,98	0,80	0,69	0,66	0,959
75	0,61	0,79	0,84	1,14	1,47	1,67	1,58	1,27	0,94	0,76	0,64	0,61	0,915
80	0,56	0,76	0,79	1,09	1,42	1,62	1,53	1,21	0,88	0,71	0,60	0,57	0,868
85	0,51	0,73	0,73	1,02	1,36	1,56	1,47	1,15	0,82	0,67	0,55	0,53	0,816
90	0,47	0,69	0,67	0,95	1,29	1,50	1,40	1,08	0,76	0,62	0,50	0,48	0,761

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se han determinado curvas y tablas que sirven como herramientas para orientar el diseño de aprovechamientos solares pasivos localizados en la ciudad de Santa Fe. De todas maneras, la metodología podría extenderse a otras localizaciones geográficas.

Analizados los resultados se determinó que, desde el punto de vista de las pérdidas, la orientación de los captadores fijos tiene un cierto margen de flexibilidad que permitiría adoptar un diseño del sistema más acorde a la estética o arquitectura pre-existente. En general, puede decirse que las modificaciones de los rendimientos obtenidos por variaciones en el azimut de los planos son mucho menos significativas que las originadas por variaciones en su inclinación. Para orientaciones hacia el Norte geográfico, la captación energética anual de un plano ubicado en la ciudad podría incrementarse hasta un 12% si se inclina a 32°. No obstante, la importancia de una orientación óptima en las superficies captadoras fijas dependerá de la magnitud del aprovechamiento solar del que se trate. Por ejemplo, un sistema fotovoltaico de 2,1 kW que alimenta a los consumos anuales de una familia tipo en Santa Fe, puede generar aproximadamente unos ≈ 3500 kWh durante el año si su orientación es óptima. Si por diversas razones, la orientación de los paneles es distinta de la óptima y en consecuencia se pierde el 10% de la energía posible de captar, la instalación estaría dejando de generar aproximadamente 350 kWh, en otras palabras, se dejaría de cubrir los consumos correspondientes a todo un mes.

En este trabajo, si bien se discriminó entre la radiación directa y difusa contenidas en las mediciones del piranómetro para poder "corregir" la proporción correspondiente a la radiación directa, estrictamente no se contempló el grado de variación de la radiación difusa cuando varía la orientación del plano. Estudiar este fenómeno, junto con la extrapolación de los resultados a otras ciudades de la provincia, pueden ser futuras líneas de mejora/ampliación del trabajo.

5. Referencias

- [1] BHUBANESWARI P., INIYAN S., RANKO GOIC. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, published by Elsevier. p. 1625-1636.
- [2] IRENA. (2015). *Renewable power generation costs in 2014*. International Renewable Energy Agency. pp. 1-164. www.irena.org
- [3] WEC (2016), *World Energy Issues Monitor 2016*. World Energy Council. ISBN: 978-0 946121-46-5. Disponible en: www.worldenergy.org
- [4] EPESF. (2013). Resolución N° 442 de la Empresa Provincial de la Energía. Santa Fe
- [5] PROGRAMA PROSUMIDORES SANTA FE (2016) – *Tarifa promocional para la inyección de generación renovable distribuida en baja tensión*. Subsecretaría de Energías Renovables - Secretaría de Estado de la Energía, Santa Fe, Argentina.
- [6] PROGRAMA UN SOL PARA TU TECHO (2016), *Programa para financiar la adquisición de calefones solares en la Provincia de Santa Fe*. Subsecretaría de Energías Renovables - Secretaría de Estado de la Energía, Santa Fe, Argentina.
- [7] GROSSI GALLEGOS H.; RIGHINI R. (1997). *Atlas de energía solar en la República Argentina*. Disponible en: www.aldar.com.ar/atlas/home.swf.

- [8] RAICHIJK C., TADDEI F. (2012). *Estudio comparativo de modelos empíricos de estimación de la radiación solar directa horaria*. Argentina, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 16., ISBN: 0329-5184, p. 23-29.
- [9] SANGOI E., MANASSERO U., VEGA J.R. (2015). *Evaluation of Photovoltaic Generation Systems for Residential Users in Santa Fe (Argentina)*. IEEE Xplore, ISBN: 978-1-4673-6603-8, DOI:10.1109/ISGT-LA.2015.7381246, pp. 729-733.
- [10] JUTGLAR LLUÍS, (2012). *Generación de energía solar fotovoltaica*; Editorial Marcombo, Primera Edición, Barcelona, ISBN: 978-84-267-1790-0, p.1-220.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

“RECUPERACION Y TRATAMIENTO DE AGUA PLUVIAL A BAJA ESCALA”

Luis Enrique Fauroux, Universidad Nacional de La Matanza, lfauroux@unlam.edu.ar

Pablo A. Espiñeira, Universidad Nacional de La Matanza

Degaetani Omar Jorge, Universidad Nacional de La Matanza

Daniel O. Diaz, Universidad Nacional de La Matanza

Nicolás Fabrizio Fenoglietto, Universidad Nacional de La Matanza

Resumen

El presente trabajo tiene como objeto analizar la viabilidad de la recuperación y tratamiento de agua pluvial a nivel residencial. La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de La Matanza utilizando datos propios e históricos del régimen de lluvias. El tratamiento del agua pluvial tiene dos aspectos, la eliminación de la materia orgánica y la composición química de las sales disueltas. A los efectos del dimensionamiento es necesario conocer las concentraciones en estos sentidos. El tratamiento propuesto consiste en cuatro etapas: trampa de sólidos, eliminación de materia orgánica por carbón activado granular, eliminación inorgánica por resinas de intercambio iónico, y mantenimiento por cloración. Teniendo en cuenta la legislación vigente se analizó el destino de su uso, las instalaciones auxiliares, la factibilidad técnica y económica de la implementación residencial. Esto nos permitirá saber el beneficio potencial a obtener y las posibles transferencias a realizar.

Palabras clave— *Recuperación, tratamiento, agua, pluvial.*

1. Introducción

El creciente desarrollo de las ciudades, aumenta la impermeabilización de las cuencas urbana y de sus humedales, lo cual genera que el agua caída provoque anegamientos y dificultades que podrían mitigarse en parte acumulando aunque sea una parte de la misma y reutilizándola para servicios sanitarios o riego.

Por su parte, la creciente urbanización trae aparejada el aumento del requerimiento de agua potable. Para satisfacer esta demanda es necesaria la instalación de nuevas plantas potabilizadoras, aumentar la capacidad de las existentes o implementar sistemas de gestión adecuados que permitan un mejor aprovechamiento del recurso. El uso de agua pluvial recuperada implica una reducción de la demanda a la red de agua corriente y por lo tanto un mejor aprovechamiento del agua potable, con los consiguientes beneficios sociales y

económicos. En aquellas zonas que carecen de redes cloacales, la mala gestión de los pozos absorbentes y cámaras sépticas provocan filtraciones que terminan contaminando las napas subterráneas, por ende, se debe recurrir a perforaciones cada vez más profundas, lo cual en caso de una mala ejecución de los pozos pone en peligro el recurso subterráneo ubicado a mayor profundidad. Este aumento en las profundidades de excavación, es un claro indicador de la escasez y costo del recurso, además de ser cada napa contaminada, un reflejo de una mala gestión en la administración del bien. En este sentido, vale la pena mencionar que una de las principales causas de la contaminación del manto freático no confinado, es la presencia de numerosos sumideros a cielo abierto, habitualmente llamados “basurales clandestinos”, que generan diariamente enormes volúmenes de lixiviados que terminan contaminándola el recurso subterráneo.

Se valorará la factibilidad técnica, económica e instalación a baja escala, es decir a nivel residencial, que podría hacerse extensivo a pequeñas y medianas empresas.

El objetivo principal es diseñar un conjunto de dispositivos que permita el tratamiento de agua pluvial in situ. Este sistema permitirá obtener beneficios para el medio ambiente y un mejor aprovechamiento del recurso natural. La hipótesis principal es que la cantidad de agua pluvial colectada, y tratada in situ, no sería demandada a la red de agua corriente. El costo del tratamiento para su uso en los vestuarios sería aceptable y habría una cantidad considerable de agua que no alcanzaría las calles y alcantarillas disminuyendo el riesgo de anegamientos en los alrededores y un mejor aprovechamiento del recurso natural.

2. Materiales y Métodos

El aspecto legal restringe el uso del agua recuperada a usos secundarios, impidiendo por cualquier motivo destinarla a consumo humano. Esto se debe a la prohibición de mezclar el agua corriente, con agua proveniente de otro recurso, sin importar cuán bien o mejor esté tratada respecto del agua de red. Esto limita el alcance del recupero hacia usos como, por ejemplo, el riego, depósitos de baños y lavado de pisos y vehículos, el usuario se ve obligado a disponer de un doble circuito de agua. Así, durante el período 2015 – 2016 se desarrolló el proyecto de recuperación y tratamiento de 500 litros de agua pluvial, y destinarla en un sector sanitario de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). Con el fin de estudiar la eficiencia del sistema propuesto, efectuar ajuste, calibraciones y garantizar la eficiencia del mismo, se montó en las instalaciones del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas un prototipo del sistema de reaprovechamiento descripto. El dimensionamiento de la instalación se realizó en base al espacio físico disponible. La idea consistió en coleccionar, en un tanque de 500 litros, el agua de lluvia tratada que descarga en un sector del entretecho del edificio, en donde se ubica el DIIT. El techo posee una superficie de 32 m² y descarga mediante cañerías de 100 mm de diámetro hacia una bajada pluvial vertical que desemboca en un colector pluvial de desagüe. Las dimensiones de las cañerías son consistentes con edificaciones familiares, por lo que los resultados y conclusiones son extrapolables a ese nivel. El análisis dimensional en este sentido se realizó en base a una superficie cubierta de 100 m² y los regímenes de lluvias cuyos datos se obtuvieron de una estación meteorológica instalada en la UNLaM para tal fin. Los gráficos en la Figura 1, muestran la cantidad de días que una cisterna de 1000 litros opera con consumo de 500 litros diarios. A pesar de poder recuperar volúmenes mayores al mencionado, seleccionar un tamaño mayor implicaría una gran cantidad de tiempo con el tanque sin completar, un mayor costo de mantenimiento, una mayor inversión en resinas, carbón activado y en la instalación de la cisterna.

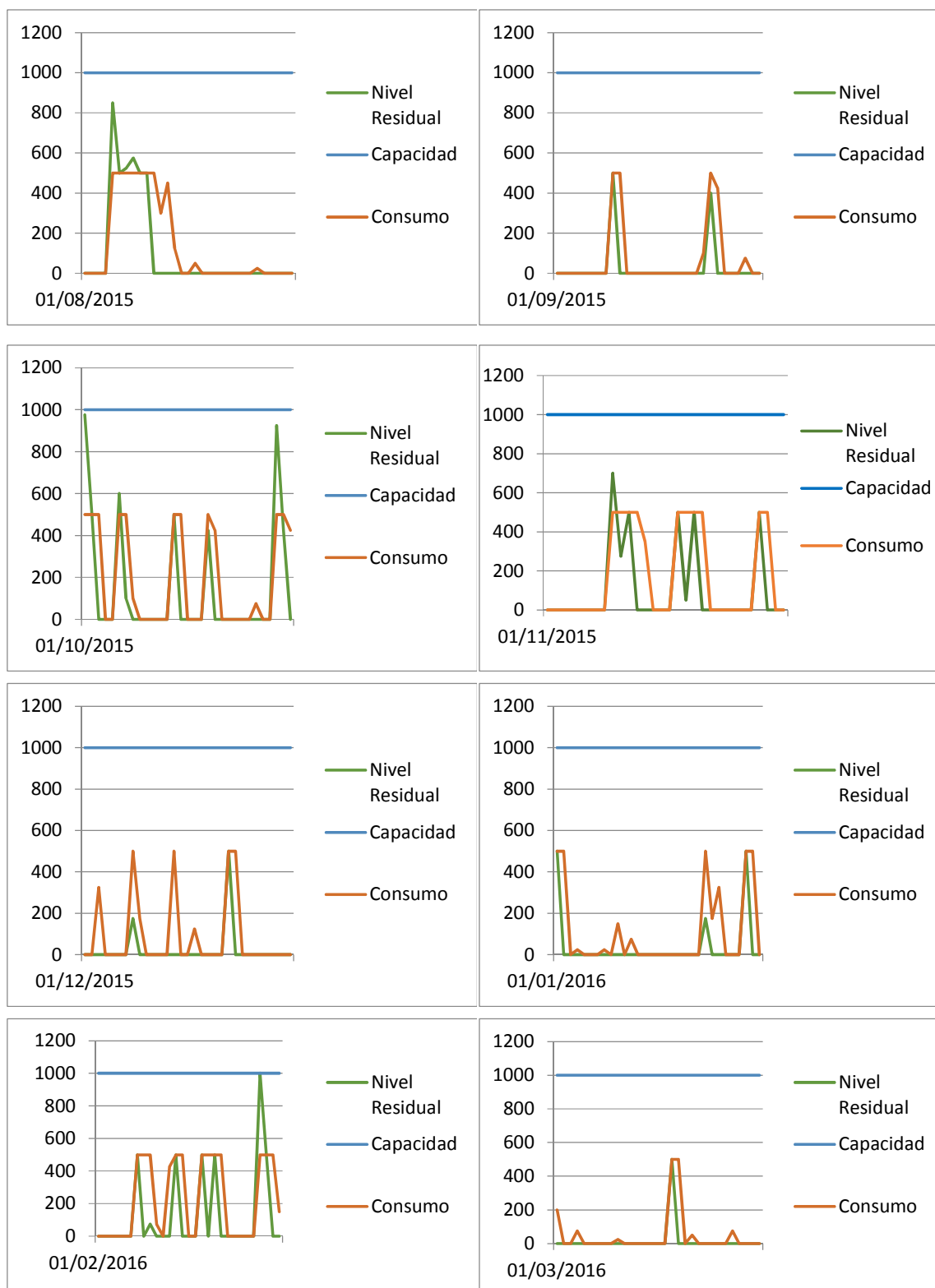


Figura 1. Volumen Residual (Precipitaciones - Consumo) vs. Volumen de la cisterna
Fuente: Elaboración propia

Los cuadros, incluidos en la Figura 1, se elaboraron con datos obtenidos por la estación meteorológica instalada en la universidad para tal fin, y durante el período de desarrollo de la investigación. En ellos se puede apreciar que sólo en dos días puntuales (en agosto-15 y febrero-16), se podría haber superado la capacidad de la cisterna, que es cuando el nivel residual alcanza la capacidad del tanque. Esta observación implica la instalación proyectada cumple con el requerimiento de captar prácticamente toda el agua pluvial y recuperarla.

El esquema de la instalación propuesto en base a estos datos se presenta en la Figura 2

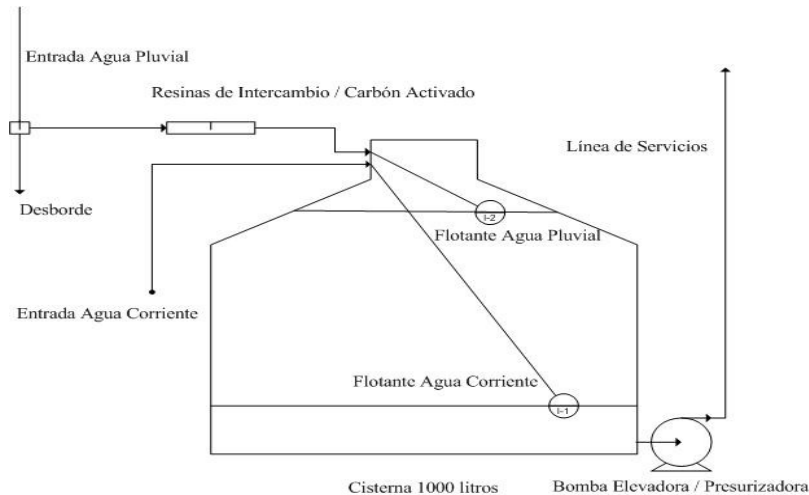


Figura 2. Corte longitudinal del esquema de instalación

El dispositivo purificador consiste en una “Te” cuya salida lateral es roscada con diámetro de 110 mm, colocada luego del filtro grueso de sólidos, y seguida de una reducción a 40 mm. La resina de intercambio iónico y el carbón activado se colocaron en bolsas porosas de nylon con el objeto de evitar el intercambio total de iones y evitar grandes pérdidas de presión, permitiendo la circulación del agua pluvial a tratar. La instalación prevé un desvío por rebalse, a fin de evitar desbordes. Se tuvo en cuenta que, para períodos sin lluvias, el sistema permita el ingreso de agua corriente. La cantidad de agua que, en estos casos, el sistema permitirá acumular no superará los 100 litros.



Figura 3. Instalación piloto en el entretecho de la UNLaM

La instalación de un segundo ramal implica la utilización de los siguientes materiales [3][4].

Tabla 1. Lista de materiales tentativos para una instalación domiciliaria

Pileta de patio como control de rebalse	1
Pileta de patio como control de sólidos	1
“Te” (110 mm) como cartucho	1
Reducción 110mm a 40mm	1
Bomba elevadora (inteligente)	1
Resinas de intercambio	2 litros
Carbón activado granular	1 kg
Boya de cloro (doble acción)	1
Tanque cisterna (1000 litros)	1

Los caños y accesorios, que dependan de las dimensiones particulares, mano de obra y materiales de construcción, se evaluarán en forma general conforme la oferta en el mercado

El tratamiento del agua pluvial tiene dos aspectos, la eliminación de la materia orgánica y la composición química de las sales disueltas.

En primera instancia se investigó sobre las técnicas de análisis en estos sentidos. En lo que se refiere a materia orgánica las técnicas se basan en la medición del consumo de oxígeno, ya que esto está relacionado al contenido de microorganismos. La técnica más difundida es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅, ensayo de incubación por 5 días), pero la ley no establece los métodos que se deben utilizar. Se investigó sobre los estándares estipulados en el Artículo N° 982 de la Ley N° 18284 (Código Alimentario Argentino) sobre aguas [5]. En relación a los contaminantes orgánicos estipula:

Tabla 2. Valores de referencia para contaminantes orgánicos establecidos por la Ley N° 18284

Bacterias coliformes: Número más probable (NMP) a 37°C-48 hs. (Caldo McConkey o Lauril Sulfato)	<= 3 en 100 ml
Escherichia coli	ausencia en 100 ml
Pseudomonas aeruginosa	ausencia en 100 ml

Por lo que se harán análisis específicos. La evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar. En el caso de que el recuento de bacterias mesófilas en agar (Plate Count Agar, APC - 24 h a 37°C) supere las 500 UFC (Unidades Formadoras de Colonias) /ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento. En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo. La contaminación orgánica proviene principalmente de la suciedad acumulada en los techos que se usarán para la recolección. Por esto es que se resolvió que el método a utilizar para su tratamiento será de doble efecto. El agua será previamente filtrada y tratada con carbón activado granular antes de entrar al reservorio, cuya acción es la de adsorción, donde la materia orgánica se adhiere a la pared del carbón por una función química. En este paso eliminamos los pesticidas, plaguicidas

y otros contaminantes orgánicos (básicamente orgánicos volátiles). Este proceso deberá poseer baja pérdida de carga (caída de presión) y, de ser necesario, se continuará el tratamiento con pastillas de cloro sólido de disolución lenta, lo que permitirá la conservación de lo colectado. El carbón activado granular es el de normal uso comercial, no posee características particulares y puede conseguirse fácilmente a través, por ejemplo, de internet. El mismo puede ser re-activado sometiéndolo al calor dentro de un horno de cocina, lo que permite aumentar su vida útil y disminuir los costos de mantenimiento.

El siguiente paso en nuestro proceso de purificación es la eliminación de elementos que causan la dureza del agua, interponiendo un empaquetado de resinas para tal fin. Decimos que el agua es “dura” cuando encontramos calcio y magnesio y éstos sobrepasan los niveles permitidos. Utilizaremos una “Te” donde se colocarán los paquetes de resina de intercambio iónico (Anexos 1 y 2) y carbón activado granular.



Figura 4. “Te” Filtro de sólidos (vertical) y “Te” Cartucho de resinas y carbón activado (horizontal)

Las perlas sintéticas servirán como base para que se lleve a cabo dicho intercambio. Cuando el agua pase a través de la resina de intercambio iónico, los iones de dureza, que llevan una carga positiva fuerte, desplazarán a los iones de sodio más débilmente cargados. El calcio y magnesio (iones de dureza) serán atrapados a través de la atracción electromagnética de las partículas de la resina.

Un aspecto importante e interesante de la resina de intercambio es la capacidad de litros que es capaz de tratar y el costo de la regeneración. Respecto a este último punto, la decisión se volcó hacia un tipo de resina que se regenera con cloruro de sodio (NaCl) [6], mejor conocida como sal de mesa. Lo interesante es que ambos tipos de resina, aniónica y catiónica, pueden ser regeneradas de esta manera, lo que implica que no es necesario desarmar el paquete para dicho proceso.

Los lechos de intercambio iónico serán limpiados y regenerados, a intervalos determinados en función del volumen de agua de forma manual. La regeneración implicará inundar el paquete con una solución salina de sodio, que barrerá de manera efectiva los iones de dureza dejando a la resina lista para el siguiente ciclo de suavización del agua.

Finalmente la cloración, consiste en el agregado de pastillas de cloro para reducir o eliminar microorganismos, tales como bacterias y virus; pero el cloro, no es suficiente para eliminar

todos los parásitos patógenos. La cloración desinfecta el agua, pero no la purifica por completo, se utiliza para mantenimiento. Para los contaminantes inorgánicos la ley establece,

Tabla 3. Valores de referencia para contaminantes inorgánicos establecidos por la Ley N° 18284

Acidez	pH	Entre	6,5 – 8,5	mg/l
Amoniaco	NH ₄ ⁺	Máximo	0,20	mg/l
Aluminio residual	Al	Máximo	0,20	mg/l
Arsénico	As	Máximo	0,05	mg/l
Cadmio	Cd	Máximo	0,05	mg/l
Cianuro	CN ⁻	Máximo	0,10	mg/l
Zinc	Zn	Máximo	5,0	mg/l
Cloro	Cl ⁻	Máximo	350	mg/l
Cobre	Cu	Máximo	1,00	mg/l
Cromo	Cr	Máximo	0,05	mg/l
Dureza total	CaCO ₃	Máximo	400	mg/l
Fluoruro	F ⁻	Máximo		mg/l
Hierro Total	Fe	Máximo	0,30	mg/l
Manganeso	Mn	Máximo	0,10	mg/l
Mercurio	Hg	Máximo	0,001	mg/l
Nitrato	NO ₃ ⁻	Máximo	45	mg/l
Nitrito	NO ₂ ⁻	Máximo	0,10	mg/l
Plata	Ag	Máximo	0,05	mg/l
Plomo	Pb	Máximo	0,05	mg/l
Sólidos disueltos totales		Máximo	1500	mg/l
Sulfatos	SO ₄ ⁼	Máximo	400	mg/l
Cloro activo residual	Cl	Mínimo	0,2	mg/l

A los efectos de evaluar la factibilidad del tratamiento proyectado, el equipo se remitió a un estudio realizado por Perez C. y otros [7] en el 2011 sobre el agua pluvial colectada en los techos del pabellón II de la ciudad universitaria (Ciencias Exactas UBA), el cual arrojó los siguientes resultados

Tabla 4. Valores encontrados en agua pluvial (Pabellón II - Ciencias Exactas UBA)

Acidez	pH	Entre	5,9 – 6,7	mg/l
Nitrato	NO ₃ ⁻	Entre	4,9 – 9,4	mg/l
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	Entre	0 – 0,07	mg/l
Sulfatos	SO ₄ ⁼	Entre	1 – 5	mg/l

Fuente: Perez C. y otros [7]

Los autores concluyen que esta fuerte presencia de nitratos en el agua de lluvia estaría relacionada con las intensas emisiones de óxidos de nitrógeno de la ciudad de Buenos Aires. Las muestras de agua de lluvia colectadas correspondieron en todos los casos a pasajes de sistemas frontales sobre la ciudad. Asociada al desplazamiento de algunos frentes se produjo la llegada de cenizas volcánicas del sistema Puyehue–Cordón Caulle. Aún así los valores preliminares sugieren que no es necesario un bajo caudal del agua para el correcto acondicionamiento mediante resinas de intercambio iónico. Sin embargo es importante destacar ciertos aspectos que surgieron luego de analizar la bibliografía y consultar a los agentes comercializadores. En primer lugar es posible que durante los períodos de reposo se produzca el crecimiento de microorganismos en las resinas, hecho que se puede evitar retirando el cartucho y manteniendo aireada la resina. En segundo término el hierro trivalente actúa como un “veneno” de las resinas, dada la dificultad para removerlo al momento de la regeneración.

3. Resultados y Discusión

Los resultados del trabajo se analizarán conforme la importancia que tiene el agua como recurso imprescindible. Los aspectos sobresalientes en este sentido son su escasez creciente y su uso irracional. Las temáticas alrededor del agua de consumo humano son de aspecto técnico, económico y legal.

Desde la viabilidad técnica, luego analizar de las muestras tomadas en distintos momentos se observó la presencia de cloro y ausencia de sólidos en suspensión. La presencia de olor a cloro es un primer indicador de la ausencia de materia orgánica. Dado que el uso será destinado a servicios, no es indispensable hacer un análisis de potabilidad. Aún así, las pruebas de laboratorio arrojaron ausencia de ión amonio, y bajo contenido de cloro. El ión amonio está relacionado a la deposición de las aves, por lo que es un factor a observar en cada localización específica, ya que dependerá de la magnitud de la presencia de pulmones verdes y árboles de gran envergadura en la zona. El cloro estará ligado a la dosificación en la cisterna, el exceso no es deseable, pero la presencia de un suave olor indica que la cantidad dosificada ha sido suficiente para el mantenimiento. Los ensayos de laboratorio corroboraron las hipótesis realizadas en estos sentidos. Los valores asociados a estas sustancias dependen del ciclo de períodos de lluvia y la temperatura ambiente. Se observó, como era esperable, que la máxima cantidad de materia orgánica e inorgánica en el agua pluvial, se obtuvo en los primeros minutos de lluvia abundante, extendiéndose este período conforme la magnitud de la precipitación. Períodos largos entre precipitación favorecen la oxidación tanto de la materia orgánica como de la inorgánica, si estos períodos son cálidos se favorece el secado y la oxidación. Sin por el contrario, los períodos entre lluvias son cortos, se ve perjudicada la acumulación de materia. Esto quiere decir que los techos se verán “lavados” reduciendo el problema a los primeros minutos de cada precipitación. En este sentido las características del sistema permiten analizar su comportamiento bajo distintas circunstancias. Ante una precipitación entre abundante y muy abundante, la caída de presión es alta. En este contexto, y dado el caudal, una parte del agua utiliza el sistema de desborde por lo que las primeras aguas, que son las más concentradas se descartan en forma natural, sin exigir el tratamiento del sistema. A bajo caudal de entrada, menor pérdida de carga (porcentual), y mayor tiempo de tratamiento. Esto implica que en ambos casos el sistema trata efectivamente el agua que pasa a través del mismo. El caso del tratamiento iónico es mayor a bajas velocidades, pero al encontrarse empaquetadas, no alcanzan a deionizar la cantidad circulante. De este modo aumenta la cantidad de ciclos útiles de la resina para el tratamiento. Se determinó un

promedio práctico de 6 ciclos de 500 litros, aunque en forma teórica podría aumentar sensiblemente. La regeneración se realizó conforme lo especifica la hoja de datos de la resina, corroborándose la información. El análisis de los costos de instalación, en viviendas preexistentes, arrojó un monto que ronda los \$10.000 (aprox. U\$S 650). Ante estos valores se realizó una encuesta, con el objeto de conocer la opinión y predisposición de los usuarios respecto a realizar una inversión en un sistema de estas características. La población encuestada abarcó distintos estratos socio-económicos y de diversas edades, dentro del partido de la Matanza.

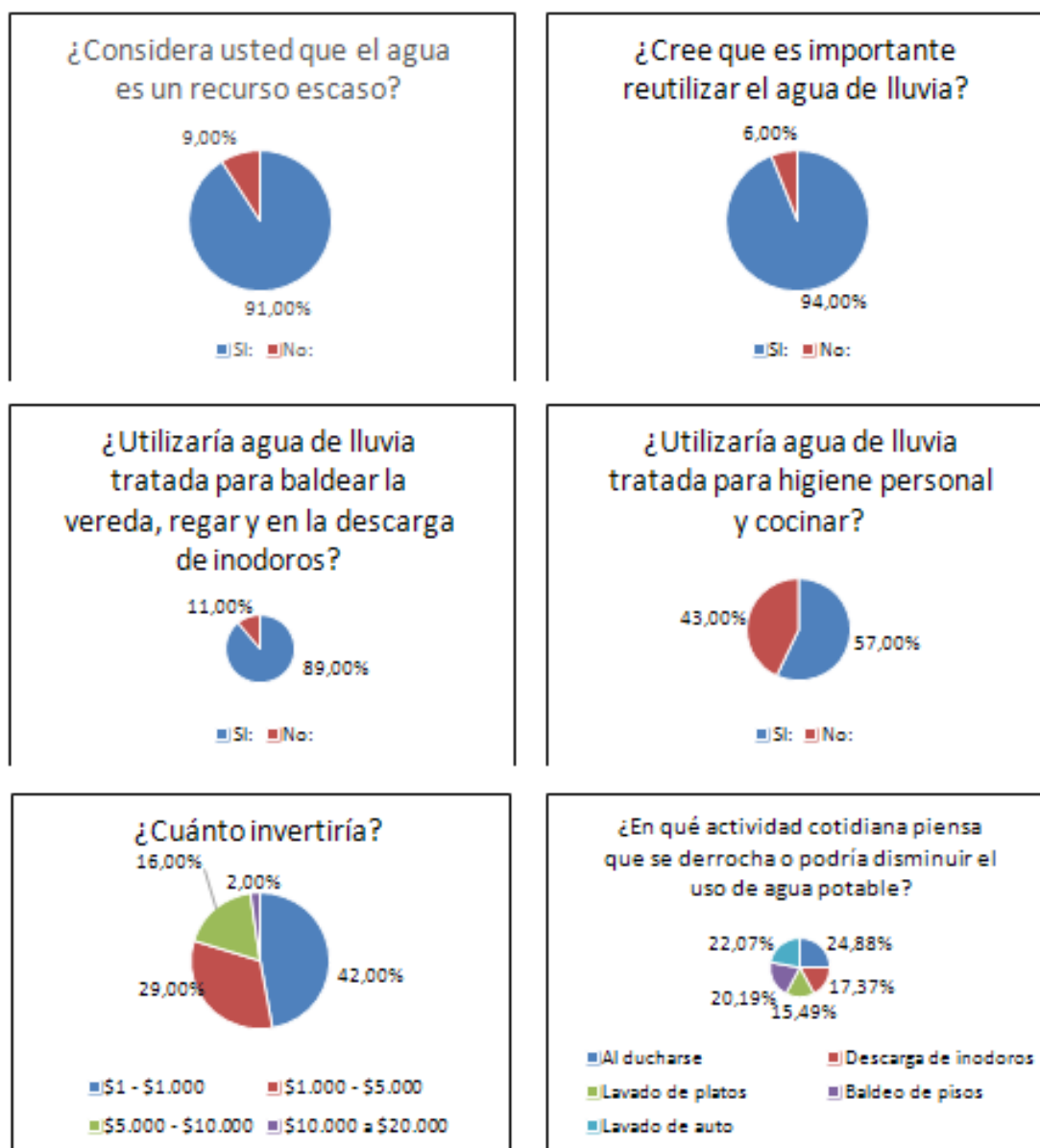


Figura 5. Resultados de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, en la generalidad de los casos, los encuestados nos plantearon su preocupación acerca de la creciente disminución de reservas de agua dulce en el mundo. Esta problemática es producto de la contaminación. Surge, en consecuencia, la necesidad de aprovechar al máximo las alternativas orientadas hacia el consumo responsable de este bien natural, que es imprescindible para la vida. En cuanto a esto último, el 24,88% de la población encuestada opinó que los mayores derroches se encuentran a la hora de ducharse, seguidos por el lavado del auto y baldeo. Pese a esta creciente preocupación, tan solo el 45% de los encuestados asegura tener conocimiento acerca de procesos para el tratamiento de agua. Por otro lado, un dato muy importante, que se infiere de este análisis, es que el 89% de la gente utilizaría el agua de lluvia tratada para bañar la vereda, regar y en la descarga de inodoros. Mientras que este porcentaje se reduce al 57% cuando se les pregunta si la utilizarían para higiene personal y/o cocinar. Al consultarles el motivo de esta decisión, la gran mayoría respondió que esto se debe al desconocimiento del proceso de tratamiento y a la inseguridad que trae aparejado. Esta última apreciación del usuario genera cierta contradicción, ya que el 85% no le realiza controles periódicos al agua que consume en su domicilio. Por último, podemos ver una buena predisposición, más del 90%, para la instalación del sistema de recolección de agua de lluvia y su tratamiento. Pese a esto, el 42% no invertiría más de \$1.000 y tan sólo el 18% invertiría más de \$5.000.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos de la cantidad y calidad del agua pluvial recuperada indican la factibilidad técnica del proceso desarrollado. El acceso a los paquetes de resina y carbón activado es sencillo. Las resinas de intercambio tienen una vida útil aproximada de 10 años. Las características de las mismas disminuyen la posible formación de hongos, no se observó crecimiento en el prototipo instalado. La regeneración de la resina se realizará cada 6 ciclos de lluvias, colocando los paquetes en baldes comunes con solución de cloruro de sodio al 16% (1600 gramos de sal en 10 litros de agua), durante un mínimo de 40 minutos, sin mayor necesidad de atención o dedicación por parte del usuario. A este respecto cabe decir que se sugiere el hidróxido de sodio (NaOH) para la regeneración de la resina aniónica, pero esta sustancia se encuentra dentro de los considerados precursores químicos y por lo tanto es de difícil adquisición. Se optó, entonces, por recurrir al cloruro de sodio ya que sirve al mismo tiempo para regenerar la resina catiónica. Respecto al mantenimiento del agua en cisterna, el doble efecto de las pastillas de cloración y floculante, han permitido obtener aguas traslúcidas y sin otro olor más que el correspondiente esperable por cloro. La ausencia de olor es un indicativo para la revisión de las pastillas.

Los tiempos mencionados pueden cambiar conforme la zona en que se implemente la recuperación. En zonas fabriles o mucha polución, por ejemplo, los tiempos mencionados deberán acortarse.

La re-activación del carbón puede realizarse en un horno de cocina aprovechando los períodos de calentamiento, sin que esto conlleve peligro de contaminación del horno. Se recomienda cambiar el carbón activado al cabo de tres reactivaciones.

Los beneficios ambientales respecto a los anegamientos evitados pueden observarse en otros ejemplos, ya implementados, como reservorios creados en diferentes comunas como el propio partido de La Matanza. La acumulación en cisternas por parte de cada usuario tiene el mismo efecto.


Desde el punto de vista económico, el resultado de las encuestas indica que la instalación de un doble circuito, para la utilización de agua recuperada, resulta inicialmente costosa para los usuarios domiciliarios. Esto se explica porque el usuario común no tiene el ejercicio de valorar el costo ambiental, como anegamientos y la reducción de servicios ambientales, e internalizarlos. Es de destacar, también, que la encuesta se realizó en un período de tiempo (primer semestre 2016) cuyo contexto económico fue difícil para los usuarios. Se trató de una época de grandes subas en los costos de los servicios generales. Sin embargo esta situación presenta un aspecto favorable, el aumento de la tarifa por consumo del agua hace disminuir considerablemente el período de amortización de la instalación. Por otra parte, estos costos podrían disminuir considerablemente si los planifica desde un principio en edificaciones nuevas. En este sentido, desde la UNLaM, se está trabajando en propuestas ambientales aplicables sobre proyectos de construcción, tales como nuevos barrios. Tales propuestas incluyen, por ejemplo, colectores solares planos para agua caliente sanitaria y la recuperación de agua pluvial. Estas alternativas intentan disminuir el consumo de gas y agua. Respecto a lo concerniente al presente trabajo, si bien el equipo realizó un estudio en este sentido, la volatilidad de las marchas y contra marchas respecto a la aplicación de las nuevas tarifas y, además, la ausencia de la colocación masiva de medidores del consumo de agua en forma particular, no han permitido realizar un estudio definitivo aún.


5. Referencias

- [1] ALBRIEU, JULIETA (y otros) (2015). *Inundaciones y Cambio climático*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (CABA). 1ª Ed. 156p
- [2] Empresa Obras Sanitarias de La Nación (1987). *Instalaciones Sanitarias Domiciliarias e Industriales, Normas*. Subsecretaría de Recurso Hídricos.
- [3] NISNOVICH, JAIME (2008). *Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias*. Ed. Buenos Aires. 5ª Ed. T.1. 248p
- [4] NISNOVICH, JAIME (2012). *Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias*. 7a Ed. Buenos Aires. T.2. 248p
- [5] Código Alimentario Argentino (1967). Artículos 982 y 983 de la Ley 18.284 sobre aguas.
- [6] VEOLIA WATER (2015). *Strong Acid Cation Exchange Resin (CSA9), Strong Basic Anion Exchange Resin Type I (GA13)*.
- [7] PEREZ, CLAUDIO (y otros) (2011). *Análisis físico-químico del agua de lluvia en Buenos Aires y condiciones meteorológicas asociadas*. Departamento de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA Argentina.

6. ANEXOS

6.1 Anexo 1





Strong Acid Cation Exchange Resin

DOSHION **CSA-9** is a GEL Type Strong Acid Cation Exchange Resin produced by the sulfonation of styrene-divinylbenzene copolymers. The resin is designed to combine high operational capacity and superior physical stability. This quality is assured by specifications that call for a whole un-cracked bead content of at least 95% and an unmatched bead strength. DOSHION **CSA-9** is the resin of choice whenever high performance is required. The resin is available in both Na⁺ and H⁺ form.


DOSHION **CSA-9** can also be supplied with such particle size and density characteristics that will assure fast and sharp separations when used in combination with DOSHION **ASB-108** or DOSHION **GA-11** anion resin in mixed bed applications.

PROPERTIES	
Matrix	Cross linked polystyrene
Functional Group	SO ₃ Sulphonic
Ionic Form	H ⁺ - Sodium Na ⁺ - Hydrogen
Physical Form	Hard Moist Beads
Particle Size (mm)	0.30 - 1.20
Moisture Content %	48-54 H ⁺ form 47-53 Na ⁺ form
Total Exchange Capacity (Min) (eq/L)	1.8 H ⁺ form 2.0 Na ⁺ form
Bulk Density or Shipping Weight (gm/L)	800-830 H ⁺ form 830-850 Na ⁺ form
Operating pH Range	0-14
Solubility in Common Solvents	Insoluble
Volume Change% (max):Na ⁺ to H ⁺	10

SUGGESTED OPERATING CONDITIONS		
Operating Temperature (max)	°C	120
Minimum Bed Depth	cm	75
Regenerant Concentration	%	10-16 (NaCl) 1-5 (H ₂ SO ₄)* 4-5 (HCl)
Regenerant Flow Rate	*BV/hr	2-8
Regenerant Contact Time	Minutes	30
Regeneration Level	Kg per M ³ of Resin	60-160 (NaCl) 60-150 (H ₂ SO ₄) 30-150 (HCl)
Displacement Rinse Rate	*BV/hr	2-8
Displacement Rinse Volume	*BV	1-2
Fast Rinse Rate -	*BV/hr	10-40
Fast Rinse Volume -	*BV	4-10
Service Flow Rate	*BV/hr	10-40

* Bed Volumes/Hour * Bed Volumes

* Sulfuric Acid concentration must be adjusted according to calcium content in the feed water.








Figura 6. Hoja de datos de la resina de intercambio catiónica

6.2 Anexo 2





Strong Base Anion Exchange Resin Type - I

DOSHION **GA 13** has a strong basic unfunctional cross linked Polystyrene structure containing type -I quaternary ammonium group. It is a premium grade gel type high capacity resin supplied in Chloride form. The resin is used in industrial and domestic water demineralisation applications.


The Characteristics of **GA 13** :

- High capacity and shock resistance
- Exceptional Physical stability for a conventional gel type resin which permits a long life without the development of excessive pressure drop.
- Excellent regeneration efficiency
- Ideal for demineralisation, condensate polishing and chemical process applications.

PROPERTIES	
Matrix	Cross linked
Polystyrene Gel	
Functional group	Quaternary Ammonium Type - I
Ionic form	Cl ⁻ - Chloride
Physical form	Hard moist beads
Particle size (mm)	0.30 - 1.20
Moisture content %	45 - 50
Total exchange capacity (eq/L)(min.)	1.3
Bulk density (gm/L)	690 - 720
Specific gravity moist Cl form	1.09
Operating pH range	0 - 14
Operating temperature °C (max)	80
Volume change Cl to OH ⁻ % (max)	20

SUGGESTED OPERATING CONDITIONS		
Minimum bed depth	cm	60
Backwash rate		50-75 % Bed Expansion
Regenerant concentration	%	4-5 NaOH
Regenerant flow rate	*BV/hr	2-6
Regenerant contact time	Minutes	40 min.
Regenerant level 100%	Kg per M ³ of resin	30-120 (NaOH)
Displacement rinse rate	*BV/hr	2-6
Displacement rinse volume	*BV	1-2
Fast rinse rate	*BV/hr	10-40
Fast rinse volume	*BV	4-10
Service flow rate	*BV/hr	10-40

*Bed Volumes/Hour **Meters/Hour *Bed Volumes






Figura 7. Hoja de datos de la resina de intercambio aniónica



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RAEE EN EL NORDESTE ARGENTINO

Juan Manuel Vallejos, Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR; Departamento de Mecánica–Facultad de Ingeniería-UNNE, juanmanuelvallejos@yahoo.com.ar

Nora Indiana Basterra, Centro de Gestión Ambiental y Ecología-UNNE, ibasterra@gmail.com

Erica Silvana Peralta, Centro de Gestión Ambiental y Ecología-UNNE, erica_peralta@hotmail.com

Luis Ariel Pellegrino, Centro de Gestión Ambiental y Ecología-UNNE, luispellegrino67@hotmail.com

Belén Pinatti, Centro de Gestión Ambiental y Ecología-UNNE, abpinatti@yahoo.com.ar

Carolina Scornik, Centro de Gestión Ambiental y Ecología-UNNE, carolinascornik@gmail.com

Lucio José Chiozzi, Centro de Gestión Ambiental y Ecología-UNNE, luciochiozzi@hotmail.com

Resumen— La generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es un problema de alarmante crecimiento en todo el mundo. Las enormes cantidades de RAEE producidos anualmente y los materiales que estos contienen, muchos de ellos nocivos para la salud humana y el ambiente, han hecho que varios países implementen medidas para controlar el manejo de estos residuos. En Argentina, se estima que se generan 291.700 toneladas de RAEE por año. A pesar de haber ratificado el Convenio de Basilea, el país aún no cuenta con legislación nacional específica que regule la problemática ni un sistema en funcionamiento que asegure su gestión de forma adecuada. Por otra parte, el acceso a fuentes de información confiable sobre la generación de RAEE en Argentina resulta difícil y complejo. En el presente trabajo, se calculó la proyección de RAEE generados en el nordeste argentino (NEA) en base a dos modelos propuestos en la literatura y adaptados por los autores para regiones con escasas fuentes de información: el ‘método de consumo y uso’ y el ‘método de abastecimiento de mercado’. Los resultados obtenidos en este trabajo permitirán a los diversos actores intervinientes en la gestión de RAEE del NEA abordar esta problemática con información específica de la región.

Palabras clave— *gestión de residuos, aparatos eléctricos y electrónicos, flujo de RAEE, Residuos Sólidos Urbanos.*

1. Introducción

La generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es un problema de alarmante crecimiento, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo [1]. Los resultados de las estimaciones de cantidades de RAEE generados a nivel mundial varían ampliamente debido a que los métodos utilizados y las presunciones básicas para el cálculo difieren entre un estudio y otro. Sin embargo, se puede estimar que se descartan entre 20 y 50 millones de toneladas de RAEE por año a nivel mundial [2]. Este tipo de residuos representa el 8% del total de basura producida globalmente [3].

Muchos materiales contenidos en los RAEE son nocivos para la salud humana y el ambiente [4]. Los metales pesados, las sustancias halogenadas y los retardadores de llama bromados son de particular preocupación, a pesar de estar concentrados en ciertos componentes. Las operaciones de reciclado de RAEE en países en desarrollo generalmente no se encuentran reguladas [5]. En estos casos, las técnicas de reciclado más comunes son el desensamblaje manual, la recuperación de la soldadura y las fichas de plaquetas electrónicas por calentamiento, el pelletizado y la extrusión de plásticos, la extracción de metales por ataques con ácidos y la quema de plásticos para aislar los metales de valor comercial. En este tipo de métodos se liberan en el ambiente de trabajo sustancias químicas nocivas para la salud humana.

Debido al peligro que representan las grandes cantidades de RAEE generadas, varios países han implementado regulaciones legales a la producción y el uso de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y a la gestión de los residuos luego de su vida útil. En este sentido, la Directiva WEEE de la Unión Europea (UE) fue lanzada en el año 2002 [6]. El objetivo de esta legislación es reducir las cantidades de RAEE depositados en los basurales, incrementar la recuperación, la reutilización y el reciclado de los AEE y establecer la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) durante toda la vida del equipo. Por otra parte, la Directiva RoHS de la UE fija restricciones sobre los productores europeos con respecto a los materiales contenidos en los nuevos equipos electrónicos que salen al mercado [7]. Todos los países miembros de la UE han puesto en marcha sistemas de gestión, reciclado y control de RAEE a fin de cumplir con las Directivas WEEE y RoHS.

En Latinoamérica solo Costa Rica, Bolivia, Colombia y Perú cuentan con una ley nacional específica para los RAEE [8]. A pesar de que Argentina ha ratificado el Convenio de Basilea, la gestión de estos residuos aún no se encuentra legislada a nivel nacional. Solamente dos de las 23 provincias argentinas (Buenos Aires y Chaco) han establecido leyes, las cuales, a pesar de ser específicas, son muy débiles y no cumplen la función de regular la problemática de estos residuos. Debido a esta falta de legislación, la REP no es aplicada en el país [9].

En el mismo sentido que en la legislación, los países latinoamericanos se encuentran muy atrasados en el desarrollo y la aplicación de sistemas de gestión y tratamiento de RAEE. Los recolectores informales han estado haciéndose cargo de gran parte de estos residuos en muchos países latinoamericanos durante años [5,10]. Por otra parte, las organizaciones de reacondicionamiento social y comercial han estado reparando y relocalizando un muy bajo volumen de residuos informáticos como computadoras, laptops e impresoras durante la última década [5,10].

Argentina se encuentra en las etapas iniciales del desarrollo un sistema de gestión de RAEE que se encargue del problema de forma ambientalmente adecuada y sustentable [1,11]. En el país existe una amplia red de recicladores informales. Estos recolectores extraen los materiales valiosos y descartan el resto en basurales sin ningún tipo de tratamiento [1,11]. Durante los últimos años algunas empresas se han hecho cargo de recolectar, clasificar,

almacenar temporariamente y recuperar los materiales valiosos contenidos en los RAEE. Las sustancias peligrosas que se producen en estos procesos son tratadas localmente o exportadas a empresas europeas de tratamiento de residuos. La mayoría de estos operadores argentinos están situados en la provincia de Buenos Aires. En un país de enorme amplitud territorial como Argentina, esto genera inconvenientes para los usuarios de provincias remotas que deseen descartar sus AEE de forma ambientalmente segura. Además, los consumidores deben pagar un precio de acuerdo al tipo y la condición en que se encuentra su aparato para dejarlo en estas empresas. Como resultado, el volumen que manejan estos operadores es muy pequeño comparado con las cantidades generadas anualmente en el país.

En Argentina, no existen estudios confiables referidos a la generación local de RAEE. El acceso a información confiable sobre estos residuos es difícil y complejo. No existen fuentes de información académicas ni gubernamentales que puedan ser usadas por el Estado Nacional, los Estados Provinciales, las empresas o los usuarios [11]. Esta falta de información básica genera incertidumbre acerca de la generación de RAEE, las posibilidades de reutilización y reciclado de AEE, los precios de los materiales recuperados, los operadores certificados y los flujos regionales de estos residuos. Las Naciones Unidas estima la generación de RAEE en Argentina para el año 2014 en 291,000 toneladas [12]. Este estudio fue realizado utilizando valores de ventas almacenados en la base de datos COMTRADE de las Naciones Unidas y los tiempos de vida de AEE para los países de la UE. Estas dos suposiciones (todas las ventas de AEE del país se encuentran cargadas en COMTRADE y los tiempos de vida de los AEE en Argentina son iguales al tiempo de vida para los países de la UE) genera mucha incertidumbre respecto a los resultados del estudio.

La región del Nordeste Argentino (NEA) es una subdivisión administrativa de la República Argentina. Comprende las provincias de Chaco, Corrientes, Formosa y Misiones. Según el INDEC, en el año 2010 estas cuatro provincias agrupaban 3.672.528 personas en 939.374 viviendas, aproximadamente el 10% de la población del país [13]. En esta región no existe ningún estudio que presente datos de volúmenes de RAEE generados. Sin embargo, algunos indicios reflejan los problemas asociados al manejo de estos residuos en la zona: los equipos eléctricos y electrónicos en desuso de las Universidades, entes públicos, empresas privadas y domicilios particulares se acumulan en forma continua en depósitos y oficinas o son desechados en los circuitos comunes de basura. Esta forma de gestionar los RAEE no tiene en cuenta el daño ambiental que puede ocasionar el incorrecto tratamiento de estos residuos ni las posibilidades de revalorización y reutilización de los materiales contenidos en ellos.

El objetivo de este trabajo es estimar la evolución de los RAEE generados anualmente en la región NEA en el período 2016-2026. Este reporte podrá ser usado por el estado nacional, los estados provinciales e inversores privados para proyectar plantas de gestión y tratamiento de RAEE y para la implementación de medidas ambientales de mitigación. Debido a que la revisión de la literatura revela que hay escasa información disponible, líneas no investigadas e ideas vagamente relacionadas con la problemática, el presente estudio se caracteriza por tener un carácter exploratorio. El problema de investigación en la región y el país no ha sido abordado de forma científica antes, por lo que este trabajo pretende dar una visión general y aproximada de los objetos de estudio. De esta forma, se busca alcanzar mayor conocimiento sobre el problema ambiental de los RAEE en la región NEA y evaluar la viabilidad de un estudio más extenso con los recursos actualmente disponibles.

2. Materiales y Métodos

2.1 Cálculo de los volúmenes de RAEE generados

Varios métodos han sido utilizados a lo largo de los años para estimar las cantidades de RAEE que se generarán en el futuro. Sin embargo, se pueden distinguir dos modelos básicos: el ‘método de consumo y uso’ y el ‘método de abastecimiento de mercado’ [14]. Ambos modelos usan una vida útil promedio para cada AEE y estiman las cantidades de RAEE generadas anualmente. Estos dos métodos fueron aplicados para la región NEA a fin de comparar los dos modelos de cálculo de proyecciones de volúmenes de RAEE.

El ‘método de consumo y uso’ supone una canasta de aparatos por hogar. Para cada tipo de AEE, se multiplica el número promedio de aparatos en cada hogar por el peso promedio y por el número total de hogares de la región. Al dividir este número por el tiempo de vida promedio del aparato se obtiene el potencial esperado por año, tal como se observa en la Ecuación 1. De esta forma, el crecimiento de los volúmenes de RAEE resulta proporcional al crecimiento demográfico de la zona de estudio.

Para el cálculo, se utilizó la proyección de hogares calculada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) para cada provincia del NEA [15]. El número de AEE por hogar y el tiempo de vida promedio de cada aparato fueron obtenidos en base a encuestas personales realizadas en cada provincia. El desarrollo de estas encuestas es explicado con mayores detalles en el apartado ‘Adquisición de datos’. Los datos de los pesos promedios de cada AEE fueron recolectados y resumidos de distintas fuentes por Schluep [16], los cuales fueron utilizados para el cálculo.

$$\text{Generación de RAEE por año} = \frac{m_n \times hh \times r_n}{ls_n} \quad (1)$$

m_n : peso promedio del aparato n .

hh : número de hogares.

r_n : número de aparatos n promedio que poseen los hogares de la región.

ls_n : tiempo de vida promedio del aparato n .

El ‘método de abastecimiento de mercado’ utiliza los datos de producción y ventas para el cálculo de RAEE generados. Las proyecciones son estimadas en base a la extrapolación de la producción histórica y las cifras de ventas [16]. El potencial generado cada año en base peso es calculado multiplicando el número de aparatos desechados por su peso promedio. En algunos estudios el cálculo fue corregido con los datos de importaciones y exportaciones para obtener mayor precisión en los resultados. La Ecuación 2 fue utilizada para el cálculo de los volúmenes futuros en base a este método.

Los datos de ventas históricas de algunos electrodomésticos (televisores LCD y plasma, heladeras, cocinas eléctricas y microondas, estufas y calefactores eléctricos, aires acondicionados y teléfonos celulares) fueron obtenidos del INDEC [17]. Las cifras referidas a los equipos informáticos (CPU, monitores de tubos de rayos catódicos y de pantalla plana, impresoras y laptops) fueron recolectados de la Cámara Argentina de Máquinas de Oficina (CAMOCA) [18]. Debido a que en la base de datos del INDEC solo se encuentra disponible la

información de ventas del período 2010-2014, se extrapolaron las curvas linealmente y hacia atrás en el tiempo teniendo en cuenta estos cinco años para estimar valores de ventas en años anteriores. Ante la carencia de datos segmentados por provincias o regiones, a cada uno de los valores de ventas nacionales de AEE se le aplicó un coeficiente calculado como el cociente entre la población de cada una de las provincias del NEA y la población total del país. Esto se realizó a fin de estimar la cantidad de equipos vendidos en cada provincia en base a los únicos datos que pudieron ser conseguidos.

$$\text{RAEE generados (t)} = N_N(t - ls_n) \quad (2)$$

N_N : ventas de cierta categoría de AEE en el año t .

ls_n : tiempo de vida promedio del aparato n .

2.2 Adquisición de datos

Los datos acerca de los hábitos de consumo y formas de desechar los AEE fueron adquiridos mediante encuestas diseñadas específicamente para este fin. El formato y contenido de estas se basaron en la guía e-Waste Country Assessment Methodology of the Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology [16]. Las encuestas fueron aplicadas a 926 familias del nordeste argentino (257 en Chaco, 220 en Corrientes, 223 en Formosa y 226 en Misiones). Estas se organizaron en tres secciones:

- Perfil de la familia: número de personas que viven en el hogar y situación económica.
- Número de cada tipo de aparato que posee el hogar.
- Productos en desuso: tiempo de vida, lugares donde fueron adquiridos y modo de desechar los AEE.

3. Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se resumen los tiempos de vida promedio de los AEE de uso más común para las cuatro provincias del NEA. Estos resultados se obtuvieron del procesamiento de los datos suministrados por las encuestas. Se puede observar para todos los casos que los equipos con mayor tiempo de vida son los de la línea marrón (heladeras, freezers, etc.), mientras que los de menor tiempo de uso son los de línea gris (celulares, laptops, etc.). El tiempo de vida de algunos aparatos en países en desarrollo ronda entre los 5 y los 7 años para las PC de escritorio, laptops e impresoras, 4 años los celulares, 8 años las TV y 10 años los refrigeradores [19]. Resultados similares aunque ligeramente menores han sido obtenidos en el presente trabajo para las PC de escritorio (entre 4.37 y 6.28 años), laptops (entre 3.27 y 3.88 años), impresoras (entre 4.04 y 5.16 años), celulares (entre 2.40 y 3.56 años), televisores (entre 5.91 y 7.92 años) y heladeras (entre 7.18 y 11.01 años). En la bibliografía existente no se encontraron datos de tiempos de vida de aparatos en Argentina para comparar con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Tabla 1. Tiempo de vida promedio de algunos AEE de uso común.

Aparato	Chaco		Corrientes		Formosa		Misiones	
	Tiempo de uso promedio [años]	Error medio [años]	Tiempo de uso promedio [años]	Error medio [años]	Tiempo de uso promedio [años]	Error medio [años]	Tiempo de uso promedio [años]	Error medio [años]
Heladeras	7.87	0.61	11.01	0.49	8.48	0.59	7.18	0.62
Freezers	7.10	0.76	8.07	0.67	7.45	0.74	5.95	0.76
A. acond.	6.46	0.59	8.24	0.49	6.02	0.66	4.51	0.47
Lavarropas	6.00	0.36	9.05	0.39	6.59	0.43	5.20	0.38
Horno El.	4.80	0.61	7.33	0.75	5.81	0.73	3.70	0.74
TV	6.37	0.42	7.92	0.54	7.76	0.55	5.91	0.54
Teléfonos	6.05	0.58	7.11	0.78	4.73	0.63	5.21	0.85
Estufas	5.27	0.49	7.30	0.72	4.09	0.37	4.57	0.50
CPU	5.37	0.40	6.28	0.34	5.84	0.52	4.37	0.46
Mon. TRC	5.46	0.35	6.44	0.40	5.85	0.60	4.54	0.56
Laptops	3.88	0.29	3.34	0.31	3.27	0.27	3.58	0.50
Impresoras	4.16	0.29	5.01	0.41	5.16	0.50	4.04	0.38
Radios	7.50	0.54	7.42	0.58	6.16	0.52	6.09	0.63
Celulares	2.40	0.14	2.76	0.18	3.56	0.27	3.02	0.22
Electrod. peq. (ej. cafeteras)	5.01	0.53	6.03	0.56	4.14	0.46	5.06	0.61

Fuente: elaboración propia

En la Figura 1 se muestran los datos de los volúmenes futuros de RAEE generados en la región NEA, estimados en base a los métodos de ‘consumo y uso’ y ‘abastecimiento de mercado’. El primer método presenta un incremento interanual casi constante y proporcional al incremento de población calculado por el INDEC. En cuanto al segundo método, se encontraron algunos inconvenientes en su aplicación, debido a que los datos de ventas de AEE no se encuentran discriminados por provincia, tal y como se explicó en la sección Materiales y Métodos. Otro de los problemas en la aplicación del modelo fue que no se encuentran disponibles los datos de ventas de algunos AEE (televisores de tubos de rayos catódicos, radios, teléfonos, freezers, entre otros), por lo que esta curva resulta sensiblemente menor que la calculada por el método de ‘consumo y uso’, aunque sus variaciones interanuales parecen ajustarse mejor a la realidad. Por otra parte, el ‘método de consumo y uso’ considera que la generación de todos los tipos de RAEE crecerá si la población en la zona de estudio está incrementándose, tal y como sucede para el NEA. Esto no refleja la realidad con precisión debido a que para algunos tipos AEE las ventas decrecen, ya sea como consecuencia de una renovación tecnológica (como en el caso de los monitores y televisores de tubos de rayos catódicos), crisis económicas o algún otro motivo. Debido a la disminución interanual de las ventas de estos AEE, la generación de residuos de este tipo de aparatos

también decrecerá con los años. Como el ‘método de consumo y uso’ es insensible a estos detalles, este modelo tiende a sobredimensionar los datos de RAEE generados en algunos casos. Además, el modelo de abastecimiento de mercado no tiene en cuenta las importaciones ilegales de aparatos ni el ensamble local de equipos. Por lo tanto, se deduce que los volúmenes de RAEE calculados por este método son sensiblemente menores a los realmente generados en la zona NEA.

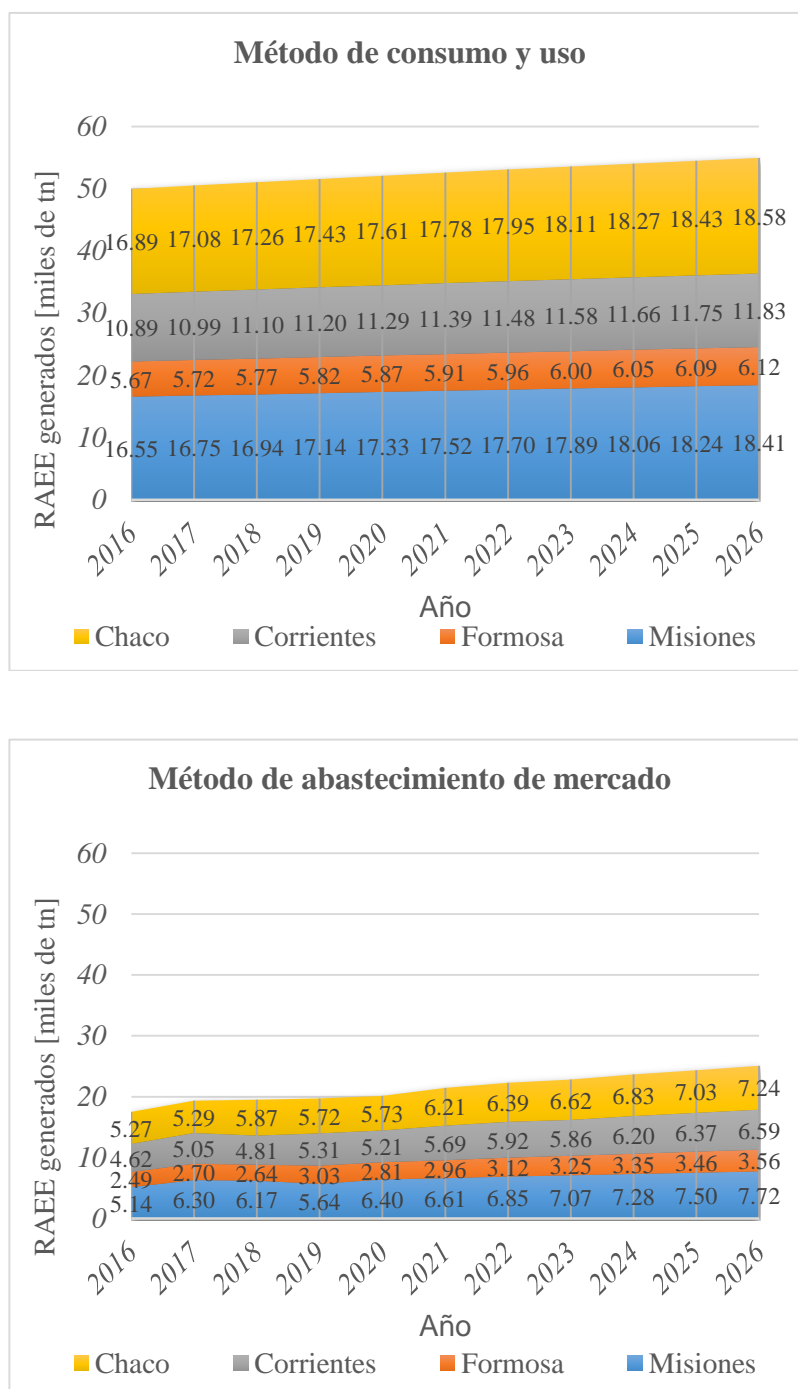


Figura 1. Proyección de RAEE generados en el NEA para el período 2016-2026. Métodos de ‘consumo y uso’ y ‘abastecimiento de mercado’.

Fuente: elaboración propia

En la Figura 2 se muestra el porcentaje de cada tipo de RAEE generado sobre el total en base peso, calculado por el método de ‘consumo y uso’ para la zona NEA. Los aparatos con mayores porcentajes son los lavarropas, aires acondicionados, freezers y heladeras. Por otra parte, los equipos informáticos (CPU, laptops, impresoras, etc.) y de comunicación (celulares, teléfonos, etc.) tienen poca incidencia sobre el total debido a sus bajos pesos.

El porcentaje de cada tipo de RAEE generado sobre el total en base peso, calculado por el ‘método de abastecimiento de mercado’ para los años 2016 y 2026, se muestran en las Figuras 4 y 5 respectivamente. En el año 2016 los aparatos con mayor peso sobre el total son los lavarropas, CPU y aires acondicionados. En cambio para el año 2026 los CPU, lavarropas y aires acondicionados serán los aparatos desechados con mayor incidencia. Se puede observar también que los AEE de mayor crecimiento de porcentaje desechado sobre el total serán los ordenadores (CPU y laptops).

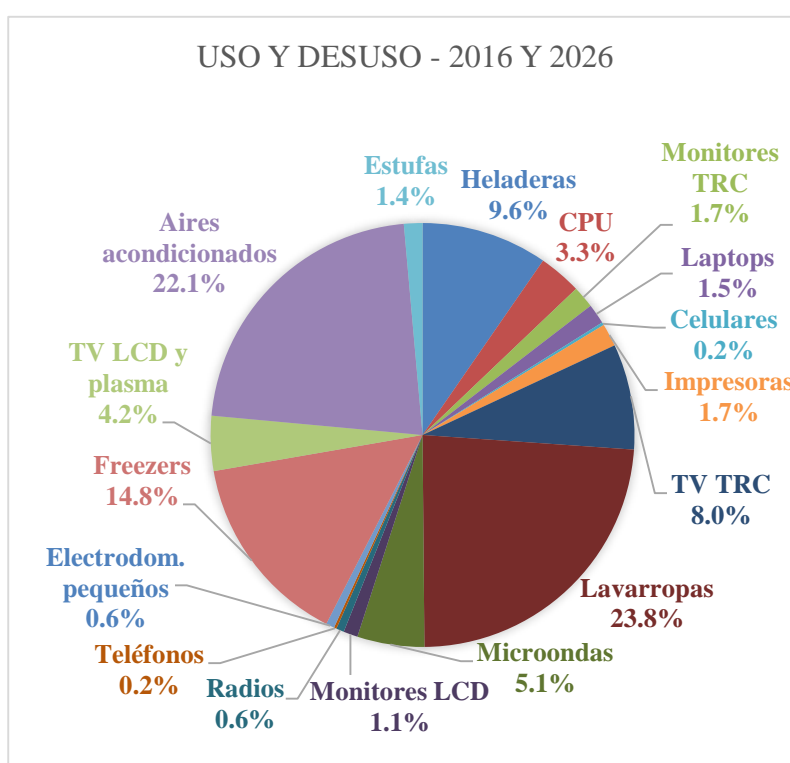


Figura 2. Porcentaje de cada tipo de AEE generado sobre el total en base peso para los años 2016 y 2026. Método de consumo y uso.

Fuente: elaboración propia

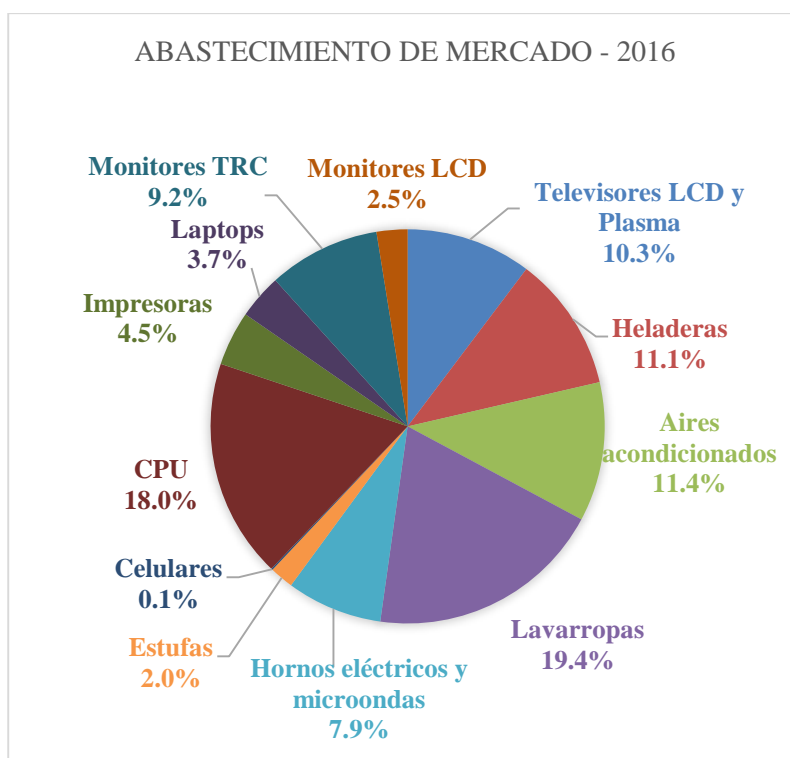


Figura 3. Porcentaje de cada tipo de AEE generado sobre el total en base peso para el año 2016.
Método de abastecimiento de mercado.

Fuente: elaboración propia

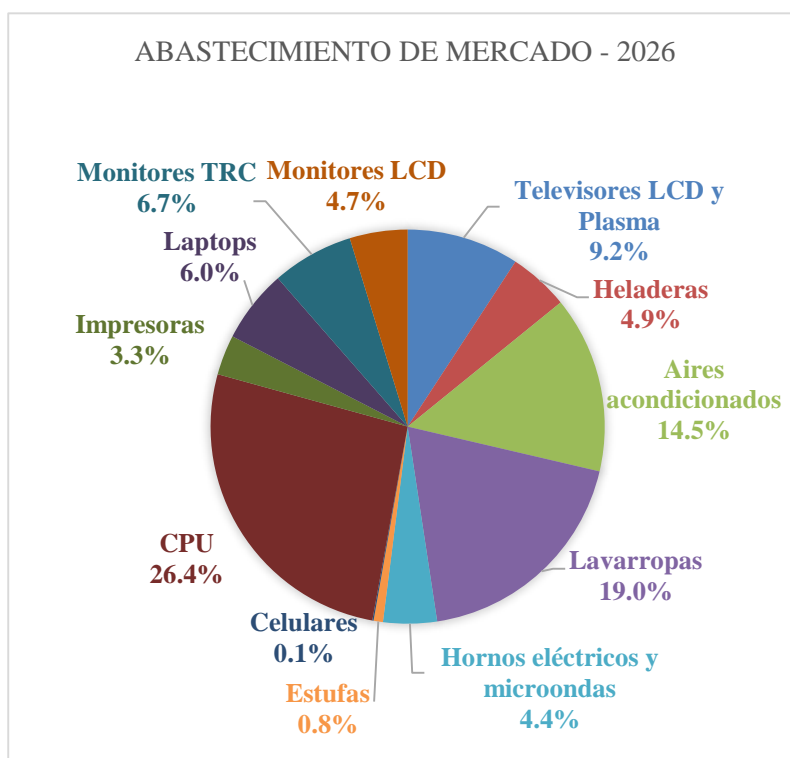


Figura 4. Porcentaje de cada tipo de AEE generado sobre el total en base peso para el año 2026.
Método de abastecimiento de mercado.

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5 se muestran los flujos de RAEE para la región NEA en el año 2016. De esta se observa que la forma más usual de manejar los AEE luego de su vida útil es el almacenamiento en el hogar (23.92%). Por otra parte, las donaciones tienen un peso importante en el diagrama de flujo de estos residuos (18.19%), así como la compra y venta entre particulares (16.81%). Sin embargo, el desecho de aparatos en los circuitos comunes o informales de residuos alcanza el 21.64%. Por otra parte, la forma de adquirir la mayoría de los AEE es a través de las casas de ventas específicas de aparatos (cerca del 85% en base peso se adquieren por esta vía).

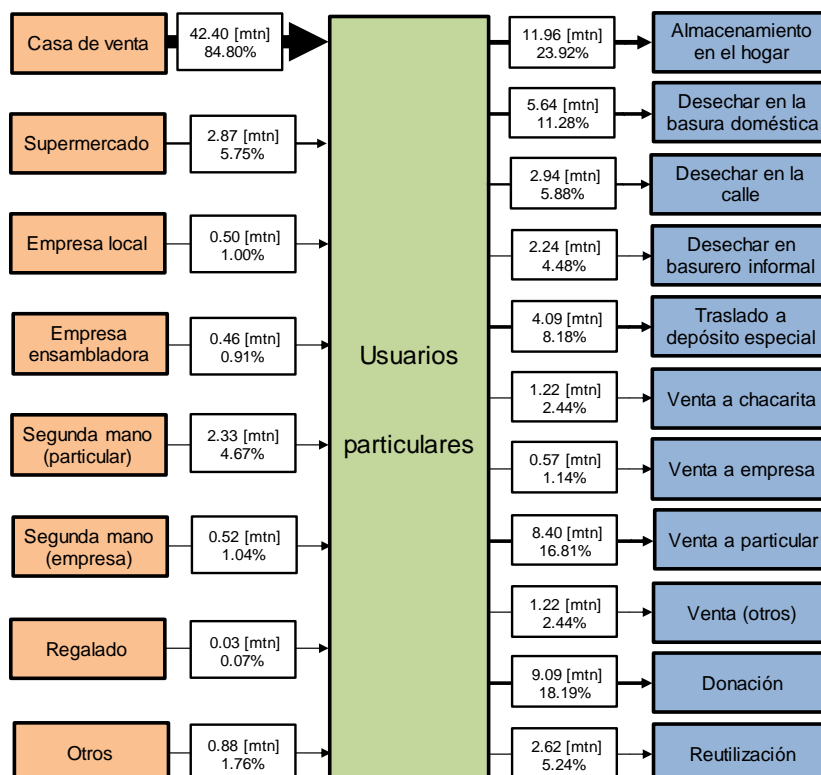


Figura 5. Flujo de RAEE en base peso para el NEA.

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se analizó el sistema de generación y manejo de RAEE en el NEA. Las siguientes conclusiones fueron alcanzadas:

- Los tiempos de vida de los AEE más utilizados fueron obtenidos en base a encuestas realizadas en las cuatro provincias del NEA. Los tiempos de vida de las PC de escritorio, laptops, impresoras, televisores y heladeras son ligeramente menores comparados con los datos obtenidos en estudios sobre países en desarrollo. En la bibliografía existente no se encontraron datos de tiempos de vida de aparatos en Argentina para comparar, por lo que estos podrían ser los primeros resultados publicados en el país.
- La proyección de RAEE generados en la región para el período 2016-2026 fue calculada en base a los métodos de 'consumo y uso' y 'abastecimiento de mercado'. El primer modelo tiende a sobreestimar los volúmenes generados debido a que no considera los decrecimientos

en las ventas de ningún tipo de AEE. Por otra parte, el segundo método tiende a subestimarlos debido a que no tiene en cuenta para el cálculo la comercialización informal de AEE. Además, no se conocen los datos históricos de ventas en el país de todos los tipos de aparatos. Por todo esto, se puede considerar que los datos correctos estarán en un valor medio de los calculados por ambos modelos (17,500-50,608tn en 2016 y 24,948-55,614tn en 2026).

- Los aparatos que tienen mayor incidencia sobre el total de RAEE generado en base peso son los lavarropas, aires acondicionados, freezers y heladeras, para el ‘método de consumo y uso’. En cambio, para el ‘método de abastecimiento de mercado’, los aparatos con mayor importancia en cuanto al peso total de RAEE desechados son los lavarropas, CPU y aires acondicionados.

- En base a las encuestas se desarrolló un esquema de los flujos de RAEE para la región NEA. Se determinó que la forma más común de adquirir la mayoría de AEE es a través de las casas de ventas específicas de aparatos (cerca del 85% en base peso). En cambio, la forma de manejarlos luego de su vida útil es muy variada, siendo las más comunes el almacenamiento, el desecho en los circuitos comunes de basura, las donaciones y las ventas entre particulares. En el 2016 irán a los circuitos comunes de residuos el 21.54% de los RAEE y se almacenará el 23.92% de ellos, calculado en base peso.

5. Referencias

- [1] ONGONDO, F.O.; WILLIAMS, I.D.; CHERRETT, T.J. (2011). How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*, v.31, n.4, p.714-730.
- [2] GREENPEACE. The e-waste problem. Greenpeace International [Internet]. Recuperado de: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/electronics/the-e-waste-problem/> (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [3] WIDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BÖNI, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v.25, n.5, p.436-458.
- [4] TSYDENOVA, O.; BENGTSSON, N. (2011). Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. *Waste Management*, v.31, n.1, p.45-58.
- [5] SILVA, U. (2010). Los residuos electrónicos en la sociedad de la información en Latinoamérica. In: SILVA, U.; GÜNTHER, C. (Ed.) *Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. Montevideo: UNESCO. p. 19-42.
- [6] UNIÓN EUROPEA, (2003a). EU WEEE Directive 2002/96/EC [Internet]. Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0096:EN:HTML> (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [7] UNIÓN EUROPEA, (2003b). EU RoHS Directive 2002/95/EC [Internet]. Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0095:EN:HTML> (último acceso el 11 de junio de 2016).

- [8] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (2015). *Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina*. Ginebra:UIT-UNU. 64p.
- [9] LINDHQUIST, T.; MANOMAIVIBOOL P.; TOJO, N. (2008). *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano. La gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Argentina*. Lund: The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University. 62 p.
- [10] SILVA, U.; OTT, D.; BOENI, H. (2008). E-waste recycling in Latin America: overview, challenges and potential. En: Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Cancún, 12–15 de octubre.
- [11] FERNANDEZ PROTOMASTRO, G. (2009). De un residuo peligroso a un mercado latinoamericano del reciclado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. In: MATA, D. (Ed.) *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*. Santiago: Ediciones SUR. p. 143-168.
- [12] MAGALINI, F.; KUEHR, R.; BALDÉ C.P. (2015). *EWaste in Latin America. Statistical analysis and policy recommendations* [Internet]. Universidad de las Naciones Unidas. 37 p. Recuperado de <http://www.gsma.com/latinamerica/ewaste2015> (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [13] INDEC (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Recuperado de http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135 (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [14] LOHSE, J.; WINTELER, S.; WULF-SCHNABEL, J. (1998). Collection targets for waste from electrical and electronic equipment (WEEE) compiled for the directorate general environment. Nuclear safety and civil protection of the Commission of the European Communities. Ökopol.
- [15] INDEC (2013). Proyecciones provinciales de población por sexo y grupo de edad 2010-2040. Recuperado de http://www.indec.gov.ar/nivel3_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=24 (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [16] SCHLUEP, M; MÜLLER, E.; OTT, D.; ROCHAT, D. (2012). *E-Waste Assessment Methodology Training & Reference Manual Knowledge partnerships in e-waste recycling with developing countries*. Dübendorf: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa). 106 p.
- [17] INDEC (2015). Encuesta de comercios de electrodomésticos y artículos para el hogar. Recuperado de http://www.indec.gov.ar/informesdeprensa.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=1&id_tema_3=37 (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [18] CAMOCA (2014). Informe RAEE 2014. Recuperado de <http://www.camoca.com.ar/informes-del-ano-2014/> (último acceso el 11 de junio de 2016).
- [19] SCHLUEP, M; HAGELUEKEN, C.; KUEHR, R.; MAGALINI, F.; MAURER, C.; MESKERS, C.; MUELLER, E.; WANG, F. (2009). *Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Recycling – from E-waste to resources*. Dübendorf: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa). 120 p.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SIMULACIÓN CFD DE LA ESTELAS PRODUCIDAS POR GENERADORES EÓLICOS MEDIANTE MODELOS REDUCIDOS

Gonzalo Pablo Navarro Diaz, Centro de Simulación computacional (CSC – CONICET),
gonzalo.navarro@csc.conicet.gov.ar

Andrea Celeste Saulo, Centro de Investigaciones del Mar y la
Atmosfera (CIMA) y Servicio Meteorológico Nacional (SMN), saulo@cima.fcen.uba.ar

Alejandro Daniel Otero, Centro de Simulación computacional (CSC – CONICET),
aotero@.uba.ar

Resumen— El potencial eólico de la Argentina es uno de los mayores del mundo. Actualmente la participación de esta fuente de energía en el mercado eléctrico nacional es baja, pero se espera que en los próximos años aumente considerablemente. Debido a esta expectativa en la expansión de la energía eólica, Argentina necesita incorporar herramientas para el pronóstico de potencia a corto plazo aplicado a esta producción. Con el objetivo de apoyar el desarrollo de este plan, en este trabajo se aborda el estudio fluidodinámico de los parque eólicos, el cual es necesario para comprender la interacciones de las turbinas entre sí y con el flujo, y también para la estimación de la potencia generada. Para ello se utiliza el software libre OpenFOAM de modelado fluidodinámico computacional (CFD). La representación de las turbinas se realiza a partir de modelos reducidos, los cuales permiten disminuir el costo computacional sustituyendo las aspas por fuerzas con efecto equivalente actuando sobre el fluido. Se trabaja con la configuración y mediciones de viento y potencia de un parque eólico ubicado en la Patagonia. Los resultados indican una buena performance del modelo reducido más sencillo para describir la interacción de la estela con las turbinas aguas abajo.

Palabras clave— *modelos reducidos, energía eólica, CFD, OpenFOAM.*

1. Introducción

Dentro de las energías renovables, la eólica ocupa un lugar destacado, ya que es un recurso abundante, limpio y con menos costo de producción que otras energías. En 2015, fue la principal fuente de nueva capacidad generadora de electricidad en Europa y Estados Unidos, y la segunda más importante en China. A nivel mundial, se añadió un récord de 63 GW, sumando un total aproximado de 433 GW [1]. La región patagónica se encuentra entre las mejores tierras en las cuales el recurso del viento es extenso y considerado de buena calidad, debido a su alta intensidad y persistencia. Actualmente la participación de esta fuente de energía en el mercado eléctrico nacional es baja, alcanzando el 0,4% de la producción de energía, pero se espera que en los próximos años aumente considerablemente, con un 20% para el 2025, en base a la Ley Nacional 26190, relacionada al Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.

Debido a esta expectativa en la expansión de la energía eólica, Argentina necesita incorporar herramientas para el pronóstico de potencia a corto plazo aplicado a esta producción. La capacidad de pronosticar de manera más precisa producción eólica reduce el riesgo de

incertidumbre y permite un mejor planeamiento e integración de la energía eólica dentro del sistema [2]. Para desarrollar este plan, es necesario abordar un análisis de flujo del viento en el parque eólico, el cual es necesario para comprender la interacción de las turbinas entre sí y con el flujo, y también para la estimación de la potencia generada.

Para analizar la estela que se produce detrás de la turbina, esta necesita ser representada con un cierto nivel de detalle, lo cual conlleva un problema de recursos computacionales. Por ejemplo, es posible realizar un modelo 3D de alta resolución de las aspas, pero esto requiere un gran costo computacional [3][4]. Con el objetivo de ahorrar recursos, se utilizan los modelos reducidos de turbinas, en los cuales se substituyen las aspas por fuerzas con efecto equivalente actuando sobre el fluido. Esencialmente se ubica una superficie permeable sobre la cual se distribuyen las fuerzas de empuje. Existen varias opciones de modelos reducidos, en las cuales una descripción más detallada de la turbina se traduce en un costo computacional mayor. Uno de los de los modelos más simple y ampliamente usado es el Actuador Discal, en el cual se distribuyen las fuerzas de manera constante sobre el área que barren las aspas del rotor [5].

En este trabajo se aborda el estudio fluidodinámico de los parque eólicos. Para ello se utiliza el software libre OpenFOAM [6] de modelado fluidodinámico computacional (CFD). Para la representación de las turbinas se adopta el modelo reducido de Actuador Discal. En la primera parte, se modela un experimento de túnel de viento [7], con el objetivo de llevar a cabo un estudio de sensibilidad al mallado y realizar una comparación mediciones de velocidad. Los resultados obtenidos, a partir de este modelo simple de turbina, se ajustan al flujo dentro del túnel. En la segunda parte, se lleva a cabo una simulación de un parque eólico ubicado en la Patagonia. Del mismo se cuentan con datos de mediciones, que se utilizan tanto para inicializar las variables de entrada como así también para contrastar con los resultados de velocidad de viento y potencia obtenidos.

2. Métodos

2.2 Modelo de Actuador Discal

Cuando se desea realizar un modelo CFD de la turbina, existen dos maneras en que se puede abordar su representación, describiendo explícitamente las aspas o mediante modelos reducidos. Esta última opción permite reducir los costos de cómputo, debido a que se reemplaza la turbina por fuerzas de empuje que actúan sobre el fluido, comportándose como un sumidero de momento. Con respecto a la ubicación de estas fuerzas, se pueden utilizar diferentes enfoques con creciente grado de sofisticación, dependiendo de la disponibilidad de información de la turbina. El más sencillo es el modelo de Actuador Discal - AD, siendo el más utilizado para modelizar parque eólicos [8]. En este modelo el rotor se aproxima a un disco permeable, sobre el cual se distribuyen las fuerzas de empuje.

El software libre OpenFOAM dispone de una librería del AD (actuationDiskSource), en la cual las fuerzas son distribuidas de manera constante sobre el disco. El empuje total, es decir la fuerza que el AD ejerce sobre el fluido en la dirección axial, sigue las siguientes ecuaciones:

$$T = 2\rho A_d U_\infty^2 a(1 - a) \quad (1)$$

$$U_{disk} = (1 - a)U_\infty \quad (2)$$

$$a = 1 - \frac{C_p}{C_t} \quad (3)$$

Donde A_d es el área del disco, U_∞ es la velocidad aguas arriba y U_{disk} es la velocidad en el disco dada en función del factor de interferencia a . En la ecuación (3), se define este factor a en función de C_t y C_p , que corresponden a los coeficientes de empuje y potencia para la velocidad aguas arriba. Estos coeficientes se definen según:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^3 A_d} \quad (4)$$

$$C_t = \frac{T}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2 A_d} \quad (5)$$

Los mismos dependen del campo de flujo y son obtenidos de tablas, dependientes del diseño de la turbina. A partir de C_p se puede calcular la potencia extraída:

$$P = C_p \left(\frac{1}{2} \rho U_\infty^3 A_d \right) \quad (6)$$

Esta potencia se encuentra en función de U_∞ , la cual puede estar perturbada por la estela de las demás turbinas del parque eólico. Para independizarse de este inconveniente, se puede expresar la potencia en función de U_{disk} como:

$$P = C_p \left(\frac{1}{2} \rho \left(\frac{U_{disk}}{1 - \left(1 - \frac{C_p}{C_t}\right)} \right)^3 A_d \right) \quad (7)$$

El solver de OpenFOAM utilizado en este trabajo se denomina simpleFoam, el cual es estacionario para fluidos incompresibles, turbulentos y Newtonianos.

2.2 Simulación en Túnel de Viento

Con el objetivo de validar la capacidad de describir la estela por parte del AD con empuje constante y, también, para llevar a cabo un análisis de sensibilidad de la solución al mallado, se compara los resultados obtenidos en una simulación con mediciones, que fueron realizadas en un experimento de túnel de viento [7]. Se escogió este trabajo ya que el mismo fue preparado con el objetivo de contrastar distintos modelos numéricos de rotores con mediciones en una turbina a escala reducida. En el experimento se utilizó un túnel de viento de ciclo cerrado, con un ancho de 2.70m, 1,80m de alto y 11,15m de largo. En este se ubicó una sola turbina de 0,90m de diámetro D y 0,82m de altura de góndola. El rotor se colocó a $4D$ aguas abajo de la entrada y se llevaron a cabo mediciones del perfil de velocidades a una distancia a partir del rotor de $X/D=1$, $X/D=3$ y $X/D=5$. En este trabajo, los resultados de simulaciones son contrastados con las mediciones obtenidas, a partir de una velocidad de viento de entrada de 10m/s y a las distancias anteriormente mencionadas. Los coeficientes C_t y C_p son extraídos del mismo experimento, para ser introducidos como datos de entrada en la configuración del AD.

Con respecto a las condiciones de borde, se coloca una condición fija y uniforme para el viento entrante, mientras que se adopta una condición tipo pared para las caras laterales, techo y suelo. Para la cara trasera se toma una condición de salida de flujo.

Con el objetivo de realizar un estudio de sensibilidad de la solución al mallado, el túnel de viento es dividido en dos tipos de malla, una general y otra para las cercanías del rotor. La malla general se compone de celdas hexaédricas con igual dimensión en las tres direcciones - Δ , mientras que el rotor es encerrado con una malla de mayor resolución en forma de cilindro, de diámetro $1,40D$ y largo $0,70D$ aguas arriba del plano de la turbina y $1D$ aguas abajo. Dentro del cilindro, las celdas toman la mitad de la dimensión adoptada para el mallado

general, mientras que entre las dos mallas se propone una transición con espesor de una celda. Se testean diferentes resoluciones, con creciente cantidad de celdas que caben a lo largo del diámetro - D/Δ , con el fin de hallar la mínima resolución necesaria que logre describir correctamente el perfil de velocidades, a una distancia de $X/D=1$ del rotor. Los casos simulados van desde $D/\Delta=4$ hasta $D/\Delta=24$. En las Figuras 1, 2 y 3 se observa el mallado transversal correspondiente a $D/\Delta=4$, $D/\Delta=10$ y $D/\Delta=24$. Para el mallado de menor resolución se requiere un total 744 celdas, mientras que para el intermedio y el de mayor resolución se utilizan 11.355 y 166.754 celdas, correspondientemente.

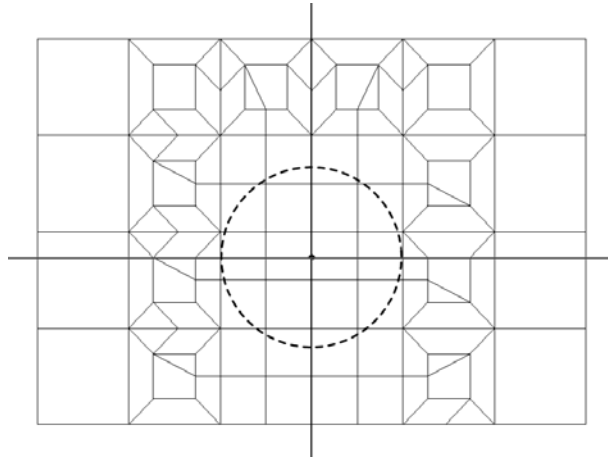


Figura 1. Mallado transversal del túnel de viento para $D/\Delta=4$.

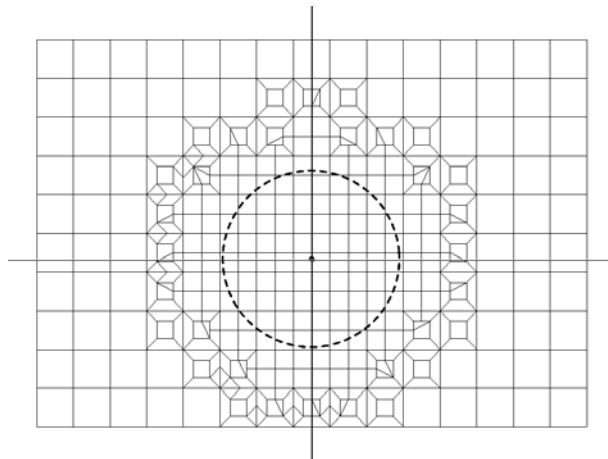


Figura 2. Mallado transversal del túnel de viento para $D/\Delta=10$.

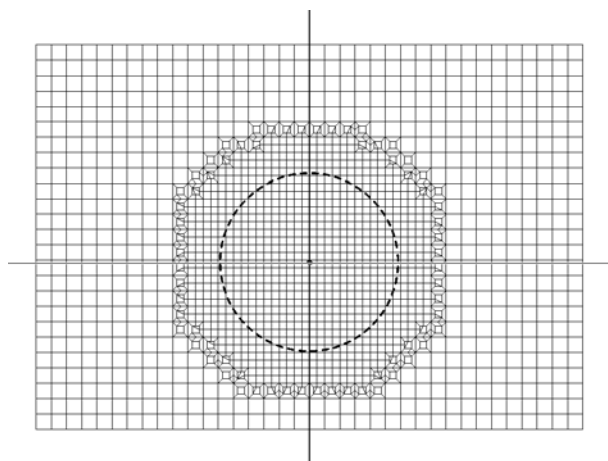


Figura 3. Mallado transversal del túnel de viento para $D/\Delta=24$.

Para llevar a cabo las simulaciones de túnel de viento, se utiliza una computadora de escritorio con procesador Core i7 de 4 núcleos. El solver se corre en paralelo, utilizando todos los procesadores disponibles.

2.3 Simulación del parque eólico

El parque eólico Rawson está emplazado sobre tierra a pocos kilómetros de la capital de Chubut. Esta zona es caracterizada por terreno llano y un régimen de vientos de clase 2, cuya velocidad media a largo plazo promediada para todos los aerogeneradores es de 8m/s. El parque está compuesto por 43 turbinas Vesta V90, distribuidas en 4 filas en dirección SO, y un mástil meteorológico, localizado en la esquina NO. Todas las turbinas son de 1,8MW, con una altura de góndola y diámetro del rotor de 80m y 90m, respectivamente. Con respecto a la distribución promedio dentro del parque, las turbinas se encuentran separadas a 4D dentro de la fila y a 12D entre filas. Esto da al parque una dimensión total de 4km en las dos direcciones. El mástil se ubica a 6D a partir del rotor más cercano, y sus mediciones se realizan a 50m y 80m de altura.

Con respecto a la configuración del dominio computacional, se agregan márgenes libre en ambas direcciones, con el objetivo de analizar la interferencia que producen las turbinas sobre el fluido entrante. A partir de las recomendaciones que se realizan en Javahely [9], el margen de entrada y sobre los bordes es de 5D y para el de salida se adopta 25D, tomando el dominio una dimensión total de 7km x 5km. Para el tope superior, se adopta 9D por encima de la góndola, dando una altura total de 1km a partir de la superficie del terreno. Con respecto a las condiciones de borde, se utiliza la condición de capa límite para la entrada, disponible en OpenFOAM, en la cual se adopta un perfil logaritmo. Para los laterales y la salida, se considera la condición de cara deslizante, mientras que el suelo se lo adopta plano y con la condición tipo pared.

El mallado del dominio se separa en dos instancias. Para el mallado general, se coloca una distribución creciente en la dirección vertical, con celdas de 1m cerca de la superficie del suelo, que luego se expanden, hasta tomar 50m en el tope del dominio. Esta distribución permite capturar más detalles del flujo cercano a las turbinas. Para las direcciones horizontales, se adoptan las recomendaciones que arroja el análisis de sensibilidad al mallado, realizado en este trabajo. De esta manera, las celdas ubicadas en la malla general toman una

longitud de 18m, mientras que, dentro del cilindro que encierra al rotor, se coloca un mínimo de 10 celdas a lo largo del diámetro de la turbina. En total, el dominio alcanza una cantidad de 2 millones celdas.

A partir del análisis de las mediciones de viento del mástil, se obtiene que los vientos predominantes provienen del cuadrante oeste, con una mayor frecuencia en la dirección 270° . Cuando el viento sopla en esta dirección, el mástil se encuentra libre de la interferencia de la estela del parque, lo que permite adoptar la medición de viento para ajustar el perfil logarítmico entrante. Las coordenadas de las turbinas son giradas, para que el eje x coincida con la dirección de viento entrante.

El caso simulado consiste en una condición de viento proveniente del oeste a 270° a una velocidad de 8m/s, la cual resulta intermedia entre la de arranque, 3,50m/s, y la nominal, 12m/s, de la turbina. Esto permite que las turbinas produzcan en un rango amplio de potencias. A partir de esta condición, se busca en los registros de mediciones, los cuales están disponibles cada 10 minutos, un período en el cual las condiciones reales sean similares. La configuración de los AD es fijada con C_t y C_p constante para todas las turbinas.

Para llevar a cabo la simulación, se emplea el Cluster TUPAC [10], del cual se utilizan 64 núcleos.

3. Resultados y Discusión

3.1 Simulación en Túnel de Viento

Se presentan a continuación los diferentes resultados obtenidos a partir de la modelización del experimento de túnel viento.

3.1.1 Campo de velocidades

En la Figuras 4, 5 y 6 se observa el campo de velocidades en la sección transversal, ubicada a $X/D=1$, para los casos $D/\Delta=4$, $D/\Delta=10$ y $D/\Delta=24$. Los mismos corresponden a la solución estacionaria, en la cual se grafican los valores promedio de las celdas. En la Figura 7, se muestran los resultados para la sección longitudinal, ubicada en el centro del rotor. La velocidades se grafican de manera interpolada a lo largo del dominio.

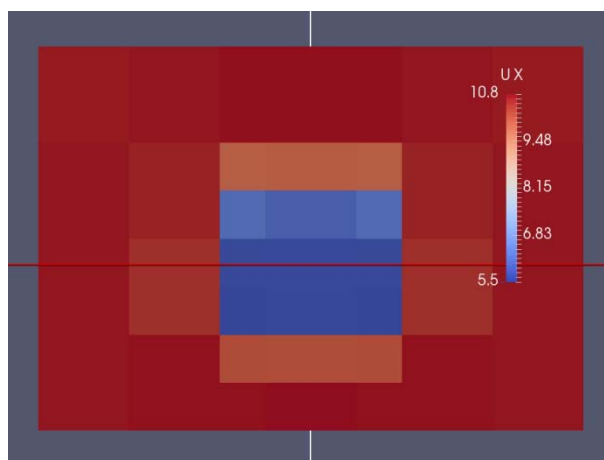


Figura 4. Campo de velocidades transversal a $X/D=1$, para el mallado $D/\Delta=4$.

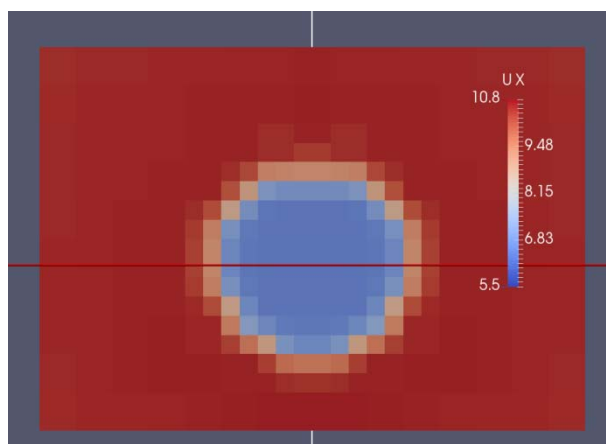


Figura 5. Campo de velocidades transversal a $X/D=1$, para el mallado $D/\Delta=10$.

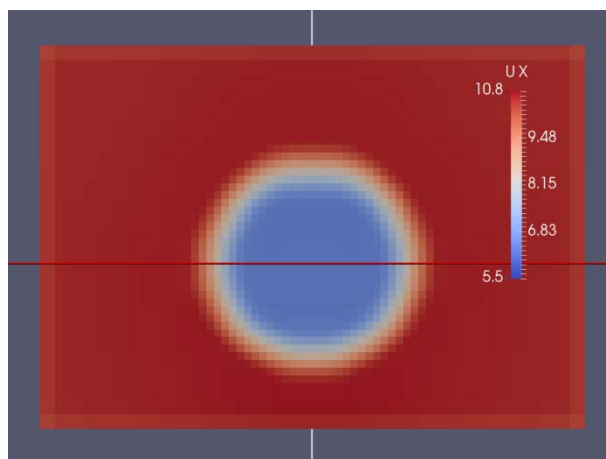


Figura 6. Campo de velocidades transversal a $X/D=1$, para el mallado $D/\Delta=24$.

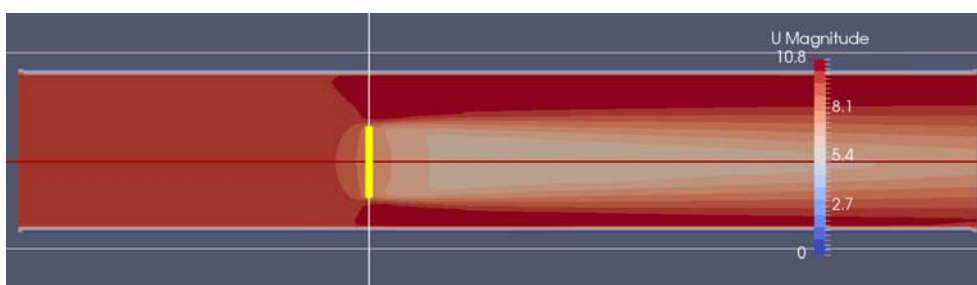


Figura 7. Campo de velocidades longitudinal, para el mallado $D/\Delta=24$.

A partir de los campos de velocidad estacionarios para distintas resoluciones, se observa como la solución va de una descripción imprecisa, para un valor bajo de D/Δ , a una solución más suavizada, para valores altos de D/Δ . Los tiempos de cómputo de solver crecen con el nivel de resolución, con valores de 1s, 2s y 94s para $D/\Delta=4$, $D/\Delta=10$ y $D/\Delta=24$, correspondientemente. En la Figura 7 se observa que el máximo déficit de velocidad se produce en la estela cercana, mientras que se debilita en los laterales al alejarse del rotor.

3.1.2 Sensibilidad de la solución al mallado

El perfil de velocidades transversal horizontal se puede observar en la Figura 8, a una distancia $X/D=1$ del rotor. Se presentan los resultados para los casos $D/\Delta=4$, $D/\Delta=10$ y $D/\Delta=24$. En eje vertical se grafica el deficit de velocidad $1 - U/U_{ref}$ para el estado estacionario, siendo $U_{ref}=10\text{m/s}$ en este caso. En la figura 9 se grafican los valores de error medio para distintas resoluciones D/Δ , comparadas con la resolución más alta, $D/\Delta=24$.

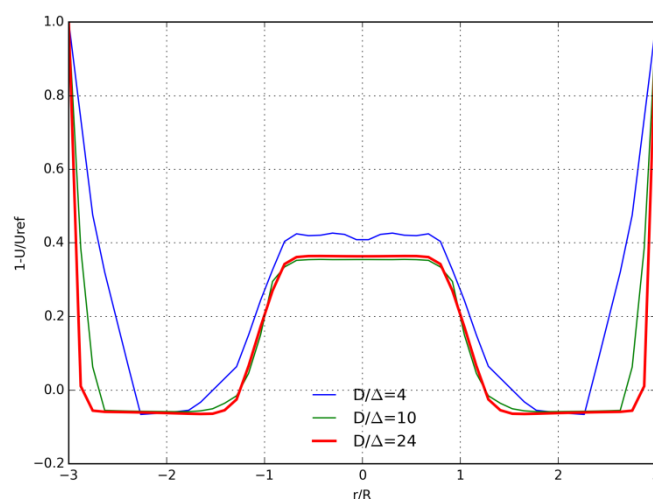


Figura 8. Perfiles de velocidades transversales horizontales, a una distancia $X/D=1$

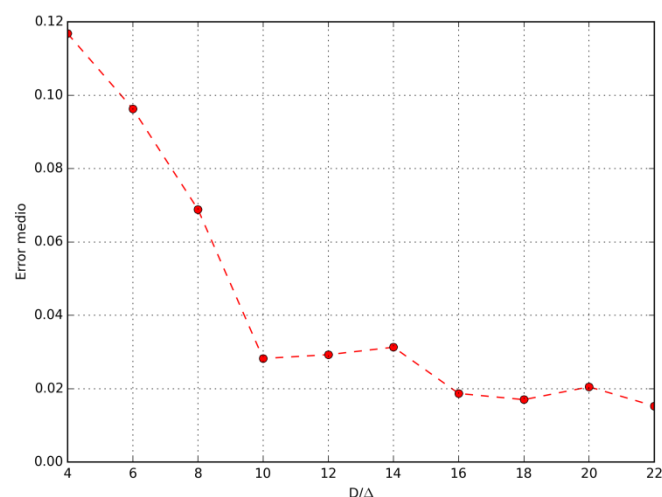


Figura 9. Error medio para distintas para distintas resoluciones D/Δ , comparadas con la resolución más alta $D/\Delta=24$.

Tanto en los perfiles de velocidad como en los errores medios, se puede observar cómo, a partir del aumento de la resolución, la solución converge rápidamente al un valor cercano al

obtenido con el mallado de mayor resolución. Este acercamiento abrupto se ve continuado por una asíntota suave, de la cual se extrae que un valor de $D/\Delta=10$ permite una buena descripción del fenómeno a un costo computacional relativamente bajo. El ajuste de la solución se puede ver claramente en la resolución de la velocidad cerca de las paredes y en los cambios abruptos del perfil.

A la distancia $X/D=1$ del rotor, la caída de velocidad, debida a la presencia del AD, representa un 36% de la velocidad de entrada aguas arriba.

3.1.3 Comparación con mediciones

En la Figura 10, 11 y 12 se comparan los perfiles transversales horizontales de velocidad de las mediciones y los resultados de la simulación. Los mismos se encuentran a una distancia $X/D=1$, $X/D=3$ y $X/D=5$.

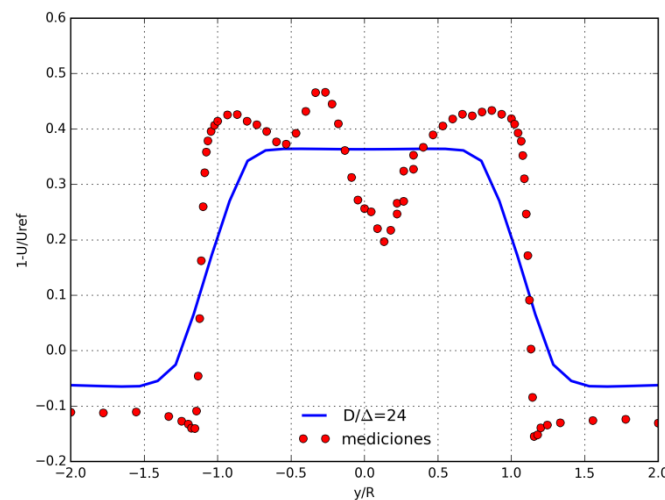


Figura 10. Perfiles de velocidades transversales horizontales, a una distancia $X/D=1$

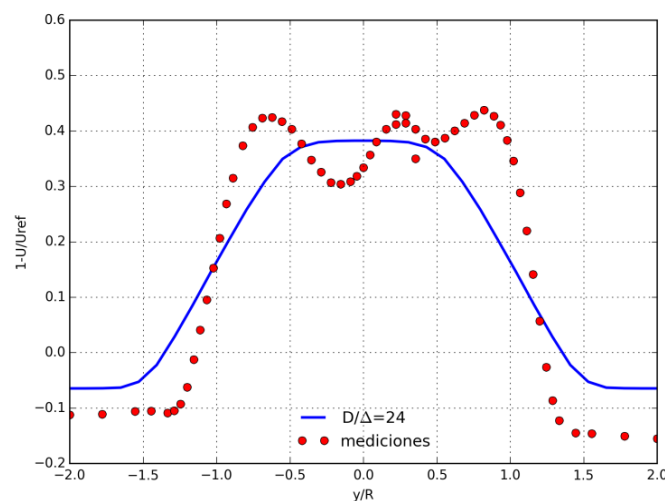


Figura 11. Perfiles de velocidades transversales horizontales, a una distancia $X/D=3$

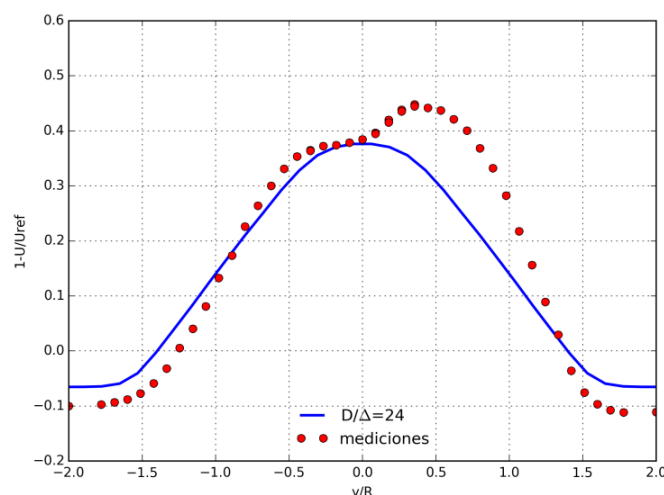


Figura 12. Perfiles de velocidades transversales horizontales, a una distancia $X/D=5$

Debido a que la simulación se realiza a partir de cargas distribuidas de manera constante sobre el disco, es claro que no se puede capturar los detalles de la estela en la cercanía del rotor, como el aumento de velocidad en el centro. Este fenómeno es debido a la presencia de la góndola, como así también a que las aspas no se extienden hasta el centro del rotor. En cambio, el perfil de velocidad extraída, que se obtiene con el AD a una distancia $X/D=1$, es del tipo meseta con los extremos redondeados. A una distancia mayor, se aproxima a una campana, la cual se acerca mejor a las mediciones.

Los resultados experimentales muestran una asimetría que no es explicada en el trabajo original. En el mismo, todos los resultados de modelos numéricos son simétricos. En general los resultados del AD, utilizado en este trabajo, aproximan adecuadamente el comportamiento de la estela.

3.2.Simulación de parque eólico

Se presentan a continuación los diferentes resultados obtenidos de la modelización del parque eólico Rawson.

3.2.1.Campo de velocidades

El campo de velocidades estacionario resultante en el parque se puede observar en la Figura 13. El mismo fue trazado sobre un plano horizontal a la altura de las góndola de las turbinas. De las turbinas, se identifican dos alineadas en la dirección del viento, T08 y T17, y se grafican las velocidades en un plano vertical que pasa por el centro de ambos rotores, Figura 14. El déficit de velocidad, producida por ambas turbinas, se grafica en la Figura 15.

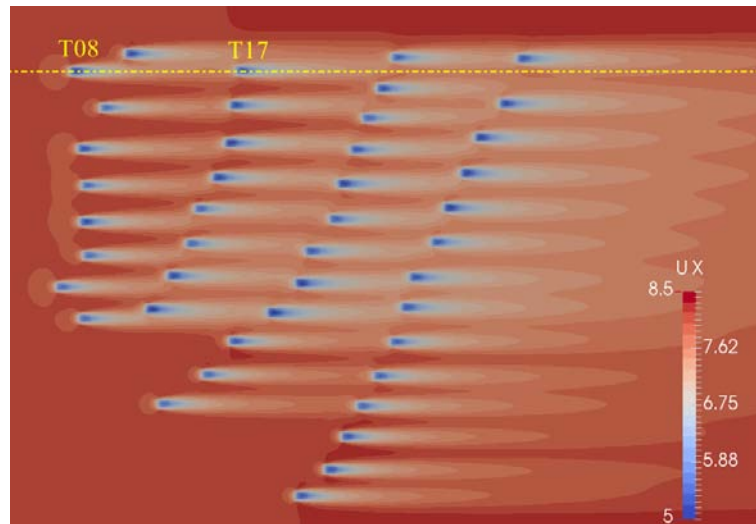


Figura 13. Campo de velocidades estacionario a la altura de la góndola.



Figura 14. Campo de velocidades estacionario a lo largo de una línea de turbinas, T08 y T17.

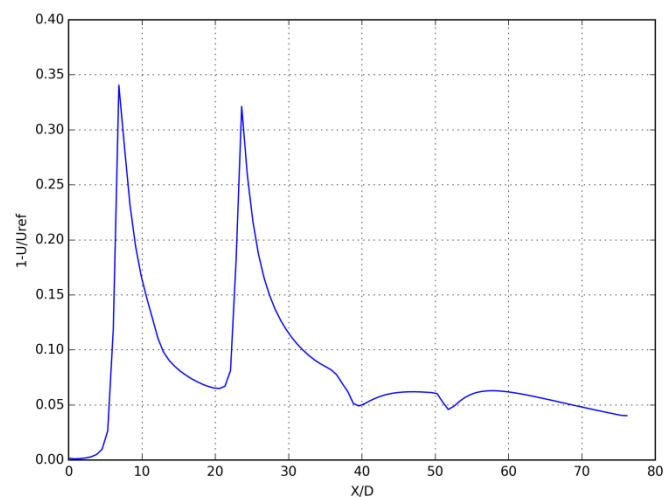


Figura 15. Déficit de velocidades normalizado en estado estacionario a lo largo de una línea de turbinas, T08 y T17.

Para alcanzar la estacionalidad, se requieren de 800 iteraciones, lo que equivale a un tiempo de cómputo del solver de aproximadamente 9min.

A partir de los campos de velocidad del parque eólico, se puede observar que, para la dirección del viento de 270° , la disposición de las turbinas permite minimizar la superposición de estelas en una misma línea de turbinas. La mayor interferencia, y consiguiente mayor reducción de velocidad, se produce en el centro del parque, en el cual interactúan las estelas de 4 filas transversales. Del plano longitudinal, se puede ver como la mayor perturbación de fluido se produce en los alrededores de rotor, mientras que por encima el flujo se mantiene sin modificaciones.

El déficit de velocidad de la primera turbina toma un valor de 33%, y su estela produce que la segunda turbina reciba una velocidad de entrada menor, comparada aguas arriba. En el grafico de velocidades también se puede observar pequeños aumentos de velocidad aguas abajo debido a la presencia cercana de otras turbinas.

3.2.2. Comparación con mediciones de potencia

En la Figura 16 se muestra los valores promedios de potencia medidos durante un periodo de 10min, correspondientes al caso simulado. En la Tabla 1 se presentan las potencias calculadas para la primera fila de turbinas, las cuales reciben el flujo sin perturbar. Para el cálculo se emplean los valores de U_{disk} de cada turbina, extraídos de la simulación.

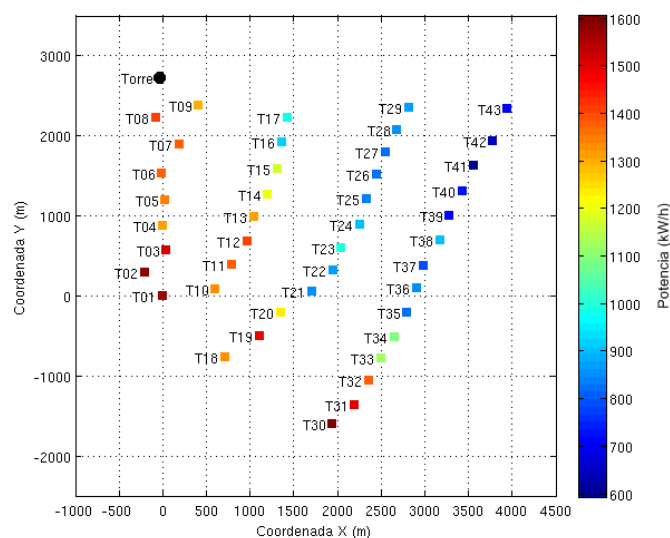


Figura 16. Promedio de potencias medidas durante un periodo de 10min. La posición de los puntos corresponde a la ubicación de las turbinas y su color a la potencia medida.

Tabla 1. Potencia medida y calculada para la primera fila de turbinas aguas arriba.

Turbina	Potencia medida (KW)	Potencia calculada (KW)
1	1574	1676
2	1587	1693
3	1524	1623
4	1314	1472
5	1353	1641
6	1373	1377
7	1379	1623
8	1411	1331
9	1291	1489

A partir de los valores de potencia medidos, se puede identificar que las turbinas que menos producen, con una reducción máxima de 62%, son aquellas que quedan por detrás de las estelas generadas por las tres filas transversales. Esto coincide con la superposición de estelas, y consecuente reducción de velocidad, que se puede observar en la simulación del parque.

Con respecto a los valores obtenidos de potencia calculada, se observa un error promedio de 10%, comparándolos con los valores medidos en el parque. Estos errores pueden atribuirse, en parte, a la descripción aproximada de la estela por parte del AD como así también a que las mediciones son el resultado de un promedio durante los 10 minutos.

4. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos, para las simulaciones del túnel de viento, se puede llegar a la conclusión de que el modelo de Actuador Discal, con empuje constante, logra describir de manera general la estela, sin poder lograr resolver los detalles cercanos a la turbina. A partir del análisis de sensibilidad de la solución al mallado, se obtiene que la cantidad de 10 celdas, a lo largo del diámetro del rotor, es la cantidad necesaria para poder describir de manera aceptable, y con un bajo costo computacional, la interferencia generada por la turbina.

Con respecto a la salida de la simulación de parque eólico, la descripción de la superposición de estelas coincide con la reducción de potencia medida de las turbinas aguas abajo. El cálculo de la producción de cada turbina, a partir de los resultados de velocidad de viento y coeficientes C_t y C_p constantes, resulta acertado para las turbinas que reciben el flujo sin perturbar. Para aquellas que se ubican detrás de la estela, los coeficientes se deberían ajustar para cada turbina en particular. Dentro de las limitaciones que presenta la configuración del caso simulado, la resolución estacionaria del flujo solo permite una condición constante de viento entrante.

De esta manera, el Actuador Discal resulta conveniente para simulaciones de la estela de un parque eólico, en las que se busca una descripción general a un costo computacional bajo.

Como tareas futuras en la línea de investigación, se propone que los coeficientes C_t y C_p sean independientes para cada turbina, pudiendo ajustarse a la velocidad medida en el disco. Además se explorará la utilización de modelos reducidos más complejos, los cuales puedan representar de una manera más correcta los fenómenos aerodinámicos que ocurren en la turbina.

5. Referencias

- [1] SECRETARIADO DE REN21. (2016). Energías Renovables 2016, Reporte de la situación mundial, Hallazgos claves 2016. Paris. 31p.
- [2] FOLEY A.M; LEAHY, P.G.; MARVUGLIA, A.; MCKEOGH E.J. (2012). Current methods and advances in forecasting of wind power generation. *Renewable Energy*. 37p. p. 1-8.
- [3] Bazilevs Y.; Hsu M.C.; Akkerman I.; Wright S.; Takizawa K.; Henicke B.; Spielman T.; Tezduyar T.E. (2011). 3D simulation of wind turbine rotors at full scale. Part I: Geometry modeling and aerodynamics. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. v. 65, p. 207-235.
- [4] Bazilevs Y.; Hsu M.C.; Akkerman I.; Wright S.; Takizawa K.; Henicke B.; Spielman T.; Tezduyar T.E. (2011). 3D simulation of wind turbine rotors at full scale. Part II: Fluid–structure interaction modeling with composite blades. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*. v. 65, p. 236-253.
- [5] SANDERSE, B. (2009). Aerodynamics of wind turbine wakes, Literature review. *Eergy research Center of the Netherlands*. 46p.
- [6] OpenFOAM (2016), URL <http://www.openfoam.com>.
- [7] KROGSTAD, P.; ERIKSEN, P.E. (2013). “Blind test” calculations of the performance and wake development for a model wind turbine. *Renewable Energy*. n. 50, p. 325 – 333.
- [8] MARTINEZ, D. (2013). Development of a wake model for wind farms based on an open source CFD solver. Strategies on parabolization and turbulence modeling, PhD Thesis, Madrid, p. 27-35.
- [9] JAVAHERI, A. (2013). Wake modeling of and offshore wind farm using OpenFOAM. *Dewi Magazin*. Wilhelmshaven, Alemania, n. 43, p.15-22.
- [10] Cluster TUPAC, URL <http://tupac.conicet.gov.ar>.

MEDICION DE CONDICIONES DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL EN EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES DE LA UNaF. COMPARACIÓN CON CONDICIONES FIJADAS POR NORMATIVA IRAM-AADL

MARTINA, Pablo, Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER).
Depto. de Termodinámica. Facultad de Ingeniería (FI) – Universidad Nacional del Nordeste
(UNNE). Av. Las Heras N° 727. Resistencia, Chaco. pablo@ing.unne.edu.ar

CÓCERES, Héctor, Facultad de Recursos Naturales (FRN), Universidad Nacional de
Formosa (UNaF). Av. Gutnisky 3200, Formosa. h_coceres@yahoo.com.ar

ALÍAS, Herminia, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU). Universidad Nacional del
Nordeste (UNNE). Resistencia, Chaco. Av. Las Heras N° 727. heralias2001@yahoo.com.ar

FLORES, María, Facultad de Recursos Naturales (FRN), UNaF. mariafloresing@gmail.com

CORACE, Juan José, GIDER. Facultad de Ingeniería (FI) – UNNE.

ARCE, Jorge; COMEZANA, Carlos y RAFANIELLO CAPRA, José, Facultad de
Recursos Naturales (FRN), UNaF.

Resumen

Se exponen avances de un proyecto de investigación en desarrollo en la Universidad Nacional de Formosa, tendiente a realizar una evaluación de la calidad ambiental del aire interior y del desempeño térmico - lumínico de los edificios más representativos de su Campus, con miras a definir pautas institucionales para el Uso Racional de la Energía y para el saneamiento ambiental en su edificación. Tomado como caso el edificio de la Facultad de Recursos Naturales, se exponen los resultados de mediciones de niveles de iluminación interior (durante diciembre de 2014 y junio-julio de 2015) en una muestra de locales, y su posterior análisis y diagnóstico según la normativa vigente del IRAM-AADL J 20-06, para edificios escolares. Se registraron niveles de iluminación bastante inferiores a los establecidos para las funciones de los espacios monitoreados, además de problemas de deslumbramiento, lo que está orientando la propuesta de medidas de adecuación. Considerando que la presencia de abundante luz natural en nuestra región posibilita la iluminación de los espacios interiores durante gran parte del día, sin necesidad de recurrir a la iluminación artificial, se verifica el desaprovechamiento de las posibilidades que brinda dicha iluminación natural, por lo que es posible implementar medidas de mejoramiento, a través del adecuado planteo de las aberturas de los locales, lo que redundaría en una disminución del consumo de electricidad.

Palabras clave: edificios educativos, iluminación, mediciones, diagnóstico.

1. Introducción - Objetivos

La presencia de abundante luz natural en nuestra región nordeste argentina posibilita la iluminación de los espacios interiores durante gran parte del día, sin necesidad de recurrir a la iluminación artificial [1], o recurriendo a la misma sólo cuando la iluminación natural no está disponible, lo que redundaría en un uso menos intensivo de la iluminación artificial. El promedio mensual de irradiación solar global diaria en la ciudad de Formosa es de 6,5 KWh/m² en Enero y de 2,5 KWh/m² en Junio, mientras que la heliofanía efectiva promedio (horas de brillo solar) es de 7 horas en Diciembre y 5 horas en Junio [2]. Por otra parte, la heliofanía relativa en la ciudad de Formosa es de 59% en invierno y de 83% en verano [3]. Ante la necesidad de racionalizar y/o reducir el consumo de energía eléctrica, sin disminuir la calidad de las condiciones de habitabilidad de los espacios interiores de los edificios, se plantea la premisa de hacer un uso eficiente de la iluminación natural, en las horas en que la misma es posible, para poder así disminuir, todo lo que sea posible, la demanda de iluminación artificial. Esto se relaciona con la correcta orientación de las aberturas y paños vidriados, así como en la cuidadosa selección de su tipo y protecciones.

Se planteó la hipótesis según la cual los niveles de iluminación necesarios para el normal desarrollo de las actividades en los principales sectores del edificio de la Facultad de Recursos Naturales (FRN) de la Universidad Nacional de Formosa (UNaF) se alcanzan mediante un uso excesivo de dispositivos de iluminación artificial (lo que repercute en un consumo eléctrico intensivo), y por lo tanto desaprovechando las posibilidades de uso de la iluminación natural, en los horarios en que la misma es posible. Por lo tanto, la optimización del rendimiento lumínico, y por lo tanto energético, de los sectores principales del edificio de la FRN, con la obtención de los rangos y niveles que respondan a las normas técnicas vigentes, podrían alcanzarse mediante el adecuado aprovechamiento de la iluminación natural, a través del diseño, distribución y orientación de las aberturas y paños vidriados de las envolventes constructivas (y sus dispositivos de protección) de dicho edificio, y mediante la aplicación y adecuación a la normativa luminotécnica vigente.

En este marco, se comentan algunos resultados de un proyecto de investigación en desarrollo en la UNaF, titulado “*Determinación de las condiciones higrotérmico – lumínicas y de calidad del aire de edificios del campus de la UNaF. Diagnóstico en función de normativa de habitabilidad y URE*”. Dicho proyecto está realizando una evaluación del desempeño higrotérmico - lumínico y de calidad del aire interior de los edificios más representativos del Campus de la UNaF, lo que permitiría definir premisas básicas para determinar políticas institucionales para el “Uso Racional de la Energía” y para el saneamiento ambiental en su edificación [4 a y b]. Se tomó como caso de análisis el edificio de la FRN, un edificio educativo, que, como tal, requiere de condiciones muy específicas de acondicionamiento lumínico. Se expone la metodología empleada para arribar a un diagnóstico de las condiciones de iluminación interior, natural y artificial, en el edificio, así como los resultados de las mediciones de los niveles estivales e invernales típicos de iluminación interior en una muestra de dos de los locales de este edificio, y su posterior análisis, para detectar su grado de ajuste a la normativa vigente del IRAM-AADL [5 a y b] para edificios escolares y también para detectar posibles factores que repercutan en un uso excesivo de energía eléctrica (para la iluminación artificial del edificio) y en la calidad que brindan los espacios.

2. Edificio-caso: sede de la Facultad de Recursos Naturales – UNaF

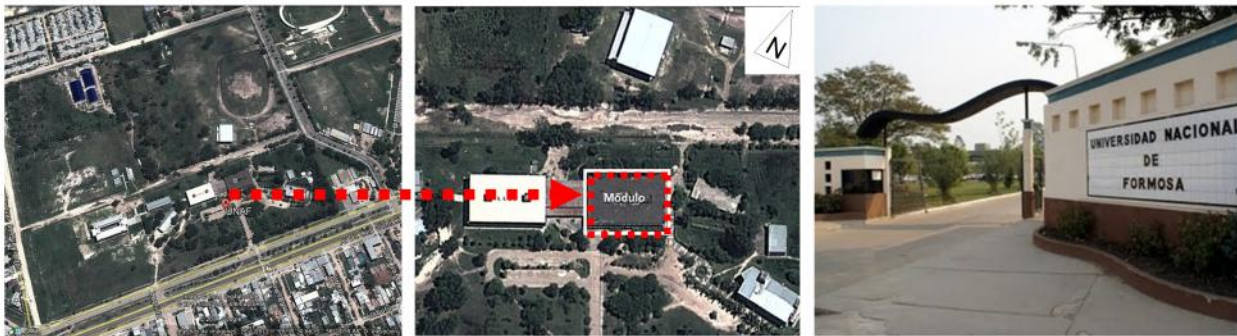


Figura 1: Fotos satelitales del Campus de la UNaF (centro). Se señala el edificio de la FRN (centro). Acceso a la UNaF (derecha). Fuente: *Google Earth*.

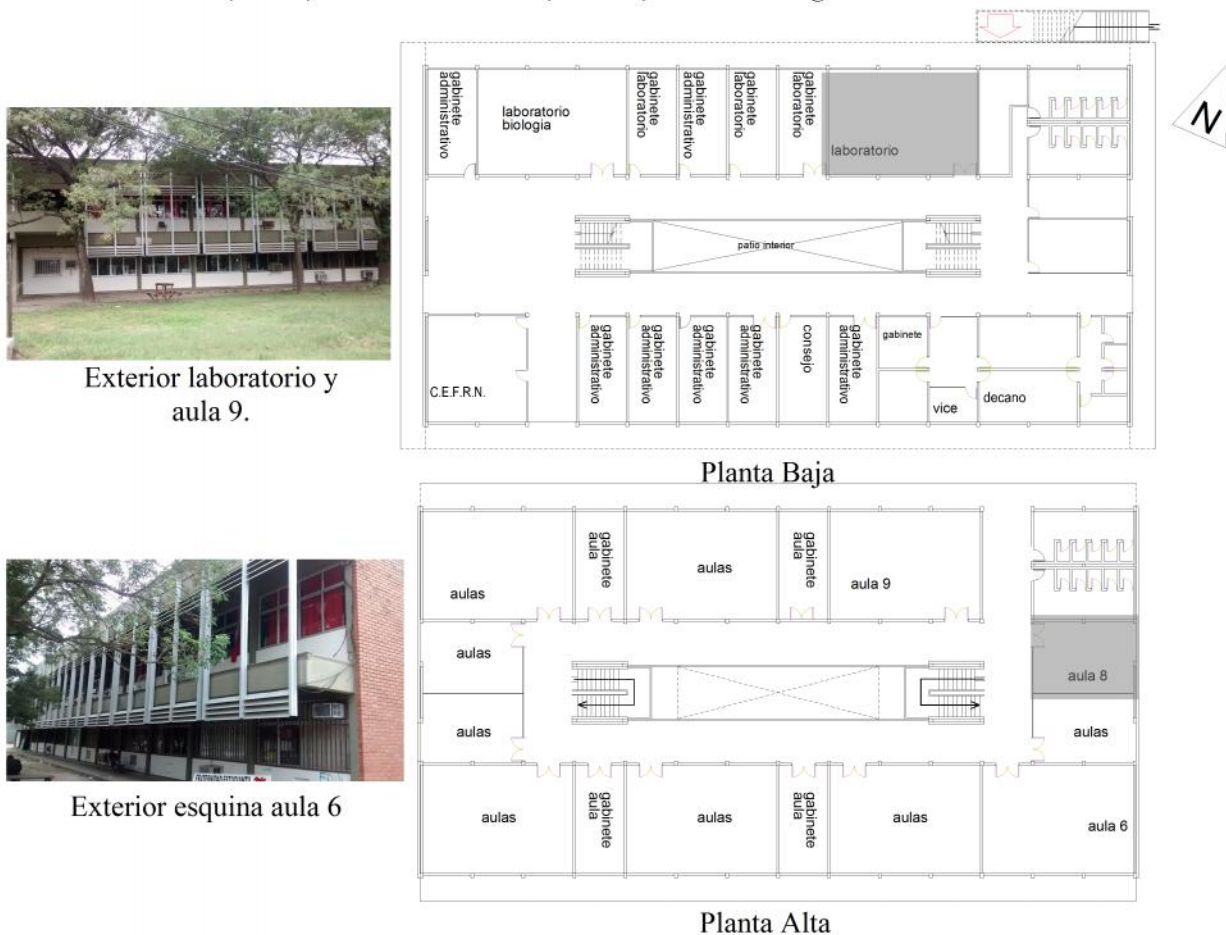
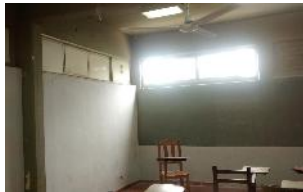


Figura 2: Esquemas en planta del edificio de la FRN (UNaF). En sombreado, los 2 locales definidos para el monitoreo lumínico: Aula 8 y Laboratorio. A la izquierda, fotografías exteriores del edificio. Fuente: elaboración propia

El edificio de la Facultad de Recursos Naturales (FRN) pertenece al Campus Universitario de la UNaF, de las avdas. Gutnisky y de Pueyrredón (Figura 1), en el sector sudoeste (SO) de la ciudad de Formosa (Latitud: 26,11°; Longitud: 58,12° Oeste; Altitud: 65 msnm), en un área urbana de media densidad. La UNaF, formada a partir del redimensionamiento de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), absorbió las sedes de ésta ubicadas en la provincia de Formosa, albergando actualmente las facultades de Ciencias de la Educación

Agraria y de Recursos Naturales Renovables, así como profesorados y tecnicaturas dependientes de éstas. Se les sumaría una facultad de Humanidades y de Ciencias de la Administración y Económicas.

Para el desarrollo del monitoreo lumínico se seleccionaron dos locales del edificio de la FRN: uno de planta baja: el Laboratorio, y otro de planta alta: el Aula 8 (Figuras 2, 3 y 4), buscando incluir aquellos que resulten representativos de las distintas situaciones (ubicación, orientación, tecnología, aberturas, etc.), para lograr mayor posibilidad de generalización de los resultados.



Figuras 3, a y b: Vistas del Aula 8. Interiores.
Fuente: fotografías propias



Figuras 4 a y b: Vistas del laboratorio.
Interior (izquierda) y exterior (derecha), con aberturas con parasoles metálicos.

3. Normativa para iluminación de edificios escolares

Tabla 1: Coeficientes de luz diurna. Fuente: Norma IRAM-AADL J 20-04 (1974).

Locales	Coeficiente de luz diurna (%)	Observaciones
Aulas de enseñanza general	2 (*)	La relación entre los valores de iluminación máximos y mínimos no excederá de 3 a 1. Las ventanas estarán colocadas de manera que los alumnos no estén enfrentados a ellas y reciban la luz del lado izquierdo.
Aulas de enseñanza especial (dibujo, dactilografía, etc.)	5 (*)	
Educación física	2 (*)	Cumplirán con los requisitos dados para vivienda en la norma IRAM-AADL J 20-02
Locales de habitación	-	
Escaleras	1	Se tendrá especial cuidado en evitar contrastes excesivos en la línea de huella de la escalera.

(*) Este valor se deberá cumplir aún en el lugar más desfavorable del local.

Fuente: elaboración propia

Tabla 2: Niveles de iluminancia. Fuente: Norma IRAM-AADL J 20-04 (1974).

Tipo de local	Valor medio de servicio de iluminancia (lux)
Aulas comunes (lectura y escritura)	500
Sobre pizarrón:	
Iluminación suplementaria	1000
Sala de lectura	400
Oficinas	500
Bibliotecas	400
Aulas especiales (trabajos prácticos)	750
Gimnasios	300
Natatorio:	
Iluminación general	300*
Vestuarios y baños:	
Iluminación general	100
Iluminación localizada	200**
Circulaciones	200
* Se recomienda iluminación subacuática de 200 lux	
** Iluminación sobre el plano vertical	
Laboratorio:	
Iluminación general	400*
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600
Enfermería:	
Iluminación general	400

* Las fuentes de luz a utilizar tendrán una buena reproducción de color.

Fuente: elaboración propia

3.1. Norma IRAM-AADL J 20-04: “*Iluminación en escuelas. Características*”: establece que los requisitos básicos para lograr el máximo confort visual son: un correcto nivel de iluminancia, una buena distribución y un adecuado contraste de Iluminancias, Los requisitos referentes a la **iluminación natural** determinan que los valores del coeficiente de luz diurna (C.L.D.) media en un local sobre el plano de trabajo (horizontal, vertical o inclinado), serán los establecidos en la tabla 1. Cuando sea imposible obtener los valores de iluminancia natural fijados en la Tabla 1, la luz diurna se complementará con **iluminación artificial**, cuyos valores medios de iluminancia (mínimos adecuados), medidos horizontalmente sobre el plano de trabajo, serán los fijados en la Tabla 2.

3.2. Norma IRAM-AADL J 20-05: “*Luminotecnia. Iluminación Artificial en Interiores. Características*”. Contiene los requisitos generales para el diseño de iluminación interior.

3.3. Norma IRAM-AADL J 20-06: “*Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación*”. Establece el valor de la iluminación artificial para distintos tipos de locales, en función del destino y de la dificultad de la tarea visual a realizarse.

3.4. Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar del Ministerio de Educación de la Nación.

4. Trabajo de campo: monitoreos in situ de niveles de iluminancia

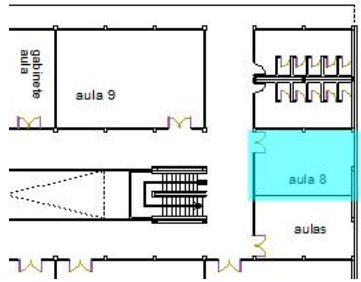
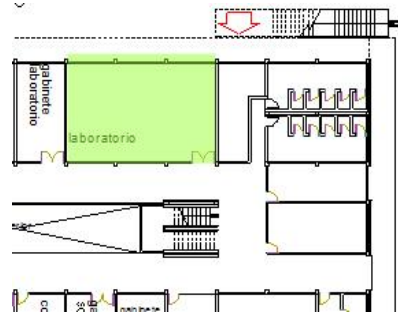
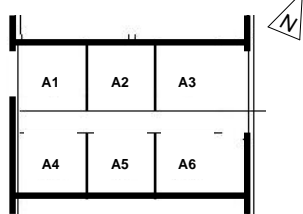
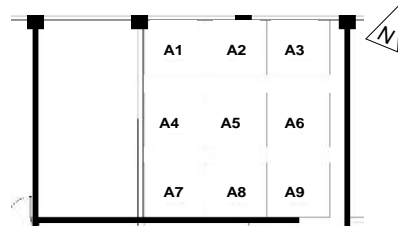
Las mediciones de iluminancia se realizaron en dos períodos: diciembre de 2014 (entre los días lunes 15 y viernes 19) y junio-julio de 2015 (entre los días lunes 29 de junio y viernes 03 de julio), con la intención de verificar el nivel de iluminación de los locales en los momentos del año donde el sol posee mayor y menor altura, respectivamente. Las mismas se realizaron en los horarios de uso habitual de los locales (entre las 8.00 hs. y las 18.00 hs.). El protocolo de monitoreo consistió en el registro de datos horarios, a través de mediciones con un multímetro digital, en puntos definidos de los locales (ver esquemas en Tabla 3: 6 puntos en el Aula 8 y 9 puntos en el Laboratorio) de: **A) Niveles de luz natural y B) Niveles de luz natural y artificial simultáneamente**. Los datos recogidos se tabularon en una planilla de Excel.

Para la medición de iluminancias se utilizó un multímetro digital auto rango 5 en 1 - MS8229 – MASTECH, con foto detector (4000Lux/40000Lux \pm 5.0%). La cantidad de puntos de medición en los locales seleccionados (tabla 3), se estableció en relación a las dimensiones de cada local, teniendo en cuenta que la totalidad de las mediciones debían ser ejecutadas con un solo instrumental y en un período corto de tiempo. El plano horizontal de las mediciones se estableció a 0,80 m. de altura desde el nivel de piso, altura que constituye el plano de trabajo establecido por la Norma IRAM AADL J 20-02.

Durante el monitoreo de verano los días fueron soleados, con cielo claro y presencia de algunas nubes, salvo el día 17/12, en que se registró cielo nublado y abundantes lluvias. El monitoreo invernal coincidió con días de cielo claro, a excepción de los días 02/07 y 03/07, en que la nubosidad fue abundante, continua y homogénea durante todo el horario de luz diurna.

En la Tabla 3 se expone un relevamiento técnico – constructivo de los dos locales seleccionados para el monitoreo lumínico del edificio de la FRN.

Tabla 3: Características de los locales de la FRN (UNAF) en los que se realizó el monitoreo lumínico: Aula 8 y Laboratorio. Esquemas de ubicación de los puntos para realizar las mediciones.

LOCALES MONITOREADOS	AULA 8	LABORATORIO DE FÍSICA Y QUÍMICA
Ubicación	planta alta	planta baja
Dimensiones	4,80mx6,70mx3,25m (altura)	7,20mx10,00mx3,25m. (altura)
Esquema de implantación de los locales seleccionados, en el edificio de la FRN		
Techos	Azotea losa alivianada de hormigón.	Entrepiso losa de hormigón armado
Sup. de techo expuesta al ext. (m ²)	32,16	-----.
Muros exteriores	Ladrillos huecos revocados exterior e interiormente. Espesor = 0,15m.	
Sup. de muro expuesta al exterior (m ²)	19,47	14,10
Carpinterías	Ventanas marco aluminio natural y vidrio simple, sin protección exterior.	Ventanas marco aluminio natural y vidrio simple, con parasolado exterior.
Orientación	Noreste - NE	Noroeste - NO
Sup. vidriada (m ²)	1,00	16,45
Luminarias		
Tipo	Fluorescentes de aplicar (0,32x1,24 m)	Fluorescentes de aplicar (0,32x1,24 m)
Cantidad	6	8
Distribución	Filas paralelas al pizarrón	Filas paralelas al pizarrón
PERÍODO DE MONITOREO LUMÍNICO: 15/12/2014 al 19/12/2014 y 29/06/2015 al 03/07/2015		
Ubicación de los puntos de medición, en planta de los locales		

Fuente: elaboración propia

5. Mediciones durante el período de verano: resultados

Los resultados obtenidos revelaron dos situaciones diferenciadas, en cuanto al nivel de iluminación registrado en los dos locales, especialmente en cuanto a la iluminación natural, dependiendo exclusivamente esta circunstancia de la orientación de las ventanas y al hecho de que las mismas cuenten o no con protección exterior para la radiación solar:

En el aula 8 (figura 5), considerando **la iluminación natural** solamente, se registraron picos máximos de entre 1200 y casi 1800 lux (los valores más altos de las series consideradas), solamente para uno de los puntos de medición: el A3 (ver tabla 3), que recibe radiación solar directa a través de las aberturas al NE. Esta situación acontece en horario matutino, entre las 8 y las 11 hs, en que la inclinación del sol hace que el ingreso de la radiación por las aberturas resulte muy directo en este punto (aunque dichas aberturas son muy pequeñas en relación a las

dimensiones del local -ver Tabla 3- pero no poseen protección exterior). Pero a partir de las 15 ó 16 hs. el nivel de iluminación natural decae abruptamente, para registrarse valores muy por debajo de lo requerido por la normativa: apenas se registran picos de 500 lux en los puntos A2 y A1, en tanto que en los restantes puntos las máximas obtenidas se acercan a los 300 lux. Cabe destacar que los niveles de iluminación para todos los puntos de medición, salvo el A3, resultan en promedio de 300 lux. Considerando la **iluminación natural y la artificial combinadas**, la situación se mantiene casi idéntica, aunque los valores se hallan levemente incrementados respecto a la situación de iluminación natural exclusiva. Igualmente, salvo los picos matutinos de excesivo deslumbramiento, la situación general se encuentra muy deficitaria respecto a los valores exigidos por normativa. Para ambas situaciones, la situación más deficitaria se da, lógicamente, para el día nublado y de abundantes lluvias (17/12), en que los valores de iluminación natural no superan los 100 lux, salvo para el punto A3 (alcanzan los 200 lux) que se superan levemente con el aporte de iluminación artificial.

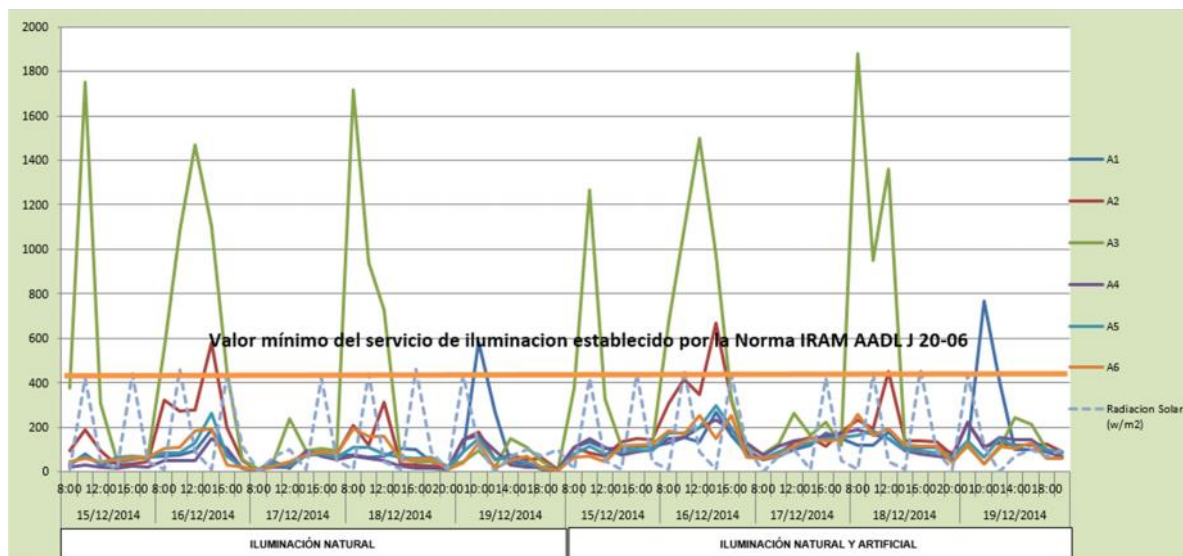


Figura 5: Resultados de las mediciones de verano en el Aula 8. Fuente: elaboración propia.

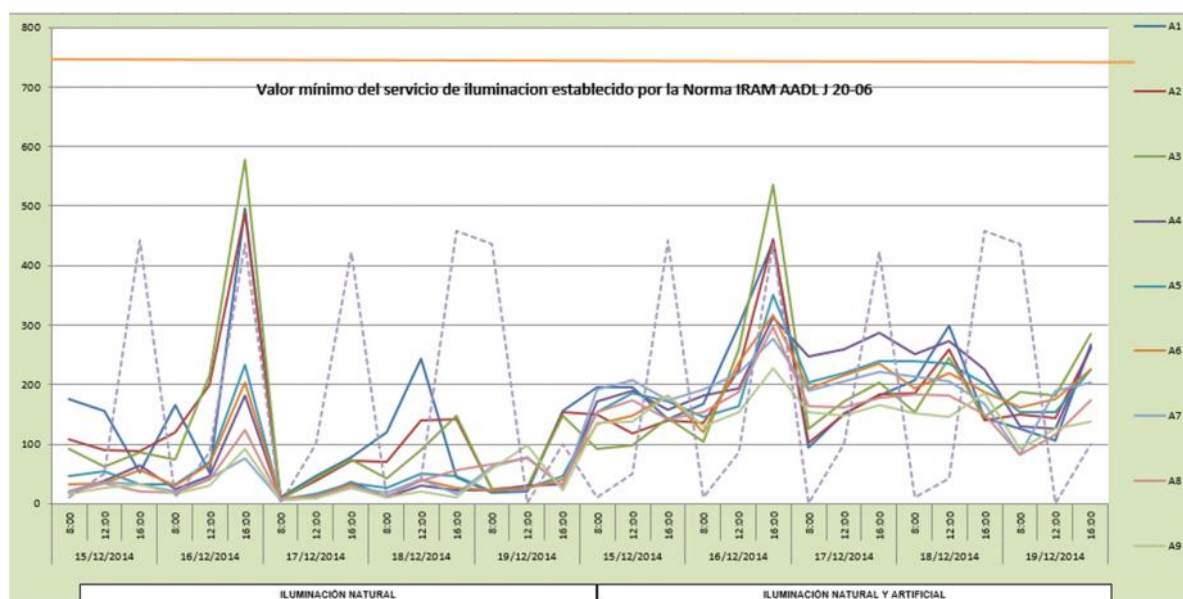


Figura 6: Resultados de las mediciones de verano en el Laboratorio. Fuente: elaboración propia.

Iluminaciones promedio: naturales y naturales + artificiales: La iluminación natural no llega a cumplir con el mínimo establecido por las Normas IRAM-AADL 20-04 y 20-06 en ninguno de los dos locales monitoreados, salvo durante los picos extremos registrados en ciertos puntos aislados de medición, que registraron ingreso de radiación solar directa puntual. **En el aula 8** (figura 7), los promedios de **iluminación natural** rondan los 100 lux, en tanto que para la **iluminación natural y artificial combinadas** apenas se acercan a los 170 lux, con las particularidades impuestas por el exceso de entrada de radiación directa focalizada y puntual (que genera un nivel interior de iluminación en el punto A3, de 680 lux) en horas de la mañana, a través de la pequeña ventana ubicada a aprox. 1,60m. de altura y orientada al NE, sin protección exterior de la radiación. Los niveles registrados son mayores en horas de la mañana, dada la orientación de la ventana al NE. Los promedios de **iluminación natural y artificial combinadas** rondan los 170 lux. **En el laboratorio** (figura 8), los promedios de **iluminación natural** rondan los 90 lux, en tanto que para la iluminación natural y artificial combinadas se duplican, con las particularidades impuestas por orientación de las ventanas al NO (que genera un nivel interior de iluminación mayor en los puntos ubicados en las proximidades de las ventanas: A1, A2 y A3) en horas de la tarde. Los promedios de **iluminación natural y artificial combinadas** rondan los 190 lux.

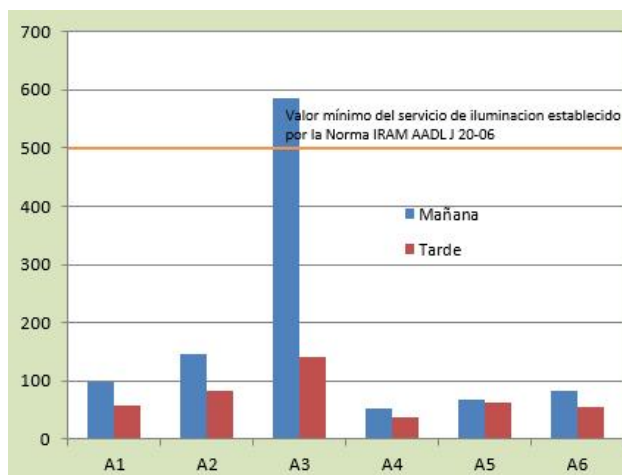


Figura 7: Niveles promedio de iluminación natural y artificial combinadas, en el Aula 8 en verano. Fuente: elaboración propia.

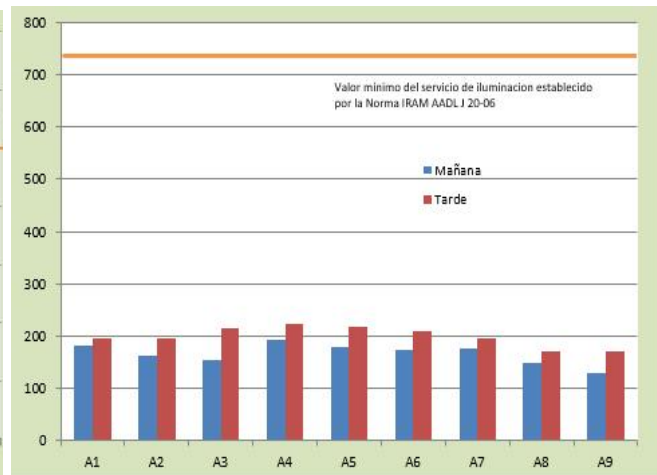


Figura 8: Niveles promedio de iluminación natural y artificial combinadas, en el Laboratorio en verano. Fuente: elaboración propia.

6. Mediciones durante el período de invierno: resultados

Los resultados obtenidos muestran, al igual que los de verano, dos situaciones diferenciadas en cuanto al nivel de iluminación registrado en los dos locales, según la orientación de las ventanas de los mismos, especialmente en cuanto a la iluminación natural. **En el aula 8** (figura 9), considerando la **iluminación natural** solamente, se registraron picos máximos de entre 450 y casi 830 lux (los valores más altos de las series consideradas, aunque equivalentes a la mitad de los valores obtenidos para el mismo punto y horario durante el monitoreo de verano), solamente para uno de los puntos de medición, el A3 (ver tabla 3), que recibe radiación solar directa a través de las ventanas al NE (sin protección exterior). Esta situación se verifica en horario matutino, entre las 10 y las 12 hs. (en que la inclinación del sol hace que el ingreso de la radiación por las aberturas resulte muy directo en este punto), y solamente para los días de cielo claro y sin nubosidad (29/06 al 30/06). Para los días de cielo nublado, con iluminación exterior más difusa (01/07 al 03/07), en cambio, resulta máxima la intensidad de iluminación en el punto A6 (en niveles casi iguales a los obtenidos en el punto A3 durante

los días de cielo claro). A partir de las 15 ó 16 hs. el nivel de iluminación natural decae abruptamente, en cualquier condición de cielo. En todos los casos, salvo por los picos máximos que registran en horario matutino los puntos A3 y A6 (ubicados en el frente del aula, en cercanías de las ventanas), en el resto de los puntos de medición se registran valores por debajo de los 500 lux requeridos por la normativa (entre 30 y 400 lux), correspondiendo los niveles más bajos (30 lux) a los puntos del fondo del aula (A1, A5 y A4), más alejados de las ventanas. Considerando la **iluminación natural y la artificial combinadas**, la situación se mantiene casi idéntica, aunque los valores se hallan levemente incrementados (unos 70 – 80 lux) respecto a la situación de iluminación natural exclusiva. Al igual que para verano, y salvo los picos matutinos de excesivo deslumbramiento, especialmente en el punto A3, la situación general se encuentra muy deficitaria respecto a los valores exigidos por normativa.

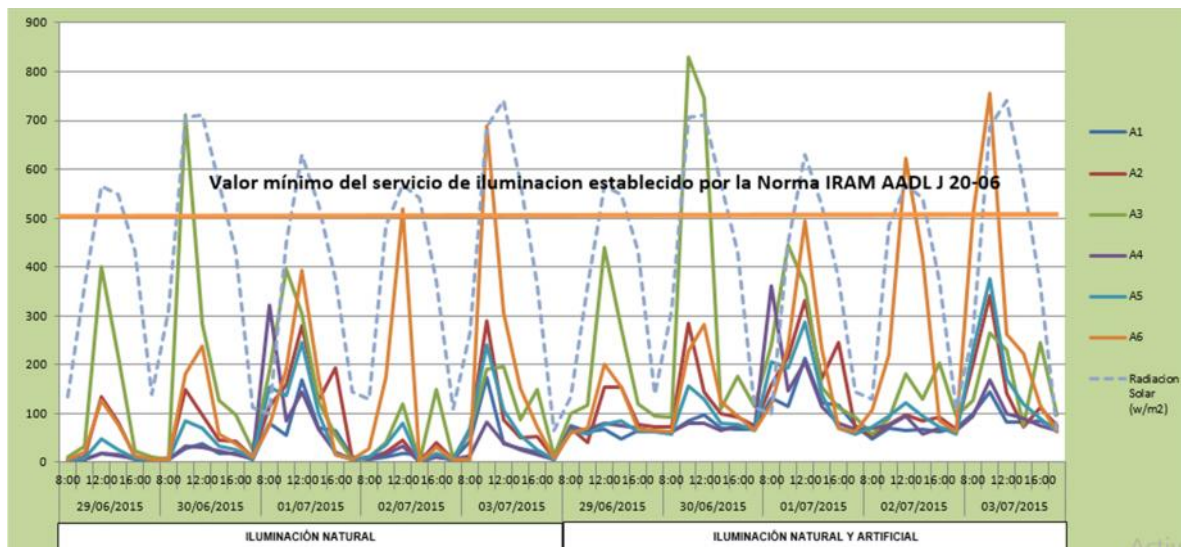


Figura 9: Resultados de las mediciones de invierno en el Aula 8.
Fuente: elaboración propia.

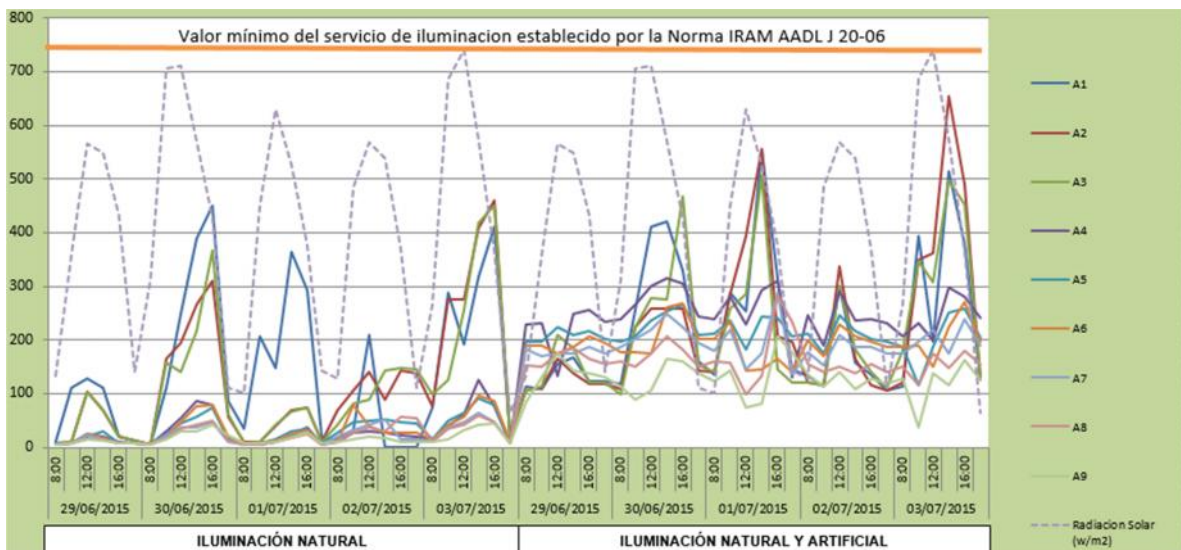


Figura 10: Resultados de las mediciones de invierno en el Laboratorio.
Fuente: elaboración propia.

En el laboratorio (figura 10), con ventanas al NO (protegidas externamente por parasoles) considerando la **iluminación natural** solamente, en términos generales, los niveles de

iluminancia se encuentran en valores muy inferiores a los establecidos por la Norma IRAM AADL J 20-06. Se llega a los 650 lux de máximas, en horas de la siesta (a partir de las 13 y 14 hs. aprox.), con valores medios que no superan los 150 lux. Los valores máximos se registran en los puntos A1, A2 y A3, ubicados junto a las ventanas (definen una línea paralela al muro que contiene las ventanas de este local, a unos 0,50 cm. de distancia del mismo: ver esquema en tabla 3). Considerando la **iluminación natural y la artificial combinadas** se produce una mejora por el incremento general y uniforme de los valores medios registrados, que alcanzan así los 250 lux.

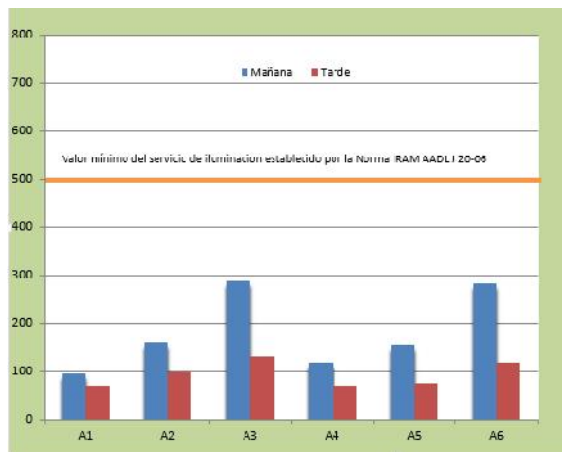


Figura 11: Niveles promedio de iluminación natural y artificial combinadas, en el Aula 8 en verano. Fuente: elaboración propia.

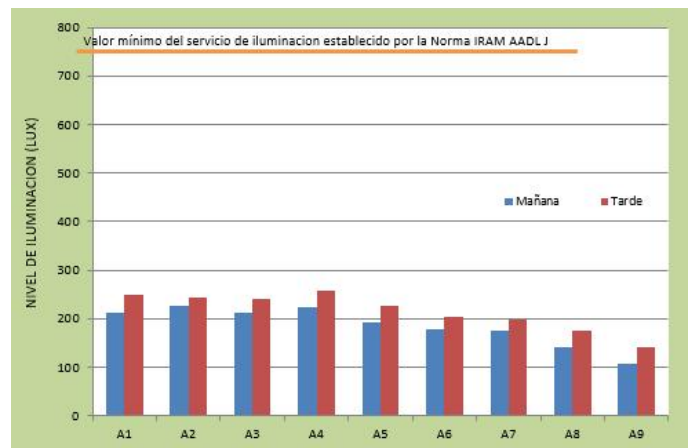


Figura 12: Niveles promedio de iluminación natural y artificial combinadas, en el laboratorio en verano. Fuente: elaboración propia.

Iluminaciones promedio: naturales y naturales + artificiales: La iluminación natural no llega a cumplir con el mínimo establecido por las Normas IRAM-AADL 20-04 ni 20-06 en ninguno de los dos locales monitoreados (figuras 11 y 12). **En el aula 8**, los promedios de **iluminación natural** (que aumentan en el horario matutino, por la orientación de las ventanas de este local al NE), rondan los 100 lux por la mañana y los 40 lux por la tarde, en tanto que se duplican para la **iluminación natural y artificial combinadas** (figura 11), alcanzando los 200 lux por la mañana y los 80 lux por la tarde, con las particularidades impuestas por el exceso de entrada de radiación directa focalizada y puntual (que genera un nivel interior de iluminación en el punto A3, de 280 lux) en horas de la mañana, a través de la pequeña ventana ubicada a aprox. 1,60m. de altura y orientada al NE, sin protección exterior de la radiación. **En el laboratorio** (figura 12), los promedios de **iluminación natural** rondan los 40 lux, en tanto que para la iluminación natural y artificial combinadas se duplican, con las particularidades impuestas por orientación de las ventanas al NO (que genera un nivel interior de iluminación mayor en los puntos ubicados en las proximidades de las ventanas: A1, A2 y A3) en horas de la tarde. Los promedios de **iluminación natural y artificial combinadas** rondan los 110 lux, casi la mitad de los obtenidos para verano.

7. Conclusiones

Habiéndose realizado un monitoreo de las condiciones lumínicas en dos locales del edificio sede de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Formosa (FRN – UNaF), durante un período del mes de Diciembre de 2014 y otro período de los meses de Junio-Julio de 2015, se han obtenido resultados que determinan un **desempeño lumínico deficiente en dichos locales, tanto referido a la iluminación natural como a la artificial**

combinada con la natural, según el rango impuesto por normativa IRAM AADL J 20-04, vigente para edificios educativos.

La iluminación natural, que resulta altamente dependiente de la orientación de las áreas acristaladas, no resulta uniforme en los dos locales monitoreados (ni para el período cálido ni para el frío, según los resultados obtenidos), ya que en todos los casos se verifican niveles muy superiores en las cercanías a los aventanamientos, que disminuyen bruscamente al alejarse de los mismos. Cuando la iluminación natural y la artificial son utilizadas de manera simultánea, el nivel de iluminación general de los locales resulta sólo levemente superior, y la uniformidad de iluminación en los locales mejora.

Se registran problemas de deslumbramiento en puntos específicos (como el punto A3, del Aula 8, que presenta entrada directa de radiación en horas de la mañana, y los puntos A1, A2 y A3 del Laboratorio, ubicados junto a las ventanas, que reciben mucha radiación en horas de la tarde), tanto en invierno como en verano. En general, los niveles de iluminancia promedio resultan, en invierno, un 35 a 45% menores respecto a los de verano. Este diagnóstico está orientando actualmente la propuesta de medidas de adecuación.

Se verifica el desaprovechamiento de las posibilidades que brinda la iluminación natural y se evidencia la necesidad de implementar medidas de mejoramiento, a través del adecuado planteo de las aberturas de los locales y de sus dispositivos de regulación - protección.

El desarrollo del diagnóstico de las condiciones de iluminación interior de algunos sectores de la Facultad de Recursos Naturales de la UNAF posibilitó el conocimiento de las condiciones reales en la que se encuentran los mismos. Ello permite empezar a plantear propuestas de mejoramiento respecto al aprovechamiento de la iluminación natural, en función del tipo de tarea que se desarrolla en las aulas y del nivel de exigencia visual que tienen sus usuarios.

Las propuestas de mejoramiento de las aberturas, y la incorporación de mecanismos orientadores y difusores de la luz permitirían elevar el nivel de iluminación natural de las aulas, y también reducir el consumo de energía eléctrica para su acondicionamiento (tanto por el menor uso de iluminación artificial, como por la menor necesidad de climatización artificial electromecánica en verano, ante un control del ingreso de excesiva radiación solar por las aberturas).

8. Eventuales propuestas de mejoramiento

Las actividades que se desarrollan en edificios con actividades educativas, como el de la Facultad de Recursos Naturales de la UNAF, requieren de una adecuada iluminación: niveles aceptables de iluminación natural y obstrucción de la radiación solar directa sobre los planos de trabajo. En virtud de ello y según los resultados obtenidos a través de las mediciones y diagnóstico efectuados, se plantean algunas pautas para la eventual adecuación de los dos locales monitoreados, según los problemas específicos detectados. No obstante, algunas pautas podrían ser de aplicación general a otras situaciones de otros locales del edificio.

- **Falta de uniformidad en la iluminación natural:**

La Norma IRAM-AADL J 20-02 (*Iluminación Natural en Edificios. Condiciones generales y requisitos especiales*), establece que *en los locales iluminados lateralmente* (como el Laboratorio), *cuando la uniformidad no sea la adecuada, podrá mejorarse mediante la elevación el borde superior de la ventana; pintando con colores claros el local* (condición que cumplen ambos locales monitoreados, que tienen sus paredes y cielorrasos pintados de colores claros); *o utilizando elementos orientadores y difusores de la luz* [5 c].

Propuesta 1: elevación del borde superior de la ventana (y/o descenso del borde inferior -para el caso del aula 8-): La Norma IRAM-AADL J 20-04 (*Iluminación en escuelas. Características*) establece, en lo relativo al diseño de ventanas que, en general, para cualquier proyecto, es recomendable que las áreas vidriadas sean continuas y se extiendan hasta el cielorraso en altura y a lo largo de los muros que la contienen. También establece que la colocación del borde superior (o dintel) de las ventanas, tan cerca del cielorraso como sea posible, incrementa la superficie reflectante del cielorraso e, indirectamente, disminuye las áreas más oscuras alrededor de las mismas. Ubicando el tope superior del área vidriada a una altura sobre el nivel del piso igual, por lo menos, a la mitad de la medida del local perpendicular a la pared que contiene a la ventana, se obtiene una mayor uniformidad en la iluminación.

Las alturas actuales de los dinteles de las ventanas del **aula 8** (que se ubican a aproximadamente a 2,60 metros sobre el nivel de piso terminado), según esta prescripción, resultarían adecuadas (la profundidad del aula 8 es de 4,00 m., con lo que la altura de dintel no debería ser inferior a 2,00 m., cosa que se cumple). Las alturas actuales de los dinteles de las ventanas del **laboratorio** (que se ubican a aproximadamente a 2,00 m. sobre el nivel de piso terminado), según esta prescripción, resultarían susceptibles de elevarse (el ancho del laboratorio es de 4,50 m., con lo que la altura de dintel debería estar a 2,25 m.).

En el **aula 8** un posible mejoramiento se lograría a través de aumentar o extender las ventanas a todo el ancho disponible de la pared del aula. Si fuera posible, también sería oportuno lograr un descenso de los bordes inferiores de estas ventanas, ya que las mismas se ubican recién por encima del pizarrón del aula. Ante esta situación, también se plantea la posibilidad de un cambio en la disposición del mobiliario, para que el pizarrón no se ubique en la misma pared de los aventanamientos, sino en alguna de las paredes laterales. Esto daría la posibilidad de bajar el nivel de las aberturas en este local, y se evitarían también los deslumbramientos que experimentan los usuarios de esta aula, por fijar la vista en un pizarrón que se ubica a “contraluz” respecto a la procedencia de la luz natural.

Propuesta 2: otro recurso que podría ser empleado para mejorar el ingreso de iluminación natural en los locales monitoreados. y mejorar también su uniformidad, son los distintos elementos orientadores y difusores de la luz, como las “bandejas” o “estantes de luz” (figura 13), con una superficie altamente reflectiva, que se colocan a nivel del paño superior de la abertura, por encima del dintel de las ventanas. Dichas bandejas o estantes generarían una mejora en el nivel de iluminación, con mayor uniformidad y decrecimiento gradual, a lo largo tanto del aula 8 como del laboratorio.



Figura 13: aventanamiento sin bandeja de luz (izq.) y con bandeja o estante de luz (der.).

- **Incidencia de luz solar directa:**

La radiación solar directa requiere la mediación del diseño para su uso como fuente de iluminación en condiciones de confort interior. La eliminación de la luz solar por discomfort térmico-lumínico, produce la anulación del aporte de luz natural y genera espacios sombríos que requieren de energía eléctrica para la iluminación, desperdiciando la disponibilidad de luz

natural característica de la región [6]. Para que los sistemas de aventanamientos sean eficientes, deben controlar el ingreso de radiación solar al interior para evitar el deslumbramiento [7].

Las soluciones para lograr un adecuado control del ingreso solar y a su vez una iluminación natural correcta van desde complejas tecnologías de vidriados especiales selectivos a los ángulos de incidencia de la radiación y capaces de iluminar con un elevado control del calor radiante [8 a]. Muchas soluciones son inaplicables, considerando la situación económica de nuestro país, debiéndose adoptar sistemas simples, preferiblemente de fácil manejo o fijos, encontrándose una enorme variedad de protecciones y sistemas [8 b].

El uso de ventanas simples, tal como es lo habitual en las escuelas regionales, quizá con celosías o parasoles metálicos (como los del laboratorio) como único control de ingreso de radiación solar, que permiten un control del tipo “todo – nada”, se manifiestan como inadecuadas. La utilización de bandejas de luz para facilitar el ingreso indirecto de iluminación y radiación se manifiestan como muy eficaces [8 c].

Los autores [8 c] recomiendan utilizar parasoles diferenciados y especializados para cada orientación:

- Norte: lamas horizontales a 45°.
- Sur: casetonado.
- Este y Oeste: lamas horizontales a 45°.

En la situación que se deba utilizar el mismo parasol para todas las orientaciones se recomienda el parasol de lamas horizontales inclinadas 45° ya que su eficiencia es alta para todo el año y para verano. Es imprescindible tener en cuenta que, si bien la presencia de parasoles es necesaria para evitar la incidencia de radiación solar directa, la misma disminuye la iluminación natural en un valor promedio del 40% respecto a la situación sin parasol.

9. Referencias y bibliografía

- [1] PIVIDORI, V. et al (2013). Condiciones de iluminación natural y artificial en el edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE. Monitoreo para su diagnóstico según normativa vigente. *Actas de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente 2013 (ASADES)*. Vol. 1, pp. 05.11 - 05.20.
- [2] ALDAR S.A. *Atlas de Energía solar de la República Argentina* (elaborado por Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, DEL Grupo de Estudios de la Radiación Solar – GERSolar- de la Universidad Nacional de Luján). Disponible en <http://www.aldar.com.ar/novedades-atlas-solar.php>. Consultado el 09/05/16.
- [3] NORMA IRAM 11603 (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Buenos Aires, Argentina.
- [4 a] MARTINA, P. et al (2014). Mediciones de algunos parámetros higrotérmicos y ambientales en el edificio de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Formosa. *Revista del Instituto de Matemática*, N° 19, Año 10. Facultad de Ingeniería - UNNE. ISSN 1850-9827. Pp. 8-17.
- [4 b] MARTINA, P. et al (2015). Niveles de iluminación en edificios de la Universidad Nacional de Formosa. monitoreos y diagnóstico según normativa IRAM-AADL. *Libro del VII*

Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura. (CRETA). ISBN N°978-987-29907-4-9. Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste.

[5 a] NORMA IRAM-AADL J 20-06 (1972). *Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL). Buenos Aires, Argentina.

[5 b] NORMA IRAM-AADL J 20-04 (1974): *Iluminación en escuelas. Características*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL). Buenos Aires, Argentina.

[5 c] NORMA IRAM-AADL J 20-02 (1969). *Iluminación Natural en Edificios. Condiciones generales y requisitos especiales*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL). Buenos Aires, Argentina.

[6] PATTINI, A. et al. (2009). Elementos de control de luz solar directa en fachadas vidriadas de edificios no residenciales de Ciudad Oasis. Rediseño para aulas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13, Argentina. ISSN 0329-5184.

[7] BOUTET, M.L. et al (2010). Evaluación de las condiciones de iluminación natural y artificial existentes en el jardín materno infantil de la Universidad Nacional Del Nordeste. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 14, Argentina. ISSN 0329-5184, p 05.25.

[8 a] REPPPEL, J. y EDMONDS, I.R. (1998); en LEDESMA, S.L. et al., (2004). Evaluación comparativa de eficiencia de parasoles y su incidencia en la iluminación natural de aulas en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, N° 1. Argentina. ISSN 0329-5184.

[8 b] SNACK, A. et al. (2001); en LEDESMA, S.L. et al. (2004). Evaluación comparativa de eficiencia de parasoles y su incidencia en la iluminación natural de aulas en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, N° 1. Argentina. ISSN 0329-5184.

[8 c] LEDESMA, S.L. et al., (2004). Evaluación comparativa de eficiencia de parasoles y su incidencia en la iluminación natural de aulas en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, N° 1. Argentina. ISSN 0329-5184.

EL SOFTWARE “THERM”, v. 6.3 APLICADO AL ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE PUENTES TÉRMICOS EN EDIFICIOS DEL NEA CONSTRUIDOS MEDIANTE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN NO CONVENCIONAL

Manuel Venhaus Held, Becario de Investigación – SGCyT – FAU – UNNE,
manu_ven@hotmail.com

Herminia M. Alías, Directora de Beca de Pregrado SGCyT – UNNE – Profesora Adjunta
Cátedra Estructuras II – FAU – UNNE, heralias2001@yahoo.com

Guillermo J. Jacobo, Director de Proyecto de Investigación SGCyT – UNNE – Profesor
Titular Cátedra Estructuras II – FAU – UNNE, gjjacobo@hotmail.com

Resumen— El trabajo tiene por objeto analizar el comportamiento higrotérmico de las envolventes constructivas de edificios en el Nordeste Argentino (NEA) materializados mediante sistemas constructivos que emplean materiales prefabricados y mano de obra especializada, atendiendo particularmente al impacto que tienen los puentes térmicos en este comportamiento. El objetivo es desarrollar criterios de optimización del desempeño energético de estas envolventes.

Muestras de tipos de construcciones no convencionales más usuales en el NEA fueron evaluadas con procedimientos de cálculo de las Normas IRAM en su serie 11.600. Y mediante simulaciones realizadas con el software THERM, un programa de cálculo de transmisión de energía en dos dimensiones, en su versión 6.3. A partir del diagnóstico energético obtenido de estas evaluaciones pudieron plantearse criterios de optimización de las soluciones constructivas que fueron reevaluadas, estableciendo paralelismos entre su situación original y optimizada.

A diferencia de la Normativa vigente, el software THERM calcula la Transmitancia Térmica Total de los modelos dibujados. Por ello posibilita la obtención de un Coeficiente Ponderado de Transmitancia que incorpora Muro Opaco y Puente Térmico y a partir de la graficación del flujo de calor a través del cerramiento, reconocer fácilmente los puntos más críticos, para concentrar las acciones de optimización en ellos. THERM resulta por lo tanto un complemento a la normativa muy útil por la valiosa información gráfica que aporta.

Palabras clave— *Software, Prefabricación, Confort Higrotérmico, Transmitancia Térmica.*

1. Introducción

Para la clasificación de Sistemas Constructivos en Tradicionales o Convencionales y No Tradicionales o No Convencionales, pueden emplearse variados criterios. Por ejemplo, diferenciarlos en base a la generalización de su empleo o considerando variables como las herramientas, la mano de obra y los materiales empleados por cada sistema. La definición de construcción “convencional” y “no convencional” en definitiva depende del contexto geográfico e histórico en que se desarrolla el sistema. Pudiendo ser una misma técnica tradicional en una región y no tradicional en otra, o transformarse en tradicional con el paso

del tiempo. A los fines de este trabajo y en concordancia al consenso generalizado sobre la igualdad de términos, se considera a la construcción "no convencional" como aquella "industrializada". Es decir, la que emplea materiales prefabricados elaborados en serie con maquinaria automatizada y que por ello requiere equipos y mano de obra especializada o profesional para su manipulación. Entendiéndola opuesta a la construcción artesanal, reconocida como tradicional. No obstante, debe reconocerse que un solo sistema constructivo no siempre define a la edificación en su totalidad, siendo más común que el conjunto edificado resulte en una combinación de sistemas constructivos diferentes. Para el presente artículo se centra el estudio en las envolventes perimetrales, en especial muros exteriores, de edificios materializados mediante sistemas constructivos no convencionales

Las edificaciones son responsables de alrededor del 40% del consumo de energía en la Argentina, y de este consumo el mayor gasto se debe a la climatización de los ambientes, es decir a su calefacción y refrigeración. Por otra parte, la mitad de esta energía es ganada o perdida a través de los cerramientos opacos.

En otro orden de cosas, la implementación de la construcción no convencional, si bien no muy frecuente en el medio regional del Nordeste Argentino, se ha incrementado notablemente en los últimos años. En este contexto, la estructura portante de los edificios materializados con técnicas industrializadas y entramados en seco, constituye generalmente importantes puentes térmicos crónicos en diferentes puntos de la construcción. Los puentes térmicos son definidos por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación - IRAM [1] como *"heterogeneidades de un elemento constructivo que forman parte de la envolvente (pared, piso, techo, etc.) de un edificio que ocasionan mayor flujo de calor a través de ésta"*. Considerando que el clima de la zona bioambiental I, subzona b, que establece la norma IRAM 11.603 para las ciudades de Resistencia y Corrientes, capitales de las Provincias de Chaco y Corrientes respectivamente, es muy cálido y húmedo, con altas temperaturas en verano e inviernos moderados, resultaría muy importante -y necesario- aumentar la eficiencia energética de los edificios a través del mejoramiento del desempeño higrotérmico de sus envolventes.

En este marco situacional, el presente trabajo plantea analizar, evaluar, diagnosticar y proponer criterios para mejorar térmicamente las envolventes exteriores de edificios materializados mediante sistemas de construcción no convencional en los principales centros urbanos del NEA, prestando particular atención al impacto de los puentes térmicos en su comportamiento general, para contribuir con dichas envolventes a lograr que los espacios interiores que ellas albergan reúnan condiciones higrotérmicas más cercanas a las del confort, y por lo tanto demanden un uso menos intensivo de dispositivos electromecánicos de climatización artificial, disminuyendo el consumo de energía eléctrica.

2. Materiales y Métodos

El trabajo se inició por relevar y estudiar los principales tipos y subtipos de construcciones no convencionales y los materiales empleados para su construcción. Se seleccionó y describió una muestra de los cinco sistemas constructivos no convencionales más empleados en el NEA.

Esta muestra fue, en primer lugar, analizada en base a la Normas Técnicas Vigentes en los principales centros urbanos de la región. Se evaluó el cumplimiento de las condiciones técnico - constructivas que los Reglamentos Generales de Construcción y los Códigos de Edificación locales y regionales establecen para la construcción no convencional. Para ello se destacaron los principales criterios establecidos en estas normas y se sistematizó su

evaluación a fin de poder someter a todos los sistemas constructivos a las mismas consideraciones.

Seguidamente, los sistemas constructivos reconocidos fueron sometidos a evaluaciones propuestas por la Normativa de Habitabilidad del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, específicamente las Normas IRAM de la serie 11.600. En primer lugar, se determinó el Coeficiente de Transmitancia Térmica (K) para cada sistema de acuerdo a los métodos de cálculo del aislamiento térmico de edificios propuestos por la Norma IRAM 11.601. El método procede de manera individualizada en el cálculo de la Transmitancia Térmica Lineal de la porción opaca del muro " K_{mo} " y de la porción de las heterogeneidades " K_{pt} " (puentes térmicos), para determinar, a partir de la relación entre los valores (K_{pt}/K_{mo}), la aptitud del cerramiento. La misma se logra si la transmitancia térmica de un puente térmico no supera el 50% del valor de transmitancia térmica del muro opaco. En casos especiales, en que la distancia entre los puentes térmicos lineales es menor a 1,70 m., caso general de los sistemas constructivos no convencionales, la tolerancia se reduce al 35%. En segunda instancia se realizó una consideración del Riesgo de Condensación Superficial e Intersticial en la estación de invierno de las distintas soluciones tecnológicas de acuerdo a la metodología propuesta por la Norma IRAM 11.625. Para estos cálculos se consideraron las condiciones de diseño para invierno en la Ciudad de Resistencia, es decir la temperatura exterior de diseño ($-1,8^{\circ}\text{C}$), la temperatura ideal de diseño interior determinada por la Norma en 18°C y una Humedad Relativa Interior de 75%. Además, se consideraron los coeficientes de transmitancia térmica (K) obtenidos anteriormente y la resistencia al paso de vapor de agua de cada una de las capas constitutivas.

Los cerramientos - tipo considerados fueron finalmente analizados mediante Simulaciones desarrolladas por el software THERM, en su versión 6.3. Éste es un programa de cálculo de calor en régimen estacionario que resuelve numéricamente la ecuación de transmisión de energía en dos dimensiones a través de la sección transversal de elementos de construcción, como ventanas, paredes, cimientos, techos y puertas [2]. Fue desarrollado por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley de los Estados Unidos y se encuentra disponible para su descarga gratuita. Como resultado de las simulaciones, aporta valores numéricos de transmitancia térmica, denominados U-factors, e información gráfica como Isotermas (Isotherms) o líneas de igual temperatura, los Vectores de Flujo (Flux Vectors) o caminos preponderantes seguidos por el calor y la Transmisión del Flujo de Calor mediante Escala de Colores (Color Infrared). En primer lugar se dibujaron las geometrías de la sección transversal de los cerramientos tipológicos en THERM con la incorporación de plantillas .DFX de base elaboradas con el software de diseño AutoCADTM. A cada geometría luego se le asignó el material correspondiente, extraído de una Librería de Materiales creada con los mismos valores de conductividad térmica empleados en los cálculos de acuerdo a IRAM. Las simulaciones se realizaron considerando una situación de verano, que afecta en mayor medida al NEA, con un flujo de calor desde el exterior hacia el interior, en sentido horizontal por haber estudiado en detalle los cerramientos verticales. De acuerdo a estas premisas se determinaron las Condiciones de Contorno o Boundary Conditions del modelo simulado, aplicando para el exterior una Temperatura Máxima de Diseño establecida por la Norma IRAM 11.603 en $39,8^{\circ}\text{C}$ para Resistencia y una Conductancia de la Capa Superficial de Aire de $25,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, correspondiente a los $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ de Resistencia Superficial Exterior (R_{se}). Y como condiciones interiores se adoptó una Temperatura Ideal de Diseño Interior de 25°C para Verano y $7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ como Conductancia de la Capa Superficial de Aire, equivalente a los $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ de Resistencia Superficial Interior (R_{si}) establecida por IRAM. Determinados todos estos parámetros se procedió a la simulación de los cinco sistemas constructivos no convencionales seleccionados. El software THERM calcula la transmitancia

térmica total del modelo dibujado. Esto implica que para poder establecer las relaciones entre muro opaco y puente térmico y determinar la aptitud del cerramiento tal como lo realiza la Norma IRAM, deban simularse ambas porciones en modelos separados. Desde el punto de vista gráfico, los resultados de este modo pierden riqueza debido a la transmisión homogénea de calor que se produce. Si, en cambio, se simula en un mismo modelo el comportamiento de la sección transversal del sistema constructivo incorporando tanto muro opaco como puente térmico, pueden obtenerse gráficos que muestran de forma clara la influencia de las heterogeneidades en la transmisión de calor a través de los cerramientos - tipo. De esta manera es posible obtener un Coeficiente Ponderado de Transmitancia que representaría la "transmitancia promedio" del cerramiento, teniendo en cuenta la importante presencia de puentes térmicos en la construcción no convencional. Debido a estas cuestiones se simularon con THERM 6.3 para cada sistema constructivo un modelo de muro opaco asilado, otro únicamente con la porción de puente térmico y un último que incorpora ambos.

A partir de un diagnóstico higrotérmico y energético realizado con los resultados de los análisis descriptos, se propusieron medidas de optimización del diseño de los sistemas constructivos, en la búsqueda de mejorar sus comportamientos frente a la transmisión del calor y en especial atenuar el efecto de los puentes térmicos.

3. Resultados y Discusión

3.1 Muestra Representativa

En cuanto a los sistemas constructivos no convencionales de uso más habitual en el NEA, se detectó, por un lado, el Sistema de Grandes Paneles, con paneles transversales de carga de Hormigón Armado espaciados a 3,00 m., y paneles rigidizantes en la parte central de los edificios [3]. Las terminaciones interiores se materializan con placas de roca de yeso sobre estructuras metálicas. Por otro lado, se reconoció el uso de Sistemas Livianos con Entramado, tanto de Madera como Metálico. Los mismos están formados por la combinación de elementos portantes ligeros, comúnmente denominados soleras y montantes, que se ubican cada 0,40 a 0,60 m. para formar bastidores portantes. En el primer caso, también llamado Balloon Framing, las piezas son de madera y en el segundo, comúnmente denominado Steel Framing, se compone de perfiles metálicos galvanizados conformados en frío con forma de "C" o "U". Los bastidores se completan con elementos de cerramiento, como tablas de machimbre o tableros OSB, y de revestimiento, empleadas como acabado y protección. También se detectó la aplicación de Sistemas Livianos de Paneles Prefabricados, paneles del tipo sándwich con estructura de madera que componen los tabiques interiores, exteriores y cielorrasos. La estructura interna de los paneles se materializa con bastidores de madera de pino y su terminación interior es de placas de roca de yeso. La terminación exterior varía de acuerdo a la marca comercial, materializándose por lo general con placas cementicias de alto impacto, pudiendo incluso conformarse con mamposterías, dando una imagen más tradicional. Por último, se analizó el Sistema de Paneles Aligerados con Núcleo de Poliestireno Expandido y Malla Electro-soldada Espacial. Este tipo de sistema industrializado abierto utiliza paneles de poliestireno expandido y mallas de acero prefabricados en forma modular que luego reciben la aplicación a presión de un revoque estructural de hormigón en obra, que provee tanto estructura, protección y terminación.

Los sistemas constructivos reconocidos, en general, se conforman por elementos multicapas que incorporan en su interior la aislación hidráulica, térmica y acústica. Dada la naturaleza constructiva de los mismos, la repetición de piezas estructurales para la conformación de los bastidores y estructuras portantes, interrumpe por lo general el desarrollo de las aislaciones

térmicas en las multicapas, conformando las heterogeneidades reconocidas como puentes térmicos.

3.2 Verificaciones y Simulaciones

Sobre el estudio de la Normativa Técnica Vigente en la región puede mencionarse que la misma se avoca principalmente a la reglamentación del diseño de ambientes (dimensiones, iluminación, ventilación), la imagen de las obras y la conformación urbana que surge del conjunto de ellas. En cuanto a sistemas o materiales constructivos no convencionales presentan una definición, clasificación y prescripción escasa y poco detallada. El Reglamento General de Construcciones de la Municipalidad de Resistencia y el Código de Edificación de la Ciudad de Corrientes contemplan el uso de variados sistemas de construcción, siempre que los mismos estén aprobados por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Ambiental de la Nación. La misma otorga el Certificado de Aptitud Técnica (C.A.T.) a todo material, elemento o sistema constructivo que considere "no tradicional". Para la obtención de la certificación, además de especificaciones sobre materias primas, fabricación y aplicación de los materiales, componentes o sistemas, se exige la presentación de ensayos de conductividad térmica y resistencia al paso de vapor de agua. El Código de Edificación de la Municipalidad de Posadas, Provincia de Misiones, por su lado establece un mecanismo propio de certificación de aptitud técnica de materiales, equipos y sistemas constructivos no convencionales. El Reglamento General de Construcciones de la Ciudad de Formosa, capital de homónima Provincia, es el que menor mención hace a la construcción no tradicional, aunque contempla la construcción de estructuras de hormigón armado, metal o madera con las pertinentes protecciones. La determinación de la pertinencia de cada uno de los sistemas o materiales de construcción no puede realizarse en forma general y cada caso debe ser presentado en particular ante los organismos municipales o nacionales correspondientes para su evaluación. Sin embargo, es importante destacar que las distintas certificaciones de aptitud, tanto nacionales como locales, tienen una validez por general de tres años, lo cual obliga a su renovación periódica, garantizando la revisión y optimización constante de los sistemas constructivos.

De acuerdo a los valores de transmitancia térmica obtenidos de la aplicación de la Normativa de Habitabilidad Vigente, el 80% de los sistemas constructivos analizados alcanza para verano el Nivel A, es decir el recomendado por la Norma IRAM 11.605 para las Zonas Bioambientales I y II, en que se inscribe el NEA. Esto significa que su Coeficiente de Transmitancia Térmica (K) es menor a $0,54 \text{ W/m}^2\text{°C}$. El restante 20% registra valores dentro del Nivel B (medio), no encontrándose ninguno dentro del nivel mínimo o por debajo del límite mínimo establecido. Esto demuestra una aislación térmica muy satisfactoria de las construcciones no convencionales para las condiciones de verano, de mayor incidencia en la región. Para la situación de invierno, de menor importancia dado el clima característico del NEA, el 40% cumple con el Nivel A y el 60% restante, con el Nivel B. Si de la aptitud respecto a los puentes térmicos se trata, el 80% de ellos resulta insatisfactorio, es decir que la transmitancia térmica del puente térmico supera el 35% de tolerancia (según norma) respecto al muro opaco, registrándose valores entre 300% y 750% mayores. Se nota aquí la falta de consideración al momento de diseñar los sistemas constructivos de este flagelo que reduce de manera considerable el comportamiento higratérmico de los mismos. Si se observa que el sistema de grandes paneles es el único que resulta apto y que éste asimismo es el único que se encuadra dentro del Nivel B para verano, puede reconocerse la tendencia de disminución de la aptitud de los sistemas constructivos no convencionales respecto a los puentes térmicos cuanto menor es la transmitancia térmica de sus muros opacos. Esto debido a que los materiales aislantes térmicos reducen en gran medida la transmitancia térmica, mientras para los puentes térmicos se emplean materiales con altos coeficientes de conductividad térmica. Y

que en el afán de aumentar la aislación térmica y dada la naturaleza constructiva de estas técnicas, que deja importantes espacios en los intersticios del entramado estructural capaces de ser rellenados con material aislante, generalmente se pasan por alto las consideraciones respecto a los puentes térmicos.

Dados los buenos valores de resistencia térmica que registran los diferentes cerramientos tipológicos, ninguno de ellos presenta Riesgo de producir Condensaciones Superficiales en condiciones de invierno de acuerdo a lo establecido por la Norma IRAM 11.625. En relación al Riesgo de Condensación Intersticial, sin embargo, puede reconocerse una segunda tendencia en el comportamiento higrométrico de los cerramientos estudiados. La condensación intersticial de vapor de agua por lo general se produce a partir del material aislante hacia las capas constitutivas exteriores del cerramiento. Esto se debe a que los diferentes materiales aislantes térmicos reducen la temperatura de bulbo seco de manera drástica, pero dejan pasar con facilidad el vapor de agua, provocando la condensación. La aparición de agua en las capas intersticiales de los cerramientos edilicios altera sus propiedades físicas y químicas, poniendo en riesgo su durabilidad, comportamiento mecánico e higrotérmico.

Las Simulaciones desarrolladas con el Software THERM 6.3 aportaron dos tipos de resultados de interés. En primer lugar, los valores numéricos de transmitancia térmica. Si se comparan aquellos obtenidos para el muro opaco y el puente térmico en forma aislada con las metodologías de IRAM por un lado y las simulaciones de THERM por otro, puede reconocerse una gran similitud en los resultados, existiendo una discrepancia promedio de 3,4% que se acrecienta conforme se complejiza la figura del perfil transversal. Si en cambio se considera la Transmitancia Térmica Ponderada, esto es el flujo de calor a través del modelo que incorpora tanto muro opaco como puente térmico, los rendimientos de los sistemas constructivos disminuyen considerablemente. Si se evaluarán estos valores con aquellos que IRAM considera admisibles, el 40% de los sistemas constructivos alcanzaría el Nivel A para verano y únicamente el 20% el mismo nivel para invierno. Ubicándose en el Nivel B el 40% para verano y el 60% para invierno. El sistema de núcleo de poliestireno expandido con malla electro-soldada incluso se encontraría por encima de los niveles mínimos establecidos por norma con esta nueva consideración. Estas consideraciones sin embargo se hacen de manera anecdótica, ya que una verdadera evaluación demandaría la reformulación de la Normativa y una redeterminación de los valores que la misma considera admisibles.

En segundo lugar, THERM aportó información gráfica de gran valor. En gráficos de isotermas o de gradiente de temperatura representado mediante escala de colores, puede reconocerse claramente el comportamiento del perfil transversal ante el paso del calor. En los sistemas constructivos analizados se advierte que la mayor reducción de temperatura se produce en la porción correspondiente al aislante térmico y que al verse el mismo interrumpido por un elemento estructural (puente térmico), las líneas de igual temperatura tienden a bordear la heterogeneidad, acercándose a los límites del cerramiento. Por medio de gráficos de vectores de flujo y escalas colorimétricas de magnitudes de flujo puede notarse la concentración de la transmisión del calor en los puentes térmicos y el poder de atracción del flujo que tienen sobre sectores de muro opaco. Si bien los Riesgos de Condensación Superficial o Intersticial son valores no aportados por el Software, conociendo las temperaturas de bulbo seco en que las temperaturas de rocío son sobrepasadas, es posible determinar en gráficos de isotermas el punto en que ambas temperaturas entran en contacto y se inicia la condensación intersticial.

Con lo expuesto pueden reconocerse principalmente dos puntos críticos en el comportamiento higrotérmico y energético general de los sistemas constructivos no convencionales de uso

habitual en la región. Por un lado, la inaptitud de los cerramientos respecto a los puentes térmicos, por el descuido de la proporcionalidad entre valores por la persecución de bajos niveles de conductividad térmica de los muros opacos. Y, por otro lado, Riesgo constante de Condensación Intersticial, dado que los materiales aislantes térmicos, por lo general de naturaleza porosa, no impiden el paso de vapor de agua de igual manera que lo hacen con el paso del flujo de calor.

3.3 Optimización

Realizado el diagnóstico energético general de los sistemas constructivos analizados, se propusieron criterios para su optimización en dos líneas de acción. Primero, considerando que en cuatro de los cinco casos los puentes térmicos son estructuralmente imprescindibles, lo perseguido fue la reducción de la diferencia de transmitancia térmica entre muro opaco y puente térmico, para ajustarse a la tolerancia del 35% establecida por IRAM. Esto se consiguió por un lado reemplazando el material que constituía el puente térmico por uno de menor valor de conductividad, sin modificar sus propiedades mecánicas. Por ejemplo, las armaduras de acero pudieron ser reemplazadas por varillas de resina de vinil y fibra de vidrio. Otra medida aplicada fue la sustitución del material aislante de baja conductividad térmica por otro de conductividad mayor, sin que el cerramiento en general pierda la clasificación obtenida respecto a IRAM 11.605 para las Zonas Bioambientales I y II. Así la espuma de poliuretano ($0,022 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) o la lana de vidrio ($0,032 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) pudieron ser reemplazadas por poliestireno expandido ($0.035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$).

Por otro lado, se procedió con la reubicación de la porción aislante dentro de las capas del cerramiento. Se lo retiró de su ubicación usual en el espacio dejado por los entramados estructurales y se lo ubicó por delante del mismo, permitiendo cubrir y proteger con aislación térmica todo el cerramiento. Esto a su vez permitió dejar los intersticios estructurales rellenos de aire, de menor resistencia térmica que los materiales aislantes colocados anteriormente en la misma posición, reduciendo considerablemente la diferencia de conductividad térmica entre ambas porciones del cerramiento.

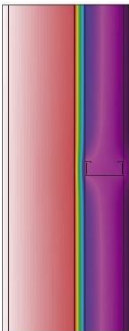



Las diferentes capas constitutivas de la sección transversal deben asimismo mantenerse unidas entre sí y para ello requieren elementos de fijación. Debido a esto, la continuidad estricta del aislante no siempre es posible ya que se constituyen puentes térmicos no solo a efectos estructurales generales de la edificación, sino propios del cerramiento. Por ello se buscó reemplazar este tipo de situaciones por componentes que empleen sistemas de fijación sin necesidad de estructuras intermedias. Como las placas de roca de yeso de terminación interior aplicadas como revoques secos con el uso de adhesivos, en vez de medios tabiques con estructura de perfiles galvanizados. Los sistemas constructivos totalmente industrializados, como los paneles prefabricados, que en obra simplemente se ensamblan son más propensos a adquirir este tipo de medidas por su producción más racionalizada y controlada.

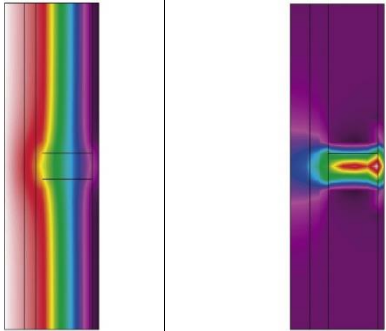
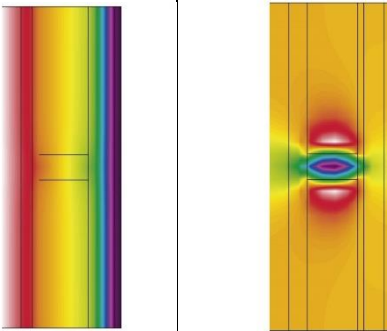
Ante el segundo punto crítico reconocido en los sistemas constructivos no convencionales, el siguiente criterio de optimización fue la disminución del Riesgo de Condensación Intersticial mediante el freno del paso de vapor de agua a través del sistema constructivo, reubicando la barrera de vapor dentro de la multicapa o aumentando la resistencia a su paso. Esto último logrado mediante el incremento de la cantidad de barreras de vapor empleadas o el reemplazo de algunos materiales muy permeables al paso de vapor por otros de mayor resistencia. También se planteó la posibilidad de disminuir los saltos térmicos entre las diferentes capas constitutivas, disminuyendo el material o el espesor de la porción del aislante térmico, a fin de que las temperaturas de bulbo seco y de rocío no entren en contacto.

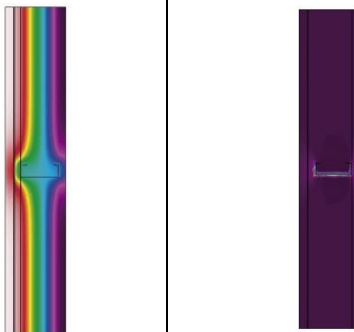
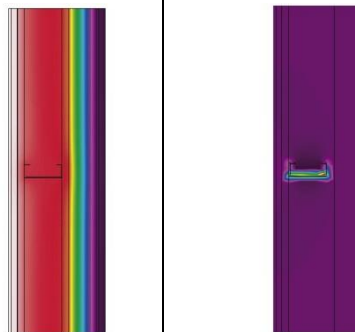
De las verificaciones y simulaciones a que se sometieron los sistemas constructivos en su situación optimizada puede observarse que en todos los casos el gradiente de temperatura a través de la sección transversal se vuelve más regular y las mayores disminuciones se concentran en la capa correspondiente al aislante térmico. Esto responde a la atenuación del efecto del puente térmico, generando isotermas más paralelas que ya no bordean al puente térmico. También puede reconocerse que las mayores magnitudes de flujo de calor se redistribuyen, dando la pauta de que no sólo el material utilizado es decisivo en el comportamiento térmico, sino su ubicación respecto al conjunto. También es interesante verificar que, en la situación optimizada, si bien los vectores de flujo aumentan de valor, se distribuyen de manera más regular en toda la sección transversal. La escala colorimétrica de magnitudes de flujo evidencia este fenómeno en que el gráfico adopta coloraciones púrpura más claras, pero disminuye considerablemente la amplitud de la escala, denotando la aptitud respecto a puente térmico y muro opaco.

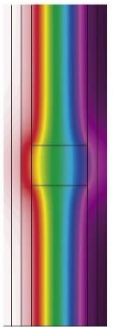
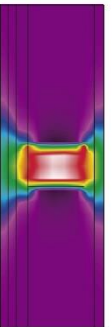
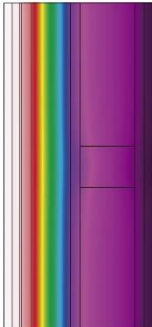
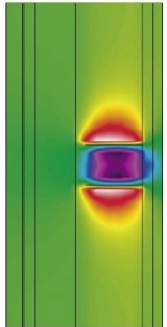
La Tabla 1 expone los resultados más relevantes de los sistemas estudiados con ambas metodologías y en los casos originales y optimizados. Los gráficos ilustrados corresponden a la Escala Colorimétrica de Gradiente de Temperatura (*Color Infrared*) y Escala Colorimétrica de Magnitudes de Flujo (*Color Flux Magnitud*), a la izquierda y derecha respectivamente de cada situación. En estas escalas, los colores fríos (azules y morados) corresponden a temperaturas y flujos de calor bajos, mientras los colores cálidos (amarillos y rojos) representan temperaturas y flujos de calor altos.

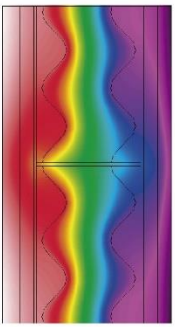
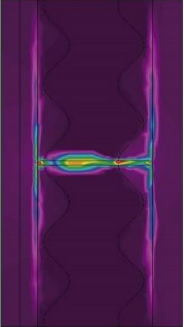
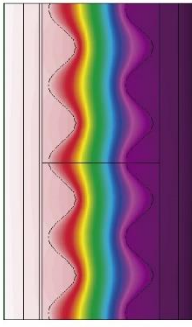
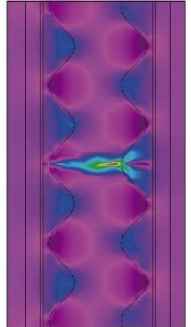
Tabla 1. Comparación de Situación Original y Optimizada de los Sistemas Constructivos No Convencionales analizados.

Situación Original		Situación Optimizada	
Sistema de Grandes Paneles			
Cerramiento Panel Portante de H°A° con terminación exterior de Revoque a la Cal e interior de Placas de Roca de Yeso		Eliminación del Puente Térmico aplicando un Revoque Seco sobre Poliestireno Expandido	
			
Coeficiente de Transmitancia Térmica		Coeficiente de Transmitancia Térmica	
Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM	Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM
0,9731 W/m2°C	0,9856 W/m2°C	0,5294 W/m2°C	0,5296 W/m2°C
Nivel B (verano)	Nivel B (verano)	Nivel A (verano)	Nivel A (verano)
SI Apto respecto a Puentes Térmicos		SI Apto respecto a Puentes Térmicos	
NO produce Condensación Superficial		NO produce Condensación Superficial	
SI produce Condensación Intersticial		SI produce Condensación Intersticial	

Sistema Liviano con Entramado de Madera			
Cerramiento Tipo Balloon Frame con terminación exterior de Siding de Pino e interior de Machimbre de Pino		Reubicación del Aislante Térmico en la cara interna para abarcar al Puente Térmico	
			
Coeficiente de Transmitancia Térmica		Coeficiente de Transmitancia Térmica	
Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM	Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM
0,2624 W/m²°C	0,3220 W/m²°C	0,4826 W/m²°C	0,4812 W/m²°C
Nivel A (verano)	Nivel A (verano)	Nivel A (verano)	Nivel A (verano)
NO Apto respecto a Puentes Térmicos		SI Apto respecto a Puentes Térmicos	
NO produce Condensación Superficial		NO produce Condensación Superficial	
SI produce Condensación Intersticial		SI produce Condensación Intersticial	

Sistema Liviano con Entramado Metálico			
Cerramiento Tipo Steel Frame con term. ext. de Revestimiento Plástico e int. de Roca de Yeso		Reubicación del Aislante Térmico en la cara interna para abarcar al Puente Térmico	
			
Coeficiente de Transmitancia Térmica		Coeficiente de Transmitancia Térmica	
Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM	Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM
0,3896 W/m²°C	0,6004 W/m²°C	0,4530 W/m²°C	0,4919 W/m²°C
Nivel A (verano)	Nivel B (verano)	Nivel A (verano)	Nivel A (verano)
NO Apto respecto a Puentes Térmicos		SI Apto respecto a Puentes Térmicos	
NO produce Condensación Superficial		NO produce Condensación Superficial	
SI produce Condensación Intersticial		SI produce Condensación Intersticial	

Sistema Liviano de Paneles Prefabricados			
Panel Sandwich de Madera de Pino con term. ext. de Placa Cementicia e int. de Roca de Yeso		Reubicación del Aislante Térmico en la cara externa para abarcar al Puente Térmico	
			
Coeficiente de Transmitancia Térmica		Coeficiente de Transmitancia Térmica	
Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM	Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM
0,2755 W/m²°C	0,4243 W/m²°C	0,4698 W/m²°C	0,4641 W/m²°C
Nivel A (verano)	Nivel A (verano)	Nivel A (verano)	Nivel A (verano)
NO Apto respecto a Puentes Térmicos		SI Apto respecto a Puentes Térmicos	
NO produce Condensación Superficial		NO produce Condensación Superficial	
SI produce Condensación Intersticial		SI produce Condensación Intersticial	

Sistema de Paneles Aligerados con Núcleo de Poliestireno y Malla Electro-soldada Espacial			
Cerramiento de Poliestireno Expandido y Malla Electrosoldada con Hormigón Proyectado.		Reemplazo del Acero por Varillas de Resina de Vinil y Fibra de Vidrio.	
			
Coeficiente de Transmitancia Térmica		Coeficiente de Transmitancia Térmica	
Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM	Muro Opaco s/ IRAM	Puente Térmico Ponderado s/ THERM
0,5090 W/m²°C	2,5319 W/m²°C	0,5082 W/m²°C	0,5868 W/m²°C
Nivel A (verano)	No califica	Nivel A (verano)	Nivel B (verano)
NO Apto respecto a Puentes Térmicos		NO Apto respecto a Puentes Térmicos	
NO produce Condensación Superficial		NO produce Condensación Superficial	
SI produce Condensación Intersticial		SI produce Condensación Intersticial	

Fuente: Elaboración propia

Debe destacarse que, si bien en algunos casos la transmitancia térmica de la situación optimizada aumenta respecto a la situación original, los valores se mantienen dentro del Nivel A propuesto por la Norma IRAM 11.605 y el 80% de los sistemas logran con ello la aptitud respecto a los puentes térmicos.

Otro fenómeno observado principalmente en los sistemas que emplean elementos de madera como estructura principal de los entrenados, es que, al reubicar el material aislante, las heterogeneidades se convierten en los puntos del cerramiento en que se producen los menores flujos de calor. Ya que, debido a su masa, ofrecen mayor resistencia al paso de temperatura que las cámaras de aire que se encuentran en sus intersticios en reemplazo del material aislante que lo ocupaba anteriormente. De esta manera, la lógica de muro opaco y puente térmico se invierten.

En cuanto al segundo punto crítico, el Riesgo de Condensación Intersticial no pudo ser erradicado por completo pese a la aplicación de las estrategias de optimización. Se ha logrado reducir la diferencia de temperatura de bulbo seco y de rocío, retardando el proceso. Pero la eliminación total del fenómeno únicamente se conseguiría con la implementación de soluciones costosas y constructivamente complejas, como la incorporación de numerosas barreras de vapor o la resignación de propiedades aislantes térmicas del cerramiento.

4. Conclusiones y recomendaciones

En primer lugar, puede reconocerse que los Sistemas de Construcción No Convencional de empleo usual en el Nordeste Argentino que pudieron analizarse en el presente trabajo registran buenos comportamientos higrotérmicos y energéticos generales. En especial por su principio de racionalidad, son sistemas que incorporan las consideraciones de confort ambientales y principalmente aislación térmica. Sin embargo, existen aspectos que en el desarrollo de la investigación pudieron mejorarse y que aún pueden seguir optimizándose. En especial en relación al comportamiento de los puentes térmicos, elementos principales de la construcción no convencional. Al momento de diseñar soluciones constructivas es importante buscar no solo la menor conductividad térmica posible, sino estudiar la relación entre puente térmico y muro opaco. Y en especial evaluar las grandes disminuciones de temperatura dentro del cerramiento en relación al principal flagelo que acusa a la construcción en la región, la condensación intersticial de vapor de agua. Problemática que sin embargo se cree sobreestimada por la normativa IRAM por los valores de diseño excesivamente bajos que determina para las verificaciones en la región.

La falta de verificación y exigencia del cumplimiento efectivo de la normativa de habitabilidad y técnico-constructiva vigentes por parte de los diferentes estamentos gubernamentales, hace que su cumplimiento se limite muchas veces a voluntades expresas de diseñadores, constructores y comitentes. Las mejoras en los rendimientos de los diferentes sistemas constructivos, por otro lado, significan en la mayoría de los casos aumentos de los costos iniciales y en una industria tan competitiva como la construcción, ello genera pérdida de competitividad. En especial si no todos los actores aplican o son obligados a aplicar iguales criterios de diseño.

Se considera necesaria la revisión de los diferentes Reglamentos y Códigos de Construcción de las principales ciudades de la región, actualmente muy retrasadas respecto a los importantes avances de la construcción industrializada. Con el objetivo de una inclusión más amplia de consideraciones respecto a las performances higrotérmicas y energéticas de los sistemas constructivos en general y de la normalización del uso de los sistemas constructivos no convencionales. Todo en favor de un cambio de paradigma que tome en cuenta principalmente costos económicos y ambientales de todo el ciclo de vida de las edificaciones,

no sólo las inversiones iniciales, en especial ante la crisis ecológica mundial y el déficit energético que vive la región.

En cuanto al uso del Software de simulación THERM 6.3, su interface sencilla y los resultados numéricos muy similares a la Normativa del IRAM lo convierten en una herramienta muy útil y confiable de complemento a las verificaciones realizadas con las normas de habitabilidad vigentes en la Argentina.

Si bien las discrepancias entre los valores obtenidos con uno y otro método de cálculo son muy pequeñas, el principal problema no es la calibración de los resultados, sino la naturaleza de los mismos. La Normas IRAM establecen los procedimientos de determinación de la resistencia térmica de las envolventes de los edificios procediendo de manera individualizada con el cálculo de la Transmitancia Térmica Lineal de la porción opaca del muro y del puente térmico. El software THERM, por su lado, calcula la transmitancia térmica total del modelo dibujado, implicando que para poder establecer iguales relaciones que con la Norma IRAM deban desarrollarse una serie adicional de operaciones que terminan siendo más engorrosas y largas que la aplicación de las planillas de cálculo que propone IRAM. El software tampoco calcula los Riesgos de Condensación Superficial e Intersticial de los diferentes cerramientos, verificaciones muy importantes en la determinación de sus comportamientos. Por estas diferencias esenciales que impide que los resultados de las simulaciones puedan relacionarse directamente con estándares, clasificaciones y especificaciones determinadas por IRAM, es que se considera a THERM como un complemento. Un verdadero empleo del software como mecanismo de verificación del rendimiento higrotérmico y energético de las soluciones constructivas en nuestro país y región demandaría una reformulación de las Normas IRAM, o de THERM, a fin de que trabajen con iguales parámetros de evaluación y arrojen valores similares. Continuando con lo anterior, el software es empleado en Estados Unidos, su país de origen, como herramienta de certificación de diferentes elementos constructivos, en especial carpinterías. En la Argentina, sin embargo, no posee este reconocimiento oficial ni se adapta a la normativa vigente, por lo que esta ventaja desaparece.

A pesar de las diferencias descriptas anteriormente, se reconocen dos grandes ventajas en la aplicación de THERM. En primer lugar, la posibilidad de obtener un Coeficiente Ponderado de Transmitancia Térmica, que incorpora ambas porciones del cerramiento y de alguna manera determina un valor de transmitancia térmica promedio que puede aplicarse a toda la envolvente. Sin caer en errores de consideración exclusiva del muro opaco para la evaluación de los sistemas. En segundo lugar, se considera una herramienta muy útil para diseñadores por proveer información muy valiosa de orden gráfico. Esta información no es aportada por IRAM y es de gran utilidad para el reconocimiento claro del comportamiento de las secciones transversales de los cerramientos y de sus puntos más críticos.

Por otro lado, los métodos de verificación del comportamiento higrotérmico de los sistemas constructivos no solo se emplean una vez definidos los mismos, sino en el proceso de diseño. La modificación de alguna de las variables permite evaluar distintas alternativas y verificar sus diferentes comportamientos. Así al momento de diseñar puede evaluarse el comportamiento del sistema con diferentes espesores del material aislante, o bien modificar los diferentes materiales, variando las propiedades de conductividad de cada uno de ellos. En este sentido, en la aplicación de los diferentes métodos de evaluación descriptos en el presente trabajo pueden reconocerse diferencias. La Normativa IRAM se aplica mejor cuando se modifica la geometría de la sección transversal. Esto es la modificación de los espesores o las capas constitutivas. Ya que el agregado o la modificación de dichos valores en las planillas de cálculo es muy sencillo. El Software THERM 6.3 por su lado presenta ventajas únicamente

cuando se varían las propiedades de los diferentes materiales o las condiciones de contorno. Asignando un nuevo material al sistema constructivo simulado pueden entenderse fácilmente los cambios en su comportamiento. Sin embargo, modificar las geometrías es mucho más dificultoso que con las planillas de IRAM.

Por último, una de las desventajas más importantes en el uso de THERM, considerando usuarios de habla no inglesa, es que en la actualidad el software únicamente se encuentra disponible en idioma inglés. Esta situación se agudiza considerando que el actual plan de estudios de la Carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste no incluye el idioma como materia curricular, limitando la posibilidad de aprovechamiento de estudiantes y profesionales del medio de una herramienta de tan fácil acceso como este software. Si bien, en la operatoria de uso este inconveniente puede ir subsanándose gradualmente al familiarizarse con la interface y entendiendo cada una de las funciones. Todos los manuales de uso asimismo se encuentran en idioma inglés y los

software se publica un Manual del Usuario que incorpora únicamente las nuevas funcionalidades o recomendaciones incorporadas. Para iniciarse en el manejo del software se debe recurrir a los manuales de las primeras versiones.

Se concluye entonces que el Software THERM 6.3 puede aplicarse a la evaluación del comportamiento higrotérmico y energético de los sistemas constructivos en general, de los sistemas constructivos no convencionales y en especial de los puentes térmicos. Dada la información gráfica aportada que permite leer fácilmente los puntos más críticos de dicho comportamiento. Esta aplicación sin embargo se entiende complementaria y no sustituye a las Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación. El verdadero aprovechamiento del Software THERM en la Argentina demandaría además de su adaptación a la normativa de habitabilidad vigente, su traducción a la lengua hispana.

5. Referencias

- [1] Norma IRAM 11.549. Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario. Tercera Edición. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina.
- [2] LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (2013). *THERM 6.3 / WINDOW 6.3 NFRC Simulation Manual*. Berkeley, California, Estados Unidos.
- [3] MAC DONNEL, H. (1999). *Manual de Construcción Industrializada*. Editorial Revista Vivienda S.R.L. Buenos Aires, Argentina.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Pirolización de RSU: Caracterización energética de los residuos y análisis de tecnologías aplicables para la generación de energía eléctrica.

Gonzalo Femayor Garay, UNSTA, gonzalo_fema@hotmail.com

Dante Fernando Malica, UNSTA, dantem_88@hotmail.com

José Agustín Saa, UNSTA, saa.joseagustin@gmail.com

German Heraldo Vargas Walters, UNSTA, germanlincero94@hotmail.com

Horacio Santiago Mendez, UNSTA, Horacio.mendez@unsta.edu.ar

Resumen— La generación de RSU es una problemática que atañe a toda la sociedad y se evidencia a través de basurales a cielo abierto sin control alguno. Las fuentes generadoras se relacionan al incesante crecimiento demográfico, la falta de conciencia ambientalista por parte de los ciudadanos y a la carencia de leyes de gestión integral de residuos o conflictos en su implementación lo que impide la aplicación de un método eficaz de reciclaje o utilización. En la provincia de Tucumán, a partir de abril de 2009 se sancionó la Ley Provincial N° 8.177, sobre Gestión Integral de RSU, la cual solo prevé el manipuleo de los residuos mediante métodos adecuados que minimicen los posibles impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población. El presente artículo tiene por objeto mostrar los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización energética mediante el análisis inmediato del RSU generado en la región, y plantear un sistema tecnológico de conversión termoquímica de los residuos, mediante el proceso de pirólisis, a fin de generar la descomposición de la materia orgánica en productos que puedan emplearse como combustibles en un sistema de cogeneración.

Palabras clave— *RSU, pirólisis, caracterización de residuos.*

1. Introducción

El creciente volumen de generación de RSU constituye un tema preocupante por el gran impacto ambiental que éste produce. Un enfoque simplista y altamente contaminante es quemar los residuos en un vertedero a cielo abierto no siendo el procedimiento más apropiado por los productos, sin control alguno, que son generados en el proceso.

Es por ello, que los gobiernos del mundo incentivan el desarrollo de tecnologías tales como rellenos sanitarios, incineración controlada, gasificación y pirolización entre los procedimientos de tratamientos más destacados.

La forma tradicional de disponer los residuos a cielo abierto y posteriormente taparlos con tierra y luego incinerarlos se ha desarrollado logrando campos de deposición pretratados y recubiertos para recibir los residuos y poder controlar los efluentes líquidos generados (lixiviados) [1]. El gas generado (mayor parte metano) es quemado directamente mediante antorchas o bien, es

empleado como combustible en algún proceso energético como calefacción, o en la generación de energía eléctrica.

Otra alternativa empleada es la incineración de los RSU, tecnología ampliamente usada y aceptada por los gobiernos europeos y de Japón, que consiste en la quema directa de los residuos sólidos urbanos procesando una gran cantidad de los mismos (900 a 3500 [toneladas/días]) [2], pudiéndose emplear la energía liberada en los procesos energéticos antes mencionados.

La gasificación consiste en un proceso endotérmico de oxidación parcial de las sustancias orgánicas a elevadas temperaturas (500-1800 [°C]) para generar un gas de síntesis o syngas que puede ser empleado como materia prima en la industria química o como combustible para una producción eficiente de electricidad o calor [3]. El empleo de ésta tecnología depende del contenido de material inorgánico presente en el residuo y de un pretratamiento que incrementa los costos de su aplicación.

Con respecto a la pirolización la misma es aplicable para residuos con elevado contenido de material inorgánico y al igual que la gasificación es un proceso endotérmico que consiste en una conversión termoquímica anaeróbica, la cual se genera en rangos de temperaturas entre 500 y 800 [°C] [4], y también requiere un pretratamiento de los residuos a pirolizar.

La pirólisis y la incineración han sido consideradas siempre como alternativas atractivas para el tratamiento de desechos, dado que estas técnicas proveen una reducción significativa del volumen [5]. Si bien los incineradores están diseñados para quemar los residuos en una atmósfera controlada, la presencia de materiales clorados genera productos de combustión tales como dioxinas y furanos y otros elementos contaminantes que se pueden eliminar mediante la reducción completa de la presencia de oxígeno en el proceso.

Entre las ventajas del proceso de pirólisis en el tratamiento de residuos podemos destacar, la no volatilización de los metales pesados (pasan al residuo carbonoso), la muy baja emisión de partículas, la reducción significativa en la formación de dioxinas y furanos y la gran versatilidad del sistema que permite tanto el tratamiento de residuos urbanos como residuos industriales, mientras que el principal inconveniente observado es la difícil reutilización del residuo carbonoso, el cual debe ser enfriado rápidamente para evitar su inflamación espontánea [6].

En la provincia de Tucumán a partir de abril de 2009 se sancionó la Ley Provincial N° 8.177, sobre Gestión Integral de RSU, pero dicha Ley no establece taxativamente los métodos de tratamiento y/o disposición final permitidos, exigiendo únicamente que el método elegido prevea y minimice los posibles impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población. Es decir que el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos podrá llevarse a cabo por cualquiera de las modalidades técnicamente aceptadas, siempre y cuando se evite o mitigue el efecto contaminante y se procure el aprovechamiento de los componentes

2. Materiales y Métodos

2.1 Selección de los materiales pirolizables

A partir de la bibliografía consultada y en base a la composición del RSU de la región se seleccionaron aquellas materiales que energéticamente y físicamente resultaban más apropiados para el proceso de pirólisis.

2.2 Análisis inmediato

Para caracterizar mediante análisis inmediato los elementos considerados como adecuados para el proceso de pirólisis, se efectuaron las siguientes determinaciones:

- Determinación del contenido de agua en muestras de combustibles sólidos, en base a la norma ASTM D3173-03 [7].
- Determinación del contenido de sustancias volátiles en muestras de combustibles sólidos, en base a la norma ASTM D3175-02 [8].
- Determinación del contenido de cenizas en muestras de combustibles sólidos, en base a la norma ASTM D3174 -02 [9].
- Determinación del poder calorífico superior en muestras de combustibles sólidos, siguiendo la norma ASTM D5865-04 [10].
- Determinación del carbono fijo por diferencia gravimétrica [11].

2.3 Selección del sistema de pirólisis más apropiado para aplicar en la región.

Una vez definidas las características de los materiales seleccionados, se evaluaron los sistemas de tratamiento por pirólisis que podrían emplearse en la región.

3 Resultados y Discusión

2.1 Selección de los materiales pirolizables.

El volumen de residuos generados está íntimamente relacionada con la cantidad de habitantes del área y la distribución de los mismos. Dado que no se dispone de valores actuales de generación, se adoptará para la provincia de Tucumán la proyección de 1169,12 [tn/día] efectuada por [12] para el año 2015, siendo la ciudad de San Miguel de Tucumán la de mayor generación con aproximadamente el 39 [%] del residuo total producido en la provincia [13].

Con respecto a la composición del RSU, actualmente no se dispone de un porcentaje real de sus residuos componentes, por lo que nos basamos en datos obtenidos en la ciudad autónoma de Buenos Aires para efectuar el estudio.

Tabla N°1- Materiales aptos para pirólisis

Componentes de RSU	Nivel Socio Económico			Promedio
	Alto y Medio Alto	Medio	Medio Bajo y Bajo	
	%	%	%	%
Papeles y cartones	19,89	16,94	19,89	18,91
Plásticos	22,17	18,57	19,05	19,93
Materiales textiles	2,08	4,12	3,48	3,23
Madera, residuos de poda y jardín	2,74	4,53	4,86	4,04
Goma, cuero, corcho	0,57	0,60	1,20	0,79
Pañales descartables	4,74	4,49	3,15	4,13

Fuente: Estudio de Calidad de los Residuos de la CABA 2009 – CEAMSE/UBA

Los materiales que aparecen en Tabla 1, fueron seleccionados de una gran variedad de componentes establecidos por [12]. El criterio de selección empleado tuvo en cuenta tanto el contenido de humedad (para pirólisis no debe ser mayor a 10 [%]), como también el valor energético latente de los residuos [14].

Se puede observar que los materiales que suponemos apropiados para la pirolización corresponden aproximadamente al 50 [%] de la cantidad total de RSU generado.

2.2 Caracterización energética mediante análisis inmediato.

El análisis inmediato nos permite establecer ciertas características de los materiales combustibles como ser su facilidad de degradación por volatilización, la cantidad de material inerte o no combustible que genera un efecto depresor sobre el poder calorífico, el porcentaje de char que resulta de la etapa de desvolatilización y la humedad que afecta en forma directa al poder calorífico del combustible [11].

Tabla N°2- Análisis inmediato de materiales a pirolizar

Material	Humedad [%]	Cenizas [%]	Volátiles [%]	Carbono Fijo [%]	Hs [kJ/kg]
Cartón	8,54	4,32	74,41	21,27	17439,25
Plásticos mezclados	0,65	0,45	80,71	18,84	24341,51
Materiales textiles	8,00	5,87	75,00	19,13	20386,32
Madera, residuos de poda y jardín	21,38	6,57	66,67	26,76	16575,76
Goma y cuero	6,48	10,01	79,83	10,16	33883,74
Pañal descartables	4,56	1,51	80,21	18,28	23506,19

Fuente: elaboración propia

Considerando los porcentajes de los materiales componentes indicados en Tabla N°1 y el análisis inmediato de los mismos, especificados en Tabla N°2, podemos establecer la caracterización energética del RSU a tratar mediante el proceso de pirólisis (ver Tabla N°3).

Tabla N°3- Caracterización energética del RSU seleccionado

Material	Humedad [%]	Cenizas [%]	Volátiles [%]	Carbono Fijo [%]	Hs [kJ/kg]
RSU seleccionado	6,09	2,95	76,85	20,21	20998,55

Fuente: elaboración propia

2.3 Selección del sistema de pirólisis más apropiado.

A partir de la evaluación de los residuos seleccionados pudo observarse que la incineración es una posibilidad perfectamente viable desde el punto de vista energético pero presenta ciertos inconvenientes desde el aspecto ambiental por el elevado contenido de dioxinas, furanos y materiales volantes.

La pirolización, si bien no es una tecnología ampliamente desarrollada se presenta como una alternativa atractiva para el tratamiento de estos residuos.

Sin embargo, a la hora de considerar su aplicación, deberá tenerse en cuenta la selección de los residuos a pirolizar mediante una recogida selectiva efectiva, ya que ésta es indispensable para el funcionamiento de cualquier sistema de tratamientos de RSU, sobre todo de la pirolización [6]. En general, la recogida selectiva de RSU dependerá del presupuesto disponible, la logística, los factores socioeconómicos, el urbanismo y sobre todo de factores culturales [13], los cuales se presentan como un inconveniente debido a que las personas tienden a no responsabilizarse de los residuos que generan.

Una planta de pirólisis tradicional cuenta con una etapa de recepción de residuo y otra de selección, donde se extrae el material inerte; una zona de trituración, para la preparación y homogeneización de los materiales a pirolizar; un secador (en caso de que los residuos presenten una humedad superior al 10 [%]), el pirolizador propiamente dicho, una etapa de tratamiento de los productos obtenidos y finalmente un sistema de combustión y generación de energía [15].

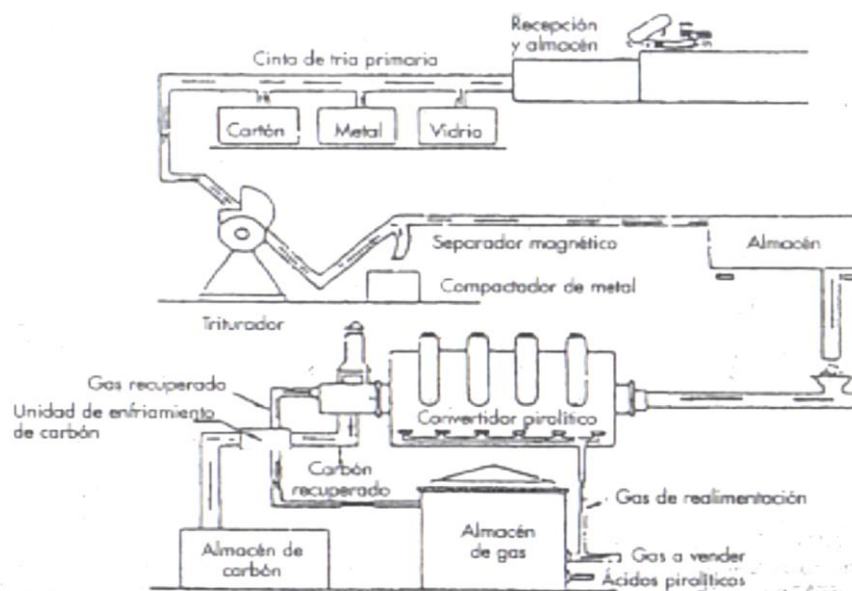


Figura 1. Conjunto de convertidor pirolítico para RSU

Fuente: Tratamiento y valorización energética de residuos-Xavier Elías Castells

A partir de una evaluación de las tecnologías de pirólisis disponibles, se analizaron cuatro posibles alternativas en base a los sistemas propuestos en [6], [14], [15] y [16]:

- Tecnología PKA: consta de un proceso modular de pirólisis y gasificación donde el gas de síntesis obtenido es enviado a motores especiales para generación de energía eléctrica [17]. Existe una planta piloto (ver Figura 2) operando en Aalen-Goldhöfen (Alemania) con una capacidad de tratamiento de 24000 [tn/año] de RSU y Toshiba Corp. comercializa esta tecnología bajo licencia [6].
- Tecnología Von-Roll: este sistema está compuesto por una cámara de pirolización de parrilla donde el residuo se convierte en gas y coque; un horno HSR, un reactor de lecho fluidizado donde se separan escorias líquidas de metales pesados y un enfriador de

cenizas en el circuito de retorno. Actualmente se encuentra en servicio una planta piloto en Alemania con una generación de 16 [MW], una capacidad nominal de 6 [tn/h] de RSU y con un rendimiento de aproximadamente 60 [%]. [17].

- Tecnología MES: esta tecnología fue desarrollada en Japón y consiste en una planta de procesamiento de RSU mediante pirólisis, gasificación y fusión de cenizas. Actualmente Japón consta de 12 plantas instaladas y en funcionamiento. Una de las primeras plantas MES en entrar en servicio fue en Yame Seibu con una capacidad de 70000 [tn/año] y exportación de energía a la red local en el orden de 1 [MW] [18].
- Tecnología Compact Power: trabaja con los procesos de pirolización, gasificación y combustión a alta temperatura. Actualmente existe una planta piloto trabajando en el Reino Unido [14] con una capacidad nominal de 0,5 [tn/h] de RSU.

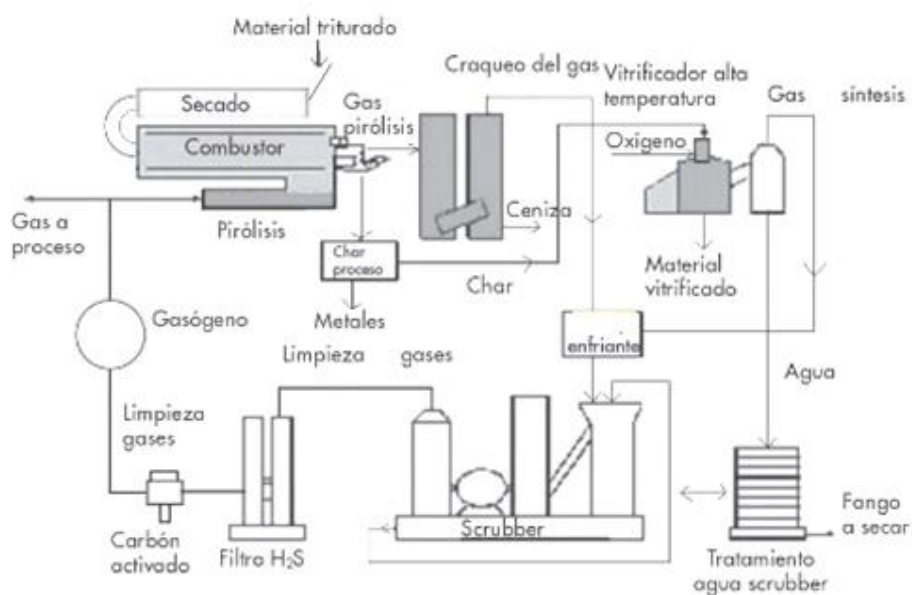


Figura 2. Esquema de tecnología PKA

Fuente: Tratamiento y valorización energética de residuos-Xavier Elías Castells

De acuerdo a un informe efectuado por el Reino Unido, los costos de inversión para una planta de pirolización por tonelada al año de RSU oscilan entre US\$ 210 - US\$ 340 y los costos de operación se encuentran entre 30 y 70 dólares por tonelada [15]. Es decir, que para tratar los residuos seleccionados generados sólo en la ciudad de San Miguel de Tucumán se necesitaría una inversión entre US\$ 18 y 26 millones.

En general el rendimiento promedio de estas plantas modernas puede rondar entre el 10 [%] y 60 [%] (tecnología Von Roll) [6]. Si consideramos un rendimiento promedio de 35 [%] y un procesamiento de diario de 236,49 [tn/día] se podría disponer de una generación de energía eléctrica equivalente a 17,25 [MW].

4. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización energética de los residuos, podemos concluir que los mismos resultan aptos para ser empleados en sistemas térmicos orientados a la

generación de energía eléctrica y/o calefacción, considerando que deberán tomarse los recaudos necesarios en el tratamiento de los productos obtenidos en los distintos procesos.

Si bien la pirolización es una tecnología todavía en vías de desarrollo, la misma se presenta como una alternativa atractiva al tratamiento de los grandes volúmenes de RSU, dejando de lado la necesidad de disponer de grandes superficies de tierra, como en el caso de los rellenos sanitarios y evitar la formación de dioxinas, furanos y residuos volantes generados durante la incineración.

Con respecto a los sistemas pirolíticos analizados, resulta más conveniente la aplicación de la tecnología MES puesto que es una planta que superó la escala piloto y que hoy está teniendo una amplia difusión, no solo en su país de origen sino también en Europa.

Del 100 [%] del residuo total generado en la provincia de Tucumán, el 51 [%] puede ser pirolizable. Si analizamos el caso de la ciudad de San Miguel de Tucumán, para una potencia de generación de 17,25 [MW] se necesitaría una inversión inicial de US\$ 26 millones.

La aceptación de la pirólisis en el tratamiento del RSU dependerá del planteo de políticas que contribuyan principalmente a un cambio cultural en lo que respecta a la selección y clasificación de residuos puesto que, sin ello, los costos se encarecen y está tecnología como otras tecnologías alternativas se vuelven inviables.

En lo que sigue, se buscará mediante métodos estadísticos apropiados determinar la cantidad de residuo generado en la provincia y los materiales componentes del RSU, diseñar un reactor pirolítico escala piloto para analizar el proceso y determinar en forma detallada la factibilidad técnico-económica de la aplicación.

4 Referencias

- [1] INTI (2010). Valorización Energética del RSU. Estudio de la prefactibilidad situación nacional e internacional propuesta para el desarrollo Local. *Análisis RSU Energía*.
- [2] GAGGERO, E; ORDÓÑEZ M (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. Subsecretaría de Ecuación. Buenos Aires.
- [3] BOSMANS A; VANDERREYDT I; GEYSEN D; HELSEN L (2012). The crucial role of Waste-to-Energy technology in enhanced landfill mining a technology review. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, p. 1-14.
- [4] AGOSTINHO HENRIQUES A.J. (2012). Producao de combustíves líquidos por pirólise de misturas de residuos plásticos e oleos vegetáis. Tesis para la obtención del grado de maestría. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Nova de Lisboa.
- [5] CONESA J.A; FONT R; FULLANA A; MARTÍN GULLÓN I; ARACIL I; GÁLVEZ A; MOLTÓ J; GOMEZ RICO M.F (2008). Comparison between emissions from the pyrolysis and combustion of different wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Elsevier, p. 1-8.
- [6] CASTELLS X.E (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz Santos. Fundación Universitaria Iberoamericana. España.
- [7] ASTM D3173-03 (2003). Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke.
- [8] ASTM D3175-02 (2002). Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke.
- [9] ASTM D3174-02 (2002). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal.

- [10] ASTM D5865-04 (2004). Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke.
- [11] PÉREZ, E.S. (2010). Caracterización de los combustibles sólidos. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza. España.
- [12] GONZALEZ, G.L. (2010). Residuos sólidos urbanos. Tratamiento y disposición final: situación actual y futura. Área de Pensamiento Estratégico. Cámara Argentina de la Construcción.
- [13] SECRETARIA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE DE TUCUMÁN (2010). Planes municipales de gestión integral de residuos sólidos urbanos en la provincia de Tucumán: directrices técnico-jurídicas para su elaboración y desarrollo. Ministerio de Desarrollo Productivo. Superior Gobierno de la Provincia de Tucumán.
- [14] CASTELLS X.E (2009). *Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradoras*. Ediciones Díaz Santos. Madrid. España.
- [15] Antecedentes. Tecnologías de tratamiento y disposición final de residuos sólidos domiciliarios (2001). Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-31698_recurso_5.pdf.
- [16] GREENPEACE (2011). Gasificación, pirólisis y plasma. Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos urbanos: viejos riesgos y ninguna solución. Buenos Aires.
- [17] Tecnologías de manejo de residuos (2016). Disponible en: http://www.ciu.com.uy/innovaportal/file/36639/1/res_10_pdrs_anexo_tecnologias_de_manejo_de_residuos.pdf
- [18] Tecnología de manejo de residuos Mitsui Engineering & Shipbuilding (2016). Disponible en: <http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-10/issue-1/features/going-japanese.html>

APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE RESIDUO SÓLIDO INORGÁNICO A EVALUAR PARA REUTILIZAR INDUSTRIALMENTE

Perez Angueira Luciana, UTN FR Trenque Lauquen, lucianaperezangueira@hotmail.com

Wadel Gerardo, UTN FR Trenque Lauquen, gwadel@societatorganica.com

Scheffer Andrea, UTN FR Trenque Lauquen, andrea.scheffer@hotmail.com

Giacomelli Fernando, UTN FR Trenque Lauquen, fernandogiacomelli@hotmail.com

Pascual Macías Germana, UTN FR Trenque Lauquen, g.pascualmacias@hotmail.com

Resumen

El objetivo del presente análisis consiste en evaluar las características de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de carácter inorgánico generados en la ciudad de Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires, para clasificarlos de acuerdo a su potencial inserción en un proceso productivo para aumentar su valor económico y generar un nuevo producto en el mercado elaborado en la propia ciudad.

En la actualidad, la gestión de RSU en la localidad de estudio se realiza bajo la Administración Municipal; en una planta de clasificación de los residuos inorgánicos en sus fracciones constituyentes, para luego ser acondicionados y comercializados a muy bajo valor comercial en el mercado regional para su reutilización.

Para clasificar los distintos materiales hemos utilizado la herramienta de Análisis Multicriterio conocida como Proceso de Análisis Jerárquico (AHP - Analytic Hierarchy Process), basada en la obtención de preferencias o pesos de importancia para los criterios y las alternativas de evaluación, dispuestos bajo una estructura jerárquica.

De acuerdo a los criterios establecidos en el análisis aplicado los resultados obtenidos indican que los componentes más convenientes de insertar en un proceso productivo son los materiales plásticos.

Palabras clave — Residuos sólidos urbanos – AHP – Reutilización.

1. Introducción

En la ciudad de Trenque Lauquen se lleva a cabo desde 1994 el Proyecto PROLIM, que surgió como alternativa para el tratamiento de los residuos generados en la ciudad, fundado en el PGIRSU (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos), que comprende, de acuerdo a la Ley Nacional N° 25.916 [1], las etapas de generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final (figura 1). Y consiste en un sistema de manejo de los RSU basado en el desarrollo sostenible y cuyo objetivo es la reducción de los residuos que pasan a disposición final a través de la incorporación al sistema de pautas que minimizan la cantidad de residuos, y promueven su recuperación, reúso o reciclado con fines productivos, preservando la salud humana y mejorando la calidad de vida de la población, el cuidado y protección del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente



Figura 1. Esquema básico de Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos.

Fuente: Ley Nacional N° 25.916, Gestión de residuos domiciliarios.

En la actualidad, las instalaciones de PROLIM reciben únicamente la porción de RSU inorgánicos recolectados en la ciudad para implementar el tratamiento de acondicionamiento y valorización correspondiente, mientras que los RSU orgánicos no reciben tratamiento y se disponen finalmente en el basural a cielo abierto de la ciudad.

El tratamiento aplicado consiste en la recepción de los residuos, la clasificación (separándolos de acuerdo a sus características), la compactación para la elaboración de fardos, acopio y comercialización.

Los RSU que se procesan pueden clasificarse de acuerdo a la materia prima que los conforma de la siguiente manera (figura 2):

- Papel seco y cartón.
- Vidrio (Botellas, envases de conservas, elementos de cocina)
- Plásticos
 - PET celeste - cristal – verde – con resto de aceite
 - Tapas de plástico (Tapas de botellas)
 - Plástico soplado por color
 - Plástico soplado “tutti”(recipientes de shampoo, productos de limpieza)
 - Plástico PEAD – PEBD (Contenedores de alimentos, contenedores de productos de higiene personal, bolsas de residuos, Envases de alimentos)
- Envases Tetra (alimentos en conserva, bebidas, lácteos)
- Metales: aluminio y hojalata (aerosoles, conservas, latas, desodorantes)
- Residuos electrónicos
- Patológicos domiciliarios (pañales, apósitos, residuos de tocador)
- Restos de RSU orgánico. Debido a que la clasificación en los domicilios es irregular, suelen aparecer restos de residuos orgánicos, que se recolectan para incorporar a un sistema de tratamiento y elaboración de compost orgánico, produciendo pequeñas cantidades para uso municipal.
- Residuos peligrosos. Las pilas y baterías son acopiados en envases plásticos contenidos con arena, para realizar cubos de hormigón, donde se inmoviliza el material y se acopia bajo cubierta, alejados de fuentes de agua y calor, hasta que se determine su traslado a disposición final. Pinturas, diluyentes.
- Textiles.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

- Otros. Componentes de los RSU inorgánicos de escasa generación (misceláneos menores a 2,5 cm, madera, goma, cuero, corcho, poda y jardinería, material de construcción).

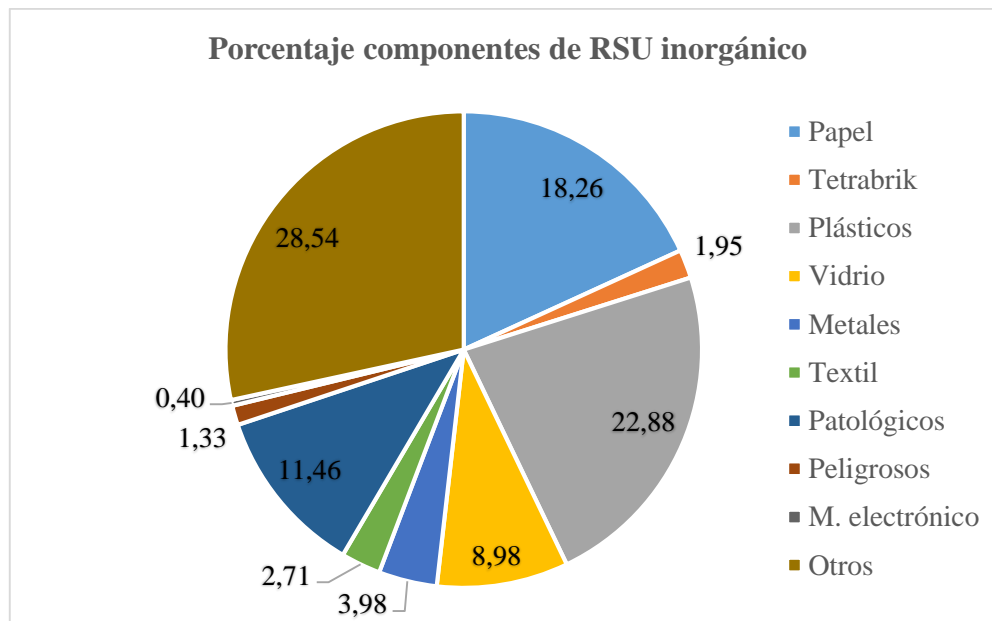


Figura 2. Componentes de RSU inorgánico (en peso)

Fuente: CEAMSE, Caracterización de RSU en Trenque Lauquen 2016.

De acuerdo a datos otorgados por la administración del PROLIM, existen algunos residuos que se comprimen y se almacenan en fardos para comercializarse, como son el papel y cartón, los envases de tetrabrik, los plásticos, vidrio y metales. Los residuos patológicos son tratados en hornos pirolíticos, los residuos peligrosos reciben un aislamiento en bloques de hormigón, el resto de ellos se separan para disponerse finalmente en el basural de la ciudad, debido a la poca cantidad generada, a la ausencia de I+D para la gestión de esas fracciones, a las características de los materiales, y al desconocimiento de empresas que los consuman.

A partir de la descripción elaborada por el CEAMSE se determinó que para el presente trabajo van a analizarse los residuos inorgánicos calificados en los siguientes grupos: Papel/cartón, Tetrabrik, Plásticos, Vidrio, y Metales. No se consideran los residuos textiles, los residuos patológicos y/o peligrosos, el material electrónico y los residuos clasificados como otros debido a que sus características son muy heterogéneas y sería muy complejo analizar su incorporación en un proceso industrial para su reutilización.

2. Materiales y Métodos

Para el presente estudio se ha utilizado información específica sobre la gestión de RSU elaborada por organismos provinciales, nacionales y distintos municipios del país, como son la Ley Nacional N° 25.916 de Gestión de Residuos Domiciliarios [1], el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible [2], la Secretaría de Asuntos Municipales del Ministerio del Interior y Transporte [3], el Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (CIPPEC) [4], la Municipalidad de Rafaela, Provincia de Santa Fe [5].

A partir de la información disponible se definieron los residuos materiales que funcionan como alternativas para reciclar en un proceso industrial y los criterios de evaluación que se aplicarán a partir de la implementación del método elegido, conocido como Proceso de Análisis Jerárquico (AHP - Analytic Hierarchy Process), el cual busca evaluar diferentes alternativas vinculadas a ciertos criterios pre-establecidos [6].

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

Se esquematiza el modelo, como muestra la Figura 3, observándose los niveles que lo componen: Nivel de propósito – “Tipo de RSU inorgánico para reutilizar industrialmente”, Nivel de alternativas – “papel y cartón, envases de tetrabrik, plásticos, vidrio y metal”, y por último, Nivel de criterios – “Cantidad generada, grado de contaminación ambiental, características del desecho, demanda del desecho, procesos productivos aplicables”.

A continuación se define cada uno de los criterios para tener una idea clara de las características a tener en cuenta de cada material y sistema productivo.

- *Cantidad generada.* Se refiere a la cantidad en peso de residuos de las alternativas seleccionadas producidos a partir del tratamiento aplicado a los RSU inorgánicos que reciben tratamiento en la ciudad de Trenque Lauquen.
- *Grado de contaminación ambiental.* Se refiere al grado de perturbación del medio ambiente producido en la generación del producto que una vez utilizado es desechado y se transforma en residuo, y del tiempo de degradación y contaminación del medio ambiente si se desechan los mismos en un basural a cielo abierto.
- *Características del desecho.* Se refiere al estado material en el que se encuentran los residuos cuando se clasifican en el PROLIM, específicamente, a la integridad de las piezas, la suciedad contenida, los restos de otros productos contenidos en los residuos.
- *Demanda del desecho.* Se refiere a la existencia de empresas que demanden el consumo de los desechos clasificados, para incorporarlos a un proceso industrial.
- *Potencial inserción en proceso productivo.* Se refiere a la existencia de procesos industriales que transformen los desechos analizados en un nuevo material para insertarlo en el mercado con mayor valor agregado. Son importantes la cantidad de empresas que se dediquen a esta cuestión, y la variedad de procesos realizados.

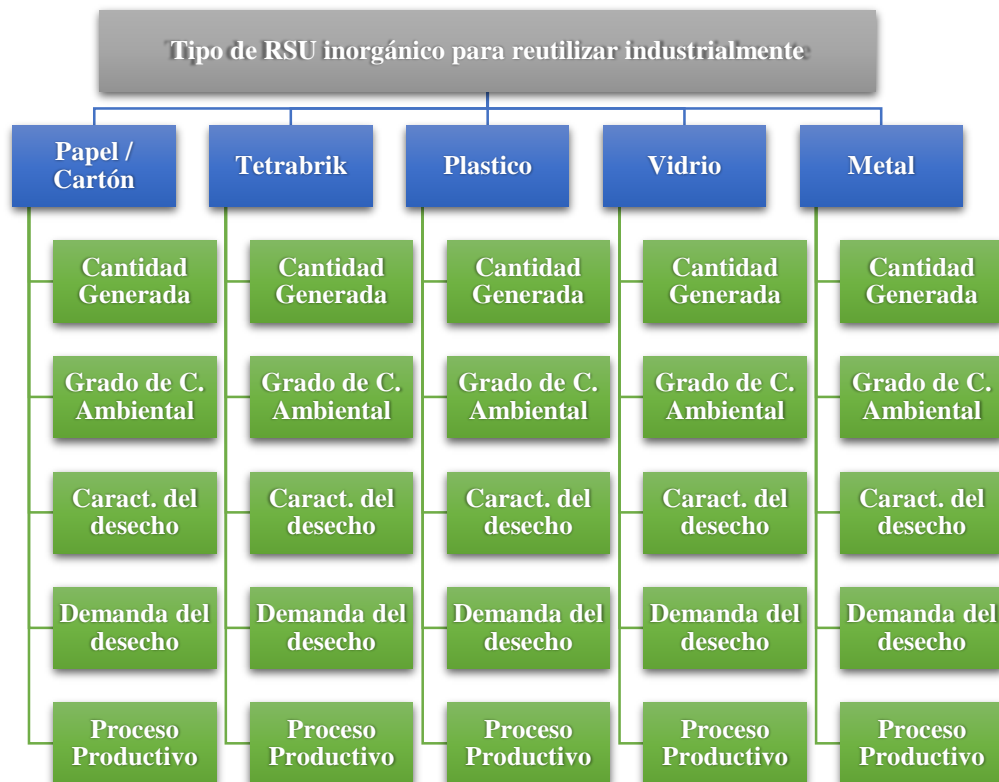


Figura 3. Esquema de análisis.
Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

La relación entre las alternativas y los criterios cuantificables permite valorar y ordenar las opciones eligiendo la alternativa más satisfactoria al propósito planteado [7], de esta manera bajo un concepto científico las elecciones se alejan de subjetividades.

Para el análisis se utilizaron registros mensuales generados por la administración del PROLIM acerca de la producción y de la comercialización de los RSU que en él se tratan a partir de su sistema de control de gestión, e información generada por el CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado) a partir del método de muestreo aleatorio aplicado para la determinación de la caracterización de los componentes de los RSU [8] de la ciudad de Trenque Lauquen (Buenos Aires, Argentina) realizado en el mes de Abril de 2016.

La composición de los materiales seleccionados para analizar mediante el presente método se detalla en la Tabla 1, aportando datos correspondientes a la composición de los RSU inorgánicos determinados por CEAMSE.

Tabla 1. Cantidad generada en peso de cada residuo analizado (%) para el mes de abril 2016.

Tipo de Residuo	Cantidad generada
Papel/ Cartón	18,26
Tetrabrik	1,95
Plástico	22,88
Vidrio	8,98
Metal	3,98

Fuente: CEAMSE, Caracterización de RSU en Trenque Lauquen 2016.

Estructuración jerárquica

La estructura jerárquica se aplica sobre pares ordenados de prioridades de alternativas o criterios, para ello se utiliza la escala de Saaty [8] que permite compararlos bajo los estándares que muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de Saaty

Intensidad	Definición
1	Ambos criterios o elementos son de igual importancia
3	Débil o moderada importancia de uno sobre el otro
5	Importancia esencial o fuerte de uno sobre el otro
7	Importancia demostrada de un criterio sobre el otro
9	Importancia absoluta de un criterio sobre el otro
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores
Recíprocos	$A_{ij} = 1/A_{ji}$

Fuente: Berumen S. (2008). Cambio tecnológico e innovación en las empresas

Obtención del peso asignado a los criterios

Como se ha mencionado anteriormente los criterios se establecen en función de las características para la inclusión en un mercado existente o nuevo, de los residuos obtenidos de los RSU en la búsqueda de incorporarlos en un proceso industrial.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

Para ello se determinan los juicios detallados en la Tabla 3, en la cual se comparan y clasifican la cantidad de residuos generados, el grado de contaminación ambiental, las características de mercado y la incorporación de los materiales a la industria.

Los valores establecidos para la relación entre los criterios se establecen a partir de la información existente disponible para la elaboración del presente estudio. El peso relativo está dado por el cociente entre el valor total de los criterios analizados dividido el valor de cada criterio individual.

Tabla 3. Peso asignado a cada criterio. Matriz “por parejas”.

CRITERIO	Cantidad generada	Grado de C. Ambiental	Caract. del desecho	Demanda del desecho	Proceso productivo	SUMA	PESO
Cantidad generada	1,00	3,00	4,00	4,00	4,00	16,00	0,33
Grado de C. Ambiental	0,33	1,00	5,00	5,00	7,00	18,33	0,38
Caract. del desecho	0,20	0,20	1,00	3,00	3,00	7,40	0,15
Demanda del desecho	0,33	0,20	0,33	1,00	3,00	4,86	0,10
Proceso productivo	0,20	0,14	0,33	0,33	1,00	2,01	0,04
SUMA	2,06	4,54	10,67	13,33	18,00	48,61	W

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad generada de residuos se considera un factor de débil importancia con el grado de contaminación ambiental debido a que de acuerdo a la cantidad de residuo generado aumentará o disminuirá el grado de contaminación. Pero siempre que exista un residuo se originará una contaminación en su producción y en su eliminación, por ello se le asigna un valor de 3, ya que están fuertemente vinculados.

Con respecto a las características del desecho, la demanda generada y la existencia de procesos productivos económicamente aplicables, la cantidad generada es más importante, por ello se le asigna un peso de 4 a cada una de sus relaciones. Esto se debe a que el volumen de residuo generado es la base para determinar el resto de los criterios definidos.

El grado de contaminación de cada tipo de residuos de acuerdo a los materiales que lo componen se considera un factor fuertemente relevante frente a las características físicas de los desechos y a la demanda de mercado generada, por ello se le asigna un peso de 5. El grado de contaminación ambiental es significativamente más importante que el proceso productivo al que pueda someterse un desecho considerando que no importan los tipos ni la cantidad de procesos que existan pero es necesario que se reutilicen los mismos, por ello se establece un peso de 7.

De acuerdo a las características físicas que determinan la calidad del desecho para su comercialización se producirá mayor o menor demanda de los mismos como materia prima para introducir en distintos procesos productivos por ello esta relación se define con un factor de 3 sobre cada uno de estos criterios.

Por último, la existencia de una empresa que solicite el consumo de los desechos tiene también una moderada importancia con respecto a la cantidad y variedad de procesos industriales en los que puedan introducirse los mismos, debido a que no importa el tipo de proceso al que se someta sino que se reutilice, por ello se asignó un peso de 3 en esta relación.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

Obtención del peso asignado a las alternativas

Con la información disponible de cada uno de los residuos analizados, se elabora la tabla de ponderaciones para cada una de las alternativas planteadas.

La primera alternativa desarrollada corresponde a la alternativa “Papel y cartón” [10] [11] [12], a partir de la cual se genera la tabla 4, determinando los pesos asignados a cada uno de los criterios.

Tabla 4. Matriz de comparación para la alternativa “Papel y cartón”

PAPEL Y CARTÓN							
CRITERIO	Cantidad generada	Grado de C. Ambiental	Caract. del desecho	Demanda del desecho	Proceso productivo	SUMA	PESO
Cantidad generada	1,00	0,20	3,00	0,33	0,33	4,87	0,12
Grado de C. Ambiental	3,00	1,00	5,00	3,00	3,00	15,00	0,38
Caract. del desecho	0,20	0,14	1,00	0,33	0,33	2,01	0,05
Demanda del desecho	3,00	0,33	3,00	1,00	3,00	10,33	0,26
Proceso productivo	3,00	0,33	3,00	0,20	1,00	7,53	0,19
SUMA	10,20	2,01	15,00	4,87	7,67	39,74	W

Fuente: Elaboración propia.

El grado de contaminación ambiental del papel y cartón es el factor más importante debido a la materia prima y los insumos necesarios para producirlos. Existen distintos tipos de procesos, industriales y artesanales, a los que se puede someter estos desechos sin importar la cantidad generada de los mismos.

Las características físicas del papel y cartón desechado no son de gran relevancia, debido a que existen procesos productivos en los que pueden incorporarse sin problemas. Si es importante que no estén impregnados con desechos peligrosos.

En segunda instancia se analizan los envases de “Tetrabrick” [10] [11] [13], cuya matriz se establece en la tabla 5.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

Tabla 5. Matriz de comparación para la alternativa “Envases de Tetrabrik”

CRITERIO	Envases de TETRABRIK						PESO
	Cantidad generada	Grado de C. Ambiental	Caract. del desecho	Demanda del desecho	Proceso productivo	SUMA	
Cantidad generada	1,00	0,33	2,00	2,00	0,20	5,53	0,15
Grado de C. Ambiental	3,00	1,00	2,00	2,00	2,00	10,00	0,27
Caract. del desecho	0,50	0,50	1,00	0,33	0,20	2,53	0,07
Demanda del desecho	0,50	0,50	3,00	1,00	0,50	5,50	0,15
Proceso productivo	5,00	0,50	5,00	2,00	1,00	13,50	0,36
SUMA	10,00	2,83	13,00	7,33	3,90	37,07	W

Fuente: Elaboración propia.

La existencia de un proceso productivo de los envases de Tetrabrik es el factor más importante debido a la complejidad de la separación y reutilización del conjunto de materiales que los conforman (papel, plástico y aluminio). Por su composición múltiple, como segundo factor importante se encuentra el grado de contaminación ambiental, debido al grado de contaminación de los materiales cuando se transforman en residuos.

En tercer lugar se construye la matriz para el residuo “Plástico” [10] [11] [14] [15], correspondiente a la Tabla 6.

Tabla 6. Matriz de comparación para la alternativa “Plástico”

CRITERIO	PLÁSTICOS						PESO
	Cantidad generada	Grado de C. Ambiental	Caract. del desecho	Demanda del desecho	Proceso productivo	SUMA	
Cantidad generada	1,00	0,50	3,00	3,00	3,00	10,50	0,26
Grado de C. Ambiental	2,00	1,00	3,00	3,00	3,00	12,00	0,30
Caract. del desecho	0,33	0,33	1,00	2,00	2,00	5,67	0,14
Demanda del desecho	0,33	0,33	0,50	1,00	0,50	2,67	0,07
Proceso productivo	0,33	0,33	0,50	2,00	1,00	4,17	0,10
SUMA	4,00	2,50	8,00	11,00	9,50	35,00	W

Fuente: Elaboración propia.

El grado de contaminación ambiental de los plásticos es el factor más importante debido a la materia prima utilizada para su elaboración y por el grado de contaminación de los materiales cuando se transforman en residuos. La cantidad generada de este residuo se vincula

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

directamente con los tipos de procesos a los que se los puede someter para obtener productos reciclados. Las características físicas del desecho van a definir el proceso productivo a utilizar ya sea que exista o no industrialmente.

Para determinar los pesos correspondientes a los residuos “Vidrio” [10] [11] [16] y “Metales” [10] [11] [17], se desarrollan las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Matriz de comparación para la alternativa “Vidrio”

CRITERIO	VIDRIO						PESO
	Cantidad generada	Grado de C. Ambiental	Caract. del desecho	Demanda del desecho	Proceso productivo	SUMA	
Cantidad generada	1,00	3,00	3,00	0,50	0,33	7,83	0,20
Grado de C. Ambiental	0,33	1,00	3,00	0,33	0,33	5,00	0,13
Caract. del desecho	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	2,33	0,06
Demanda del desecho	2,00	3,00	3,00	1,00	1,00	10,00	0,25
Proceso productivo	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	11,00	0,28
SUMA	6,67	10,33	13,00	3,17	3,00	36,17	W

Fuente: Elaboración propia.

La existencia de demanda de los desechos de vidrio y de procesos productivos que los incorporen son los factores más importantes en el análisis planteado debido a que es un material que se recicla históricamente, y su grado de contaminación ambiental significa un factor determinante para la reutilización del mismo.

Tabla 8. Matriz de comparación para la alternativa “Metales”

CRITERIO	METALES						PESO
	Cantidad generada	Grado de C. Ambiental	Caract. del desecho	Demanda del desecho	Proceso productivo	SUMA	
Cantidad generada	1,00	0,33	2,00	0,33	0,33	4,00	0,10
Grado de C. Ambiental	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	13,00	0,33
Caract. del desecho	0,50	0,33	1,00	0,50	0,50	2,83	0,07
Demanda del desecho	3,00	0,33	2,00	1,00	1,00	7,33	0,18
Proceso productivo	3,00	0,33	2,00	1,00	1,00	7,33	0,18
SUMA	10,50	2,33	10,00	5,83	5,83	34,50	W

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

El grado de contaminación ambiental de los metales es el factor más importante respecto de los criterios analizados. Esto se debe al impacto en el ambiente al obtener las materias primas y la energía para producirlos, como al ser desechados como residuos sólidos, comprometiendo el agua, aire y suelos. Otro factor importante es la existencia de demanda o de un proceso productivo que los incorpore para la elaboración de materiales reciclados, debido a que se trata de procesos de aplicación compleja.

Los pesos resultados de cada una de las alternativas son los siguientes:

Papel y cartón: W (0,12 – 0,38 – 0,05 – 0,26 – 0,19)

Envases de TetraBrik: W (0,15 – 0,27 – 0,07 – 0,15 – 0,36)

Plásticos: W (0,26 – 0,30 – 0,14 – 0,07 – 0,10)

Vidrio: W (0,20 – 0,13 – 0,06 – 0,25 – 0,28)

Metales: W (0,10 – 0,33 – 0,07 – 0,18 – 0,18)

3. Resultados y Discusión

En cuanto a la Jerarquización de criterios.

El peso en cuanto a los criterios establecidos guarda relación con las características físicas y comerciales de los RSU inorgánicos analizados, permitiendo que las decisiones se ajusten al cuidado del medio ambiente y la generación de un nuevo producto para lanzar al mercado. En la Figura 4 se completan las ponderaciones otorgadas.

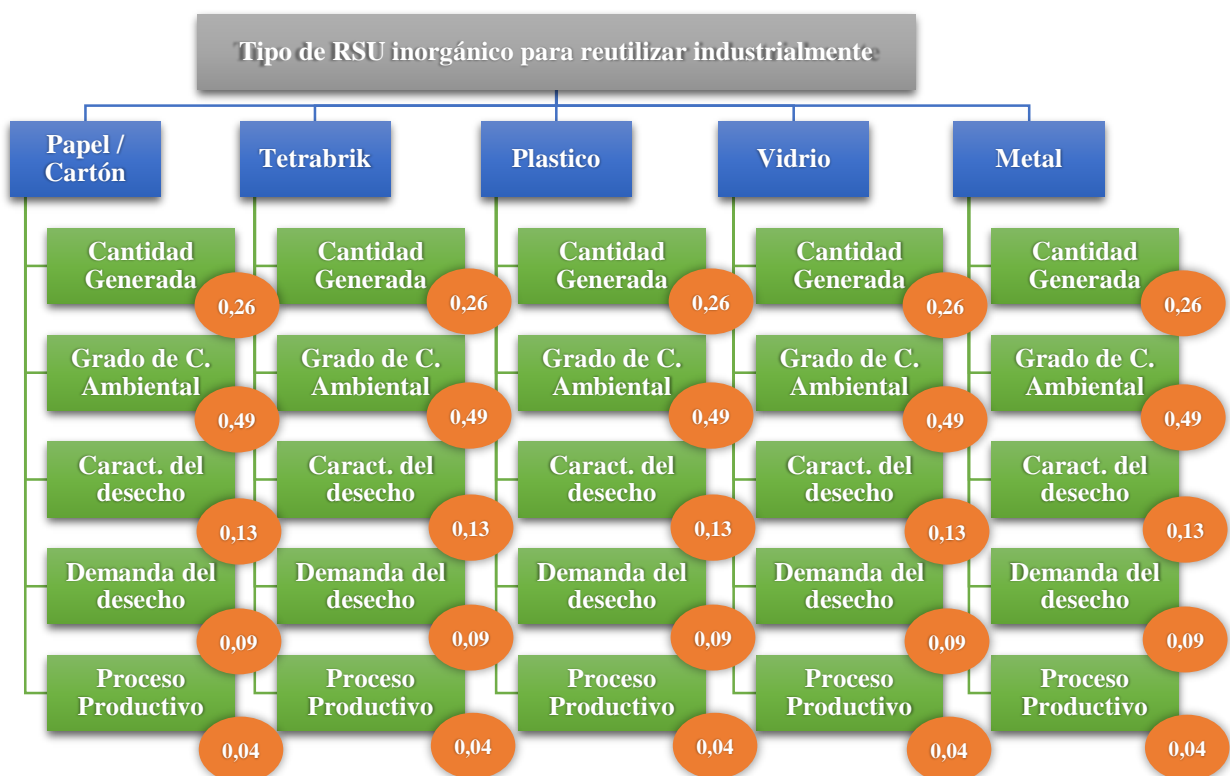


Figura 4. Pesos otorgados a cada uno de los criterios

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la Jerarquización de alternativas.

La ponderación de cada alternativa en función de las características físicas y comerciales analizadas identifica el peso de los criterios establecidas, en la Figura 5 se observan los coeficientes obtenidos.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

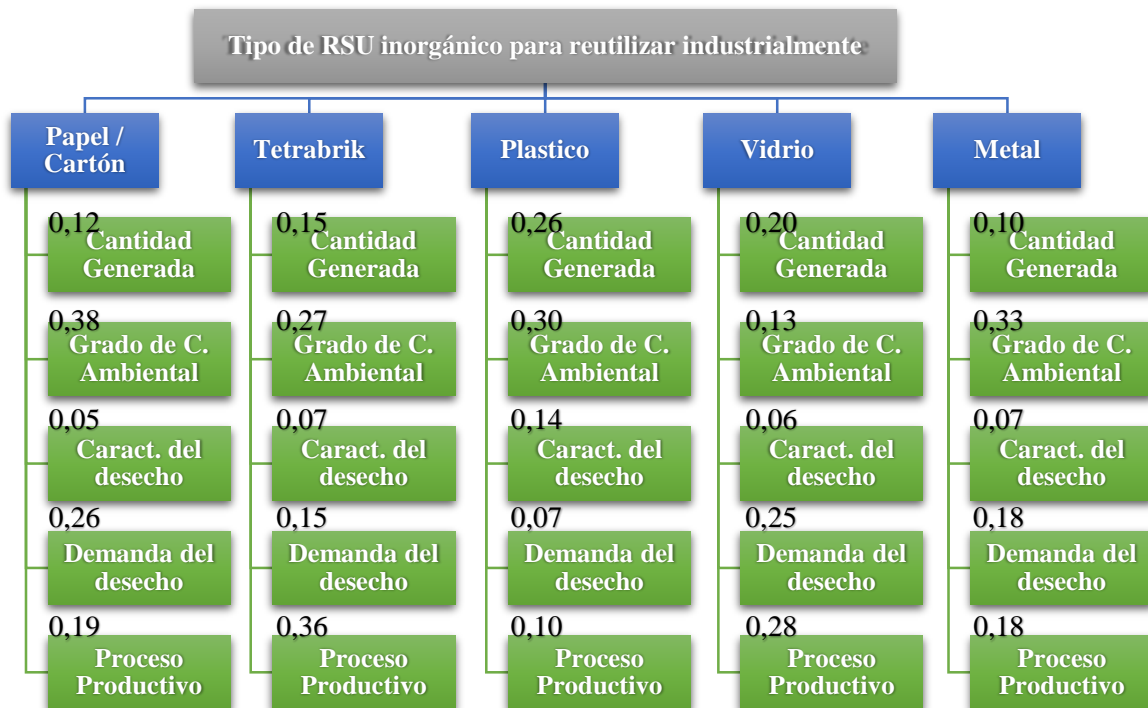


Figura 5. Pesos otorgados a cada una de las alternativas
Fuente: Elaboración propia.

Construcción del indicador del análisis jerárquico resultante

Se procede a determinar los pesos globales mediante la sumatoria de los productos entre los pesos de la matriz “por parejas” y los pesos estimados de los criterios para cada alternativa. A partir de la jerarquización entre los criterios y las alternativas, se ha obtenido un orden de prioridades en cuanto a la reutilización de los materiales obtenidos de los RSU inorgánicos que reciben tratamiento en la ciudad de Trenque Lauquen. Como se expone en la Figura 6 los residuos plásticos son los materiales con mayor potencial de reutilización con un peso final de 0,24. Le siguen el papel y el cartón con un peso de 0,22, y los envases de tetrabrik y los metales con un peso de 0,19.

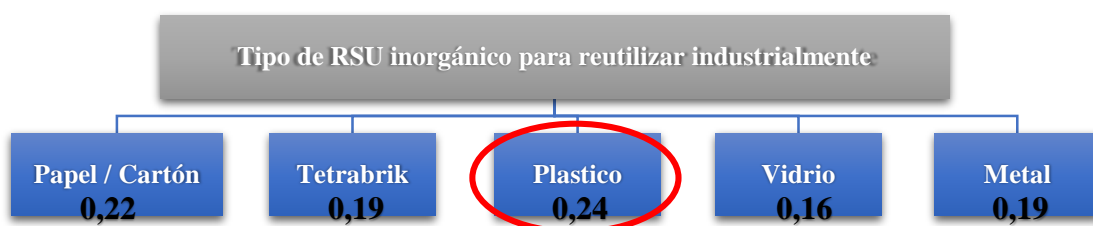


Figura 6. Selección de la alternativa más apropiada.
Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

- El estudio de la priorización de alternativas que permitan ordenar los residuos materiales de acuerdo a su grado de contaminación ambiental y potencial reutilización industrial, es viable bajo los conceptos de Jerarquización AHP.
- La ponderación permite ordenar de forma prioritaria los tipos de materiales provenientes de los RSU inorgánicos, en función del impacto en el ambiente desde su elaboración, a la cantidad generada y a la demanda y tipos de procesos en los que estos pueden incorporarse.

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

- De acuerdo a los criterios establecidos en el análisis aplicado los resultados obtenidos indican que los componentes más convenientes de evaluar para insertar en un proceso productivo son los materiales plásticos.
- Las variables elegidas en este estudio contribuyen en la formación de las bases para futuros análisis que sirvan al propósito principal: La determinación de procesos productivos para la reutilización de RSU inorgánicos en pos de contribuir con el medio ambiente y generar un nuevo material para insertar en el mercado.
- A partir del caso aplicado se reconoce la utilización de AHP como un modelo simple y confiable, siendo estas condiciones virtuosas en todo análisis estadístico.

5. Referencias

- [1] Ley Nacional N° 25.916 (2004) Gestión de Residuos Domiciliarios. Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina.
- [2] Dirección General de Cultura y Educación. OPDS. Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos. www.opds.gba.gov.ar
- [3] Ministerio del Interior y Transporte. Secretaría de Asuntos Municipales. Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos. www.mininterior.gov.ar – SAM 03 Residuos Sólidos.
- [4] LORENA SCHEJTMAN, NATALIA IRURITA. CIPPEC (2012). Programa de Desarrollo Local Área de Instituciones y Gestión Pública. Diagnóstico sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos en municipios de la Argentina. www.cippec.org. Documento: Diagnostico sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos en municipios de la Argentina.
- [5] Estación de residuos clasificados. Servicios y espacios públicos. Municipalidad de Rafaela, Provincia de Santa Fe. www.rafaela.gov.ar
- [6] Osorio Gómez J., Orejuela Cabrera J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. Scientia et Technica Año XIV, No 39. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701
- [7] BERUMEN S., LLAMAZARES REDONDO F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. Cuaderno Administración Bogotá (Colombia), 20 (34):65-87
- [8] CEAMSE. Facultad de Ingeniería UBA. Instituto de Ingeniería Sanitaria. (2010) Estudio de calidad de los residuos sólidos urbanos del área metropolitana de Buenos Aires.
- [9] BERUMEN S. (2008). Cambio tecnológico e innovación en las empresas. ESIC, Madrid (España). ISBN 978-84-7356-519-6
- [10] JUAN ANTONO CAREAGA (1993). Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes. SEDESOL, México D. F.
- [11] ACURIO G., ROSSIN A., Teixeira P. A., Zepeda F. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en américa latina y el caribe. Washington, D.C., No.ENV.97-107.
- [12] CAPA. Cámara Argentina del papel y afines. <http://www.camarapapel.org.ar/sustentabilidad-reciclado.php>
- [13] Industria de reciclado de envases de tetrabrik. <http://www.tetrapak.com/ar>

Aplicación del método AHP para la selección del tipo de residuo sólido inorgánico a evaluar para reutilizar industrialmente

- [14] CAIRPLAS. Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos.
<http://www.cairplas.org.ar/home.html>
- [15] QUANTA. Industria de reciclado de materiales plásticos postconsumo.
<http://www.quanta.com.ar/>
- [16] CRISMOL. Industria de reciclado de residuos de vidrio. <http://www.crismol.com/>
- [17] METALNET. Industria de Reciclado de Desechos Metálicos.
<http://www.metalnet.net/presentacion/>

Análisis y Caracterización del Consumo de Energía (2005-2014) – Matriz Energética de Provincia de La Rioja, República Argentina

*Viel, Jorge Eduardo¹; Nicolás, Ariel Gustavo¹;
Juárez Castelló, Manuel²; López González, Luis²*

¹ *Universidad Nacional de la Rioja, ITIDI - Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo Industrial - Av. Luis M. de la Fuente S/N, La Rioja CP 5300, Argentina.*

itidi@unlar.edu.ar - jviel@unlar.edu.ar - anicolas@unlar.edu.ar

² *Universidad de la Rioja, Departamento de Ingeniería Mecánica –
E.T.S. de Ingeniería Industrial de Logroño - Luis de Ulloa 20 CP 26004, La Rioja – España
luis-maria.lopez@unirioja.es - manuel.juarez@unirioja.es*

Resumen

A partir de la necesidad de la conservación de la energía, entendida esta como el ahorro y utilización más eficiente, sin detrimento del crecimiento económico y del aumento del nivel de vida, este trabajo contempla un inventario de los diferentes tipos de energía, y el análisis de los consumos de las mismas de la Provincia de La Rioja, República Argentina.

Considerando la fase de diagnóstico como fundamental para cualquier esquema de gestión, y una correcto proceso de toma de decisiones, contempla el análisis de la estructura del consumo energético de la Provincia, haciendo un estudio detallado de los últimos 10 años (2005-2014) de los consumos finales de energía, en cada uno de los sectores considerados, y la caracterización de los distintos combustibles utilizados. A partir de esta información, se componen las matrices de consumo de energía final de la Provincia, refiriendo las mismas al contexto Nacional.

De esta manera se considera que este trabajo es un instrumento de difusión que permite contar con información de base, cierta y organizada, de manera de ser una referencia y contribuir en futuros estudios específicos relacionados a la producción, distribución y uso racional de la energía. También un considerable aporte a futuras planificaciones energéticas de nuestra Provincia en pos de un uso racional, eficiente y sustentable de este recurso tan importante.

Palabras Claves: Ingeniería Industrial – Energía – Consumo – Eficiencia - Planificación

1. Introducción [1]

La crisis energética de los años setenta dio lugar a que la energía, que hasta entonces se obtenía en las cantidades deseadas y a costes relativamente bajos, comenzara a subir su precio y a ser más difícil de conseguir en los mercados internacionales. Estas alteraciones del mercado de la energía, con sus repercusiones negativas en el desarrollo económico, dieron lugar a que muchos países y regiones empezaran a replantearse sus políticas energéticas, dedicando una mayor atención a la forma en que la energía es consumida en los diferentes servicios y sistemas productivos. En definitiva, nació la necesidad de la conservación de la energía, entendida en el sentido de una utilización más eficiente de la misma, sin detrimento del crecimiento económico y del aumento del nivel de vida. Es por ello que se considera que el conocimiento de la estructura del consumo energético en una determinada región, país o zona es fundamental para ahorrar y utilizar eficientemente la energía.

1.1. Objetivos:

1.1.1. Establecer las bases de información para evaluar los consumos y recursos energéticos de la Provincia de La Rioja, República Argentina.

1.1.2. Analizar la estructura del consumo energético, haciendo un estudio detallado del consumo de los distintos tipos de energía y combustibles utilizados, en cada uno de los sectores.

1.1.3. Generar información cierta y confiable para facilitar el proceso de toma de decisiones sobre temas relacionadas con las políticas energéticas y actuaciones que se deban impulsar dentro de la Provincia de La Rioja.

1.2. Metodología empleadas:

La metodología empleada fue mixta, contemplando el análisis bibliográfico, las encuestas, bases de datos oficiales disponibles y relevamientos de campo, entrevistas, el procesamiento informático y estadístico de las variables identificadas.

1.3. Resultados esperados:

Brindar un instrumento de difusión que permite contar con información de base, cierta y organizada, de manera de ser la base de referencia y contribuir en futuros estudios específicos relacionados a la producción, distribución y uso racional de la energía y, en general, a futuras planificaciones energéticas de nuestra Provincia en pos de un uso racional, eficiente y sustentable de este recurso tan importante.

2. Estudio del consumo de los diferentes tipos de energía a nivel Provincial

2.1. Análisis de la evolución del consumo de Energía Eléctrica Provincial

Como se observa en las tablas y gráficos adjuntos a continuación, se puede apreciar que el consumo de energía eléctrica se ha incrementado de manera considerable. Si tomamos el período 2005-2014, el incremento fue del 84 % con un crecimiento interanual promedio aproximado al 7 %. El crecimiento en cuanto a usuarios del sistema fue del 48 %, lo que permite observar claramente el aumento significativo del consumo per cápita en la provincia. También es significativo el aumento de Potencia Máxima, con un 118% de crecimiento en el período considerado.

Los datos de consumo suministrados por la empresa Edelar S.A. [2] fueron complementados con los correspondientes a Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista – GUMEN. Estos datos fueron relevados de las Series Históricas de Energía Eléctrica, de la Secretaria de Energía, según los informes específicos para la provincia de La Rioja, en cada uno de los años considerados [3].

Tabla 1. Datos Energía Eléctrica total La Rioja 2005 -2014

Concepto	Periodo (año)										AVG 2014-2005
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Consumo EDELAR (MWh)	551.786	600.440	652.070	703.060	752.737	829.140	843.520	916.301	998.497	1.015.176	84,0%
Consumo GUMEM (MWh)	171.938	188.028	210.263	195.869	191.091	212.690	196.926	201.683	213.172	207.428	20,6%
Consumo Total La Rioja	723.724	788.468	862.333	898.929	943.828	1.041.830	1.040.446	1.117.985	1.211.669	1.222.603	68,9%
Cientes EDELAR	86.511	90.839	95.037	99.245	102.635	108.552	113.231	118.027	122.566	128.031	48,0%
Potencia Máxima demandada (MW)	148	157	169,6	201,8	212	233	237	286	314	324	118,9%
Tasa crecimiento interanual de Consumo Total		8,9%	9,4%	4,2%	5,0%	10,4%	-0,1%	7,5%	8,4%	0,9%	6,1%
Tasa crecimiento interanual de Cientes Edelar		5,0%	4,6%	4,4%	3,4%	5,8%	4,3%	4,2%	3,8%	4,5%	4,5%
Tasa de crecimiento anual Potencia Máxima		6,1%	8,0%	19,0%	5,1%	9,9%	1,7%	20,7%	9,8%	3,2%	9,3%

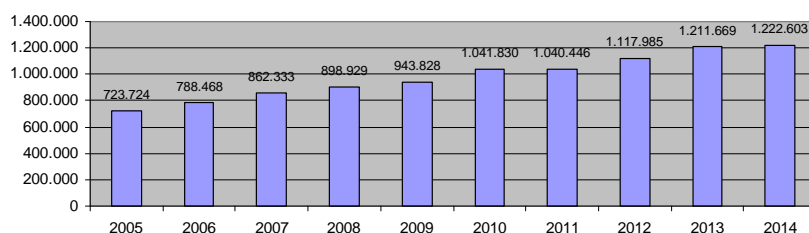


Gráfico 1. Evolución del consumo total de la Provincia (MWh)

Tabla 2. Evolución y participación relativa del consumo por Departamento

Municipios	Consumo [MWh]										Participación %
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
ARAUCO	62.484	65.269	68.532	77.190	79.562	86.320	87.077	84.951	92.469	88.331	7,2%
CAPITAL	455.308	501.832	554.429	563.608	577.064	635.111	619.923	674.329	728.096	725.808	59,4%
CASTRO BARROS	7.077	6.532	7.711	8.348	9.135	10.141	10.949	11.244	12.555	12.908	1,1%
CHAMICAL	13.702	15.121	16.930	18.798	20.216	22.075	23.426	26.215	28.237	28.972	2,4%
CHILECITO	128.029	136.380	144.875	153.813	174.133	194.986	199.994	212.805	232.423	239.803	19,6%
FAMATINA	4.985	5.149	5.878	6.624	8.119	10.430	10.945	11.854	12.934	14.869	1,2%
FELIPE VARELA	9.047	10.214	11.191	12.578	13.855	15.106	15.744	17.239	18.526	20.370	1,7%
GRAL ANGEL V PEÑALOZA	1.538	1.743	2.005	2.080	2.305	2.466	2.717	2.971	3.326	3.579	0,3%
GRAL BELGRANO	5.983	6.991	7.189	8.668	8.700	9.671	10.239	11.452	12.387	12.893	1,1%
GRAL JUAN F QUIROGA	2.373	2.762	3.048	3.252	3.552	3.804	4.205	4.479	4.767	5.025	0,4%
GRAL LAMADRID	1.785	1.987	2.184	2.403	2.596	2.655	2.986	3.371	3.261	3.569	0,3%
GRAL OCAMPO	5.978	6.613	7.188	7.942	8.324	8.919	9.564	10.298	10.898	11.042	0,9%
GRAL SAN MARTIN	2.182	2.420	2.748	3.031	3.215	3.496	3.935	4.498	5.122	5.515	0,5%
INDEPENDENCIA	1.548	1.621	1.843	1.964	2.107	2.368	2.609	2.856	3.334	3.334	0,3%
ROSARIO VERA PEÑALOZA	10.485	11.437	12.898	14.308	15.826	17.752	18.857	20.915	22.949	25.111	2,1%
SAN BLAS DE LOS SAUCES	5.294	5.702	6.189	6.655	7.294	7.954	8.206	8.908	9.809	9.998	0,8%
SAN JOSE DE VINCHINA	2.199	2.495	2.804	3.091	3.371	3.561	3.637	3.828	3.857	7.331	0,6%
SANAGASTA	3.726	4.200	4.691	4.577	4.455	5.014	5.431	5.772	6.721	4.147	0,3%
Total	723.724	788.468	862.333	898.929	943.828	1.041.830	1.040.446	1.117.985	1.211.669	1.222.603	100,0%

Si se considera el consumo por departamentos, se observa como la Capital de la provincia representa casi el 60% del total de consumo, que sumado a los departamentos de Chilecito (16,9%) y Arauco (7,2%), superan el 86% del consumo del total provincial. Dicho dato no sorprende si se considera que entre la Capital y Chilecito se encuentra 70 % de la población y, entre los tres departamentos mencionados, gran parte de la actividad industrial y agroindustrial de la Provincia. Con la distribución de los Grandes Usuarios del MEM, se observa algo similar ya que de los 35 totales, al año 2013, 33 están en la Cuidad Capital de La Rioja, 1 en Chilecito y 1 en Arauco.

Si consideramos la potencia máxima demandada por nuestra Provincia, podemos concluir que la misma es inferior al 1 % del total de nuestro País. Igual consideración para el consumo y la cantidad de clientes con respecto a valores nacionales, lo cual refleja la escasa participación que tiene nuestra Provincia en el Sistema Eléctrico Nacional.

En la Tabla 3 se pudo observar la distribución del consumo de energía eléctrica por sectores, en función de los valores del período de estudio 2005-2014.

Tabla 3. Participación relativa del consumo por Sectores

Sector	Energía [MWh]									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Residencial	195.343	219.288	258.248	289.730	308.986	348.381	353.476	405.799	445.746	463.621
Comercial	143.393	152.472	159.465	158.618	170.199	187.512	186.251	194.446	207.306	203.986
Industrial	212.145	233.816	257.554	252.770	259.698	291.798	251.158	260.374	282.163	286.233
Alumbrado Publico	27.419	31.878	31.973	35.788	38.034	36.870	37.895	38.496	38.151	40.171
Riego Agrícola	120.959	122.893	124.134	128.814	129.992	129.774	160.416	159.877	175.272	164.809
Oficial	24.465	28.121	30.955	33.210	36.930	47.495	51.250	58.992	63.031	63.784
Totales	723.724	788.468	862.329	898.929	943.839	1.041.830	1.040.446	1.117.985	1.211.669	1.222.603

Del análisis se resalta la significativa participación del Sector Residencial, y también el mayor crecimiento relativo a los demás sectores. Además con un crecimiento en el período superior

al 137%, denota el significativo apalancamiento en el crecimiento total del consumo de energía eléctrica de la provincia.

2.2. Análisis y evolución del consumo de Gas Natural en La Rioja

A continuación se exponen los datos e indicadores relacionados al gas natural en nuestra provincia.

Tabla 4. Evolución del consumo de Gas Natural (Nm³) La Rioja 2005-2014

Departamento	Localidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Arauco	Aimogasta	53.971	48.492	62.167	52.689	53.032	43.874	45.164	52.248	59.087	55.359
Capital	La Rioja	36.624.083	43.213.843	50.191.110	51.419.208	40.735.372	36.057.068	37.117.426	42.939.575	48.559.470	45.496.215
Chamical	Chamical	456.294	435.178	544.166	508.958	521.427	400.199	411.967	476.588	538.963	504.964
Chilecito	Chilecito	150.035	158.554	205.261	206.732	193.318	148.312	152.674	176.622	199.738	187.138
Cnel. Felipe Varela	Villa Unión	34.308	30.128	39.873	38.241	39.587	29.558	30.427	35.200	39.807	37.296
Rosario Vera Peñaloza	Chepes	57.743	49.727	64.260	55.533	56.120	45.989	47.341	54.767	61.935	58.028
TOTAL LA RIOJA		37.376.434	43.935.922	51.106.837	52.281.361	41.598.856	36.725.000	37.805.000	43.735.000	49.459.000	46.339.000

Sobre estos datos se observa que del período 2009-2010, se pudo contar con la apertura del consumo por departamento según datos suministrados por la empresa distribuidora Ecogas S.A. Del período 2010-2014, no se pudo contar con la información de la empresa de las localidades del interior, por lo cual se procedió a extrapolar los datos del período 2005-2009 para aperturar los consumos totales de la Provincia del 2010 al 2014, siendo estos oficiales de la base de datos de ENARGAS [4], para el total de la Provincia. De todas maneras se puede observar la baja participación del resto provincial (1,8%), frente a la de la Capital, por lo que se considera no significativo el error en que se podría incurrir en la proyección realizada. Se destaca como significativo que el 98 % del mismo corresponde a la ciudad Capital lo cual demuestra un mayor desarrollo y concentración de la red de distribución en esta zona. El resto de las localidades, e incluso amplias zonas de la Capital en las que no llega la red de gas natural, se abastecen mediante GLP envasado principalmente en garrafa de 10 y 15 kg.

En la tabla siguiente se observa la apertura del consumo según el sector. Vale resaltar que en este caso todos los datos son oficiales, producto del procesamiento de información de las bases de datos de ENARGAS [5].

Tabla 5. Evolución del consumo por sectores (Nm³) La Rioja 2005-2014

Sector de Consumo/Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Residencial	9.490.849	8.736.813	11.804.808	10.637.308	10.593.414	11.632.000	11.071.000	11.472.000	11.660.000	11.311.000
Comercial y Servicio - Oficial	2.358.971	2.451.482	2.683.410	2.630.310	2.673.887	3.109.000	2.992.000	3.042.000	3.003.000	2.814.000
Industrial	16.077.278	16.272.225	16.570.842	15.674.380	15.215.530	14.331.000	13.787.000	14.243.000	14.816.000	15.601.000
Centrales Eléctricas	3.386.496	10.179.051	13.993.184	17.744.387	7.881.307	1.846.000	3.471.000	7.819.000	12.504.000	8.867.000
GNC	6.062.840	6.296.351	6.054.593	5.594.976	5.234.718	5.807.000	6.484.000	7.159.000	7.476.000	7.746.000
TOTAL GAS NATURAL	37.376.434	43.935.922	51.106.837	52.281.361	41.598.856	36.725.000	37.805.000	43.735.000	49.459.000	46.339.000

Se puede destacar que se observa una significativa fluctuación en el consumo a partir del año 2009, con una caída de casi un 20% con respecto al año 2008, algo similar en el año 2010, para luego comenzar a aumentar nuevamente a partir del 2011, sin lograr alcanzar a la fecha los valores pico de consumo del año 2008.

2.3. Evolución del consumo de los combustibles derivados del petróleo en La Rioja

Los datos consignados en el presente estudio fueron relevados de las bases de datos oficiales de la Secretaría de Energía de la Nación [6], la cual mantiene un registro detallado de todos los combustibles abastecidos, discriminados por Provincia, tipo, empresas, volúmenes, etc.

Si analizamos la evolución del consumo, en función de los datos consignados en la Tabla 6, podemos apreciar con significativo la disminución general que se observa en los años 2008 y 2009, para luego recuperar progresivamente en los años siguientes. Se observa que dicha baja

estuvo principalmente influenciada por la disminución en el consumo del gasoil, el cual seguramente está relacionado con la baja en la actividad de transporte, sector que mantiene una relación directa con el consumo de este combustible. También es de resaltar la disminución en el consumo, hasta su desaparición en el año 2014, de la denominada Nafta Común 83 RON.

Tabla 6. Consumo de combustibles derivados del petróleo

TIPO DE COMBUSTIBLE		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
AEROKEROSENE CABOTAJE	m ³	71	41	120	199	197	192	230	249	269	360
AERONAFITAS	m ³	41	44	21	22	24	14	9	2	4	19
FUEL OIL	m ³	257	199	138	107	26	387	329	230	621	643
GAS OIL	m ³	58.357	75.214	87.993	72.618	56.839	60.560	63.959	62.429	61.927	59.312
KEROSENE	m ³	249	199	275	193	166	159	114	55	68	70
NAFTA COMUN >83 RON	m ³	5.246	4.982	4.992	4.747	3.666	1.549	1.505	1.099	870	0
NAFTA SUPER >93 RON	m ³	18.255	25.591	37.612	36.296	38.286	42.778	45.649	49.188	54.374	55.822
NAFTA ULTRA >97 RON	m ³	10.844	16.329	16.482	9.435	5.538	7.451	12.193	13.213	13.521	12.275
TOTAL GENERAL		93.321	122.599	147.632	123.618	104.742	113.090	123.988	126.465	131.654	128.501

Para el caso del GLP, se aclara que en estudios anteriores no pudo ser cuantificado correctamente debido a la falta de información oficial confiable. Se informa que en la actualidad, y con registros desde el año 2009, la Secretaria de Energía cuenta con una base de datos que permite evaluar el consumo de estos combustibles [7]. Si bien la serie de estudio es menor al del resto de combustibles, se considera muy importante su evaluación ya que representa una cantidad importante dentro del análisis de consumo del Sector Residencial de nuestra provincia. Esto básicamente debido a la falta de redes de distribución de Gas Natural fuera de las localidades detalladas en el apartado referido a gas natural, lo que hace que más de un 80 % de los hogares requieran de su uso.

Tabla 7. Evolución del consumo de GLP en La Rioja (t)

Tipo GLP/ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Butano y Otros C4 (Granel)	0,00	228,63	341,90	22,91	0,00	69,00
Butano (Envasado 10 y 15 kg)	2.862,67	6.483,28	6.543,08	6.459,54	5.850,73	9.382,64
Propano y Otros C3 (Granel)	0,00	0,00	0,00	0,00	23,36	592,00
Propano (Envasado 30 y 45 kg)	407,37	1.129,50	1.154,23	1.054,48	1.012,09	1.450,50
Total La Rioja	3.270,04	7.841,41	8.039,21	7.536,93	6.886,18	11.494,14

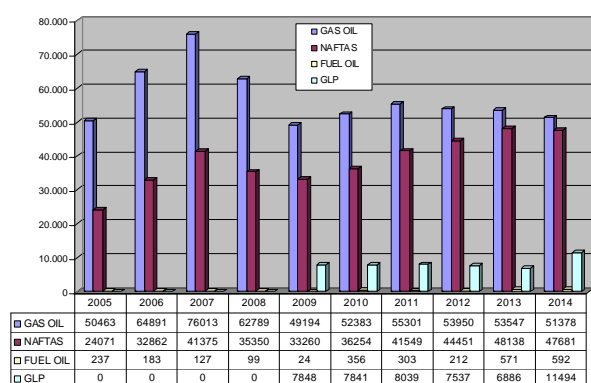


Gráfico 2. Evolución del consumo de combustibles DP (t) en La Rioja

En la tabla 7 se puede observar la evolución del consumo de GLP en La Rioja. También se aclara que el año 2009, primer año con registros en el sistema de la Secretaria de Energía, cuenta con datos a partir del mes de agosto. Es por ello que para el estudio posterior del consumo final de energía, se considera una proporcionalidad del dato considerado como anual.

A modo de síntesis, en el Gráfico 2 se puede observar la evolución del consumo, en toneladas para unificar la unidad de análisis, de los distintos combustibles derivados del petróleo utilizados en la provincia.

2.4. Otros combustibles utilizados en La Rioja: Biomasa

Sobre este combustible se aclara que, debido a la falta de registros y antecedentes oficiales, no se considera en el presente trabajo el análisis del consumo ni otros datos relacionados a biomasa (leña y carbón vegetal principalmente). Se estima, al igual que a nivel Nacional, que los consumos no son significativos en la matriz energética de la Provincia. De todas maneras se informa que actualmente los mismos están siendo estudiados a fin de ser incorporados en futuros trabajos.

3. Matriz Provincial: distribución con relación a las distintas fuentes

En función a los análisis de consumo de energías finales que se realizan a nivel nacional, en el presente apartado se realizará lo correspondiente a nuestra Provincia.

Previo al desarrollo se aclara que las unidades originales, utilizadas en el punto 2 para evaluar los consumos de cada una de las energías consideradas, se homogenizan a la unidad habitual para este tipo de análisis que es la Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP). En función de ello, las unidades de conversión a utilizar surgen de lo que a continuación se señala:

Energía Eléctrica: los valores considerados en el estudio del consumo (punto 2.1.) expresados en MWh, se convierte a energía final con un factor de equivalencia de 1 MWh=0,086 TEP, según [8] [9].

Gas Natural: los valores considerados en el estudio del consumo (punto 2.2.) expresados en Nm³, gas de 9300 kcal, se convierte a energía final con un factor de equivalencia de 1 m³=0,00083 TEP, según [8] [9].

Derivados del petróleo: los valores del consumo expresados en m³, se pasan primero a unidades de masa en t según las densidades medias ponderadas utilizadas en el BEN por Secretaria de Energía [10], para los grupos de análisis considerados: Gasoil 0,845 t/m³; Naftas en general 0,735 t/m³; Fueloil 0,945 t/m³. En el caso del Gas Licuado de Petróleo (GLP), los datos suministrados ya están expresados en t por lo que se no requieren esta conversión. Luego todos los combustibles, ya en unidades de masa, son convertidos a unidades de energía final, según: Gasoil 1,035 TEP/t; Naftas (gasolinas) 1,07 TEP/t; Fueloil 0,96 TEP/t; GLP 1,13 TEP/t. Según [8] [9].

3.1. Estudio del consumo de energía final para la Provincia de La Rioja

Considerando los consumos en unidades de energía final se observa como nuestra Provincia tiene una matriz energética claramente dependiente de los derivados del petróleo. A diferencia de otras Provincia, e incluso de la Matriz Energética Nacional donde se observa una mayor participación del Gas Natural, en nuestra Provincia el consumo de este combustible se ve atenuado debido a la falta de red de distribución que permitan el acceso a mayor cantidad de usuarios, sobre todo residenciales, como ya se mencionó en el apartado correspondiente.

Se reitera que el análisis de biomasa no es considerado en este estudio ya que según datos extraoficiales el consumo de este combustible es inferior al 0,5 %, algo similar que a nivel nacional.

Si observamos la composición de la matriz provincial al año 2014, en Gráfico 3, vemos los cambios relativos en la participación de cada energía, donde la Energía Eléctrica crece al 40,3%, participación que pierden los Derivados del Petróleo, con un 45,4%, y el Gas Natural con el 14,6%.

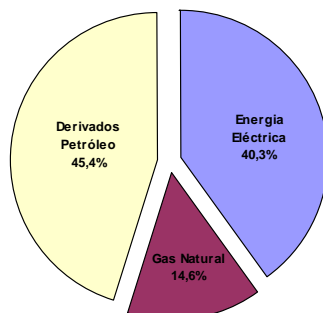


Gráfico 3. Participación relativa por tipo de energía año 2014

Si se analiza la evolución del consumo, en Tabla 8, podemos apreciar que en el caso de la Energía Eléctrica el aumento ha sido sostenido en casi todos los períodos. También se reitera que el presente trabajo incorporó los datos correspondiente al consumo de EE de los GUMEM, Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista, de nuestra provincia, los cuales no pudieron ser incorporados en trabajos anteriores por no contar con los datos necesarios para esta apertura. Si bien no son muchos los clientes, al ser casi todos del sector Industrial, su consumo al año 2014 representa casi un 17% del total provincial. Para el caso de los Derivados del Petróleo se observa que después de un consumo pico en el año 2007 decreció significativamente hasta el año 2009, para luego ir recuperando sostenidamente hasta el 2014. De todas maneras, si se considera el periodo total de estudio, su crecimiento también se observa como importante, con un total del 50 % en. El gas natural ha sido la energía con menor crecimiento, con solo un 24% total en el período, con una evolución interanual muy fluctuante. Esto es atribuible, como se verá más adelante en el análisis por sectores de consumo, a la actividad de la central térmica a gas existente en la provincia y cuyo consumo es significativo con respecto al total.

Tabla 8. Consumo de energía final de la Provincia (miles TEP)

TIPO DE ENERGÍA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
Energía Eléctrica	62,2	68,3	74,2	77,3	81,2	89,6	89,5	96,1	104,2	105,1	84,8
Gas Natural	31,02	36,47	42,42	43,39	34,53	30,48	31,38	36,30	41,05	38,46	36,6
Derivados Petróleo	78,6	103,1	123,9	103,7	96,3	103,2	112,3	113,5	116,9	119,4	107,1
TOTALES	171,9	207,8	240,5	224,4	212,0	223,3	233,2	246,0	262,1	263,0	228,4

3.2. Estudio del consumo de energía final por sectores

Como se observará en la tabla y gráfico adjuntos a continuación, sobre el análisis de Consumo de Energía Final por sectores, el sector de mayor consumo energético es el de Transporte con una participación, en función del consumo promedio del período 2005-2014, del 46,6 %. Esto también se visualiza en la clara dependencia de los derivados del petróleo dentro de la matriz energética de la Provincia que se señala en el apartado anterior. Luego le sigue el sector Residencial con 18,8%, cuyo consumo de Energía Eléctrica impacta significativamente en el total del sector. En los puntos que se desarrollan a continuación se describen las consideraciones específicas para cada sector.

También se observa como en este nuevo estudio se pudo separar el sector Agropecuario. Si bien es el de menor consumo, con un 5,4%, tiene un análisis muy particular que se reflejará más adelante por lo que se considera conveniente tratamiento diferencial, al igual que se considera en el Balance Energético Nacional. La se destaca la Industria con un 15,4%, donde se puede observar como relevante la estabilidad en la demanda de los últimos 10 años.

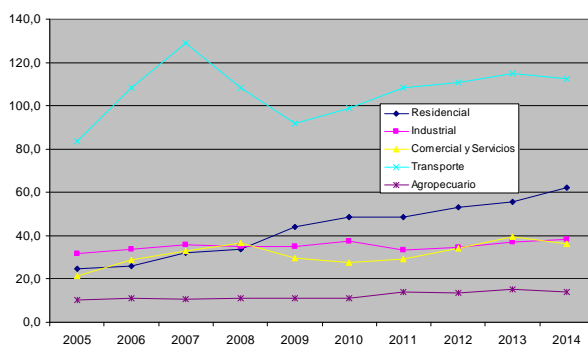


Gráfico 4. Evolución del consumo de energía final por sector 2005 -2014

Tabla 9. Evolución del Consumo por Sector – Periodo 2005-2014 (miles TEP)

SECTOR/AÑO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio 2005-2014	Participación 2005-2014
Residencial	24,7	26,1	32,0	33,7	44,2	48,5	48,7	52,9	55,8	62,2	42,9	18,8%
Industrial	31,8	33,8	36,0	34,8	35,0	37,3	33,3	34,4	37,1	38,1	35,2	15,4%
Comercial y Servicios	21,6	28,8	33,0	36,5	29,8	27,5	29,0	34,1	39,4	36,2	31,6	13,8%
Transporte	83,4	108,1	128,8	108,2	91,7	98,8	108,3	110,7	114,7	112,2	106,5	46,6%
Agropecuaria	10,4	11,0	10,7	11,1	11,2	11,2	13,8	13,7	15,1	14,2	12,2	5,4%
TOTAL	171,9	207,8	240,5	224,4	212,0	223,3	233,2	246,0	262,1	263,0	228,4	100,0%

4. Caracterización Sectorial del Consumo de Energía Final (2005–2014)

En presente apartado se desarrolla y analiza en particular lo que sucedió con el consumo de energía final en cada uno de los sectores estudiados, según los combustibles consumidos, para el estudio de la serie considerada (2005-2014). Para ello los sectores de consumo considerados en la provincia de La Rioja son los mismos que contempla la Secretaria de Energía de la Nación para el Balance Energético Nacional [10]: Residencial, Comercial y Público, Transporte, Agropecuario e Industrial.

4.1. Síntesis del consumo final del Balance Energético Nacional al año 2014

Para el caso de los combustibles utilizados, el BEN considera todas las fuentes de Energía Primaria que tienen un consumo como energía final. Tal es el caso de Leña, el Bagazo y la Energía Eólica. También todas las Energías secundarias que se observan en la Tabla 10: Electricidad, Gas Distribuido por Redes, Gas Licuado, Motonafta, Kerosene, Diesel y Gasoil, Fuegoil, Carbón, Gas de Coquería y Alto Horno, Coque, Carbón de Leña. En la mencionada tabla, de elaboración propia en base a los datos del Balance Energético Nacional del 2014 [11], se puede apreciar el consumo de energía final por sectores y todos los combustibles utilizados en cada uno de ellos. También podemos observar que, a nivel Nacional, el sector de mayor participación en el consumo final de energía es el Transporte con 30,5% del total, seguido por el sector Residencial con el 27,4%; la Industria con el 26 %; y luego una menor participación de los sectores Comercial y Público con el 8,5% y finalmente el Agropecuario con el 7,6%.

En cuanto a los combustibles consumidos en nuestro País al año 2014, destacamos que el Gas Natural Distribuido por Redes es significativamente el de mayor consumo con un 38,2%; seguido por el Gasoil, con el 21%; la Electricidad, con el 20%; las Naftas, con el 11%; el Gas Licuado con el 3,65%, y luego con porcentajes menores el resto de combustibles.

Tabla 10. Consumo de Energía Final por Sectores y Combustibles – Argentina 2014 (miles TEP)

FUENTE	COMBUSTIBLE/SECTOR	Residencial	Comercial y Público	Transporte	Agropecuario	Industrial	TOTAL ENERGIA	%
PRIMARIA	Leña	118	59	-	-	118	295	0,6%
	Bagazo	-	-	-	-	719	719	1,3%
	Eólico	-	-	-	129	-	129	0,2%
SECUNDARIA	Electricidad	3.773	2.524	51	90	4.289	10.727	20,0%
	Gas Distribuido por Redes	9.224	1.468	2.364	-	7.366	20.422	38,2%
	Gas Licuado	1.408	235	-	98	215	1.955	3,7%
	Motonafta Total	-	-	5.866	-	-	5.866	11,0%
	Kerosene y Aerokerosene	17	-	496	-	-	512	1,0%
	Diesel Oil + Gas Oil	-	113	7.455	3.614	113	11.295	21,1%
	Fuel Oil	-	64	88	124	184	461	0,9%
	Carbón Residual	-	-	-	-	149	149	0,3%
	Gas de Coquería	-	-	-	-	205	205	0,4%
	Gas de Alto Horno	-	-	-	-	217	217	0,4%
	Coque	-	-	-	-	357	357	0,7%
	Carbón de Leña	127	85	-	-	-	212	0,4%
	TOTAL SECTOR	14.666	4.548	16.320	4.056	13.932	53.521	100,0%
	%	27,4%	8,5%	30,5%	7,6%	26,0%		

4.2. Análisis del consumo de energía final por sectores en la Provincia de La Rioja

A continuación se realiza el estudio para cada uno de los sectores de consumo de energía final para nuestra provincia. Los combustibles principales considerados son la Energía Eléctrica, los Combustibles Derivados del Petróleo y el Gas Natural. Como ya se observó anteriormente, los consumos de biomasa no se contemplan en presente trabajo por no haber obtenido datos de fuentes confiables. Respecto al resto de combustibles considerados a nivel nacional, tampoco se tienen datos oficiales sobre su consumo en nuestra provincia. Pero del análisis realizado se deduce que, de existir, serían consumos muy pequeños, lo que representaría una participación casi despreciable comparada con el resto de fuentes consideradas por el estudio.

A modo de referencia, y en función a los datos referentes al año 2014, se puede afirmar que el total del consumo energético de la provincia de La Rioja representa solo 0,49 % del total Nacional, lo representa la muy baja participación de nuestra Provincia. De todas maneras se considera muy importante el estudio realizado por el presente trabajo ya que no existen antecedentes publicados sobre análisis de este tipo. Tampoco se releva una síntesis de información, procesada y estructurada, como se presenta a continuación.

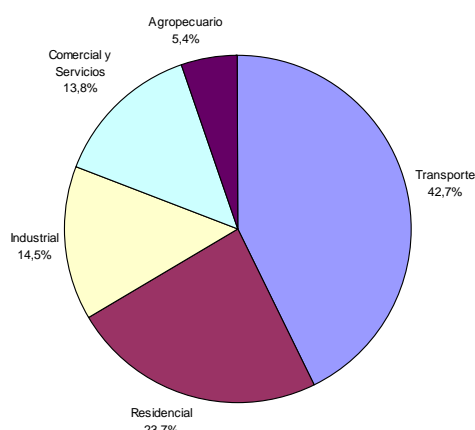


Gráfico 5. Participación por Sectores del Consumo de Energía Final – La Rioja 2014

A modo de comparación con la distribución del consumo a nivel nacional, en el Gráfico 5, se puede observar la participación de cada sector en la provincia de La Rioja al año 2014. También, en la Tabla 11, podemos comparar las diferencias de las participaciones relativas de cada uno de los sectores de consumo, a nivel nacional y provincial, para el último año de estudio 2014.

Tabla 11. Comparación relativa para cada sector Argentina – La Rioja al año 2014

AÑO 2014	Argentina	La Rioja
Residencial	27,4%	23,7%
Comercial y Servicios	8,5%	13,8%
Industrial	26,0%	14,5%
Transporte	30,5%	42,7%
Agropecuaria	7,6%	5,4%

A continuación se resumen los datos de consumo y las principales consideraciones de cada uno de los sectores de consumo final de nuestra provincia.

4.2.1. Análisis Sector Residencial

En la Tabla 12 se pueden apreciar claramente como el crecimiento sostenido del consumo de Energía Eléctrica incide en el consumo total de energía del sector. Con una participación en el sector de un 64,1%, considerando el consumo del último año de la serie estudiada (2014). También es de resaltar como en dicho año aumenta el consumo de GLP a 21,9%, superando históricamente al Gas Natural, con un 15,1%. Esto se considera atribuible al fenómeno ya informado del crecimiento significativo de hogares y a la falta de expansión de las redes de Gas Natural hacia las zonas de desarrollo urbano. Si consignamos los datos del Censo 2010 [12], respecto al combustible principal para cocinar en hogares de nuestra Provincia, más de un 80% solo tiene acceso al Gas Licuado como combustible principal. Otro 4% de hogares, sobre todo los del interior de la Provincia, solo tiene acceso a la Leña o Carbón para este fin. Por lo que el gas natural por redes esta solo restringido a un 14% aproximadamente de los hogares del Sector Residencial. Si bien se aclara que son datos consignados al año 2010, se observa que según la poca variación en los datos de consumo relevados, desde el año 2010 al 2014, hace deducir que lo expresado no ha cambiado en los últimos años.

Tabla 12. Consumo de Energía Final - Sector Residencial (TEP)

Energía/AÑO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Energía Eléctrica	16.799	18.859	22.209	24.917	26.573	29.961	30.399	34.899	38.334	39.871
Gas Natural	7.877	7.252	9.798	8.829	8.793	9.655	9.189	9.522	9.678	9.388
GLP	S/D	S/D	S/D	S/D	8.868	8.861	9.084	8.517	7.781	12.988
TOTAL	24.677	26.110	32.007	33.746	44.234	48.476	48.672	52.937	55.793	62.248

Si analizamos el crecimiento total del período de estudio 2005-2014, podemos observar que el consumo Sector Residencial creció 152%, aclarando que para el GLP solo se considera los años con que se cuenta con datos oficiales, 2009-2014, por ello los datos en gráficos y tablas aparecen desde ese año. También se aclara que el total del consumo del GLP es atribuido al Sector Residencial, al ser este el de mayor consumo de dicho combustible. Si bien se conoce de su uso en otros sectores como el Oficial o el Comercial, los datos obtenidos no pudieron ser desagregados específicamente, como en los otros combustibles, para cada uno de los sectores de consumo.

Si analizamos cada uno de los combustibles del Sector Residencial vemos que el crecimiento del consumo de la Energía Eléctrica fue el más significativo con un 137,3%; el GLP, en el período 2009 al 2014, del 46,5%; y para el Gas Natural solo del 19,2%.

Por último se puede informar que el total del consumo energético del Sector Residencial represente el 0,42%, comparando al año 2014 con el mismo sector a nivel nacional. Siendo el segundo sector de consumo en la provincia, luego del sector Transporte, como se puede observar en la Tabla 11.

4.2.2. Análisis Sector Comercial y Servicios

Los tipos de energía consumidas por este sector son principalmente la energía eléctrica y el gas natural. Si bien se asume que algo de GLP es consumido por este sector, como se aclaró en el punto anterior, no pudo ser desagregado del total del consumo como se informa en apartado anterior.

Tabla 13. Consumo de Energía Final - Sector Comercial y Servicios (TEP)

Energía/ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EE - EDELAR	11.377	12.422	13.012	12.961	13.649	15.115	15.007	15.687	16.823	16.522
EE - GUMEM	955	690	702	680	988	1.011	1.011	1.036	1.006	1.021
EE - Alumbrado Público	2.358	2.793	2.750	3.078	3.271	3.171	3.259	3.311	3.281	3.455
EE - Oficial	2.104	2.418	2.662	2.856	3.176	4.085	4.408	5.073	5.421	5.485
GN - Comercial y Servicio	1.958	2.035	2.227	2.183	2.219	2.580	2.483	2.525	2.492	2.336
GN - Centrales Eléctricas	2.811	8.449	11.614	14.728	6.541	1.532	2.881	6.490	10.378	7.360
TOTAL	21.563	28.807	32.967	36.486	29.845	27.494	29.048	34.121	39.401	36.178

En la Tabla 13 se puede apreciar cómo el crecimiento sostenido del consumo de Energía Eléctrica también incide en consumo total de este sector. Esto se considera lógico ya que el Sector Comercial y Servicios se entiende acompaña el crecimiento demográfico y de hogares, en forma similar a lo observado para el Sector Residencial. Esto puede verse ya que la Energía Eléctrica es la de mayor participación en el sector con un 57% considerando el consumo del año 2014, último año de la serie estudiada. También se observa como significativo el consumo de gas natural de las centrales eléctricas. Si bien existen grandes fluctuación en los años de la serie estudiada, al año 2014 se observa como el consumo de la única central eléctrica turbo gas existente en la provincia casi cuadruplica el consumo del resto de GN del sector. Vale aclarar que esta central eléctrica es la mayor capacidad, de las 8 (ocho) registradas en la provincia, con una potencia instalada de 46.600 kW.

Si analizamos cada uno de los combustibles del sector, vemos que el crecimiento para la Energía Eléctrica fue del 57,7% y el crecimiento para el Gas Natural mucho mayor con un 103,3%.

Por último se puede informar que el total del consumo energético del Sector Comercial y Servicios representa el 0,80%, comparando al año 2014 con el mismo sector a nivel nacional. A nivel provincial es el cuarto sector de consumo, de los cinco considerados, con una participación global del 13,8% .

4.2.3. Análisis Sector Industrial

Los tipos de energías consumidas por este sector son la energía eléctrica, el gas natural y el fueloil, dentro los combustibles derivados del petróleo. Al igual que otros sectores, si bien también se asume que algo de GLP es consumido por este sector, se reitera que no pudo ser desagregado del total del consumo.

Tabla 14. Consumo de Energía Final Sector Industrial (TEP)

Energía/ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EE - EDELAR	4.413	4.628	4.769	5.573	6.888	7.814	5.675	6.083	6.939	7.798
EE - GUMEM	13.832	15.480	17.381	16.165	15.446	17.281	15.925	16.309	17.327	16.818
Gas Natural - Industrial	13.344	13.506	13.754	13.010	12.629	11.895	11.443	11.822	12.297	12.949
Deriv. Petróleo - Fuel Oil	233	180	125	97	24	351	298	209	563	583
TOTAL	31.822	33.795	36.028	34.845	34.987	37.340	33.341	34.422	37.127	38.148

En la Tabla 14 se puede apreciar que los consumos de energía en este sector no han crecido significativamente en el período estudiado. Sin embargo es un sector con relativa importancia en el consumo total de la provincia, ya que es el tercer sector de consumo luego del Transporte y el Residencial.

Si analizamos la Energía Eléctrica observamos que es el sector de mayor consumo, luego del sector residencial, ya que si sumamos el consumo de lo distribuido por EDELAR y lo correspondiente a Grande Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista, vemos que el consumo al año 2014 es de 24.616 TEP, lo cual representa un 23,7% del total de Energía Eléctrica consumida en la provincia. También podemos apreciar la importancia del consumo energético de los GUMEM ya que, a pesar de ser solo 26 clientes (24 en Capital, 1 en Chilecito y 1 en Aimogasta), su consumo de Energía Eléctrica representa el 16 % del total provincial.

También podemos observar que la Energía Eléctrica es la de mayor participación en el sector con un 64% considerando el consumo del año 2014.

También se resalta como significativo en este sector el consumo de gas natural. Si bien el consumo se ha mantenido relativamente estable, con leves bajas en algunos años de la serie estudiada, su consumo no deja de ser el de mayor importancia para la provincia. Solo el gas natural consumido en el Sector Industrial representa 33,7% del total provincial. Esto se debe principalmente a que a pesar de ser pocos los clientes industriales, solo 24 (veinticuatro) localizados en su totalidad en la Ciudad Capital, sus consumos son muy elevados comparados a los del resto de sectores.

Se analizamos el crecimiento total del período de estudio 2005-2014, podemos observar que el consumo Sector Industrial creció solo 19,9%, siendo uno de los de crecimiento relativo más bajos.

Si analizamos cada uno de los combustibles del sector, vemos que el crecimiento para la Energía Eléctrica fue del 34,9%. En el caso del Gas Natural tuvo un decrecimiento del -3%, esto se debe básicamente a la falta de emplazamiento de nuevos proyectos industriales. Sin embargo, como ya se mencionó en el párrafo anterior, el consumo de la Gas Natural en la industria de nuestra provincia es muy importante y represente el sector de mayor consumo de este combustible.

En los gráficos y tablas incorporados en este apartado también podemos apreciar la baja incidencia que tiene los Derivados del Petróleo en este sector. Ya que el único combustible que se consume es el fueloil y sólo representa en 1,5% del total del consumo energético del sector.

Por último se puede informar que el total del consumo energético del Sector Industrial representa solo el 0,27%, comparando al año 2014, con el mismo sector a nivel nacional. Aunque a nivel provincial es el tercer sector de mayor consumo, luego del sector Transporte y Residencial, con una participación global del 14,5%.

4.2.4. Análisis Sector Transporte

Con un 42,7% del total del consumo energético de la provincia, es el sector de mayor participación en el consumo de energía final. Este incluye los consumos de energía de todos los servicios de transporte, sean públicos o privados, para los distintos medios y modos de transporte de pasajeros y carga.

Los tipos de energía final consumidas por este sector son principalmente los derivados del petróleo (gasoil y naftas) y el gas natural comprimido (GNC).

Tabla 15. Consumo de Energía Final Sector Transporte (TEP)

Energía/ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014-2005
Gas Natural Comprimido	5.032	5.226	5.025	4.644	4.345	4.820	5.382	5.942	6.205	6.429	27,8%
Deriv. Petroleo - Gas Oil	51.318	65.990	77.302	63.853	50.028	53.271	56.238	54.865	54.455	52.249	1,8%
Deriv. Petroleo - Naftas	27.043	36.921	46.485	39.716	37.367	40.732	46.681	49.941	54.083	53.570	98,1%
TOTAL	83.393	108.137	128.812	108.213	91.740	98.823	108.300	110.748	114.743	112.248	34,6%

Si analizamos los datos consignados en la Tabla 15, podemos ver la evolución significativa que han tenido las Naftas frente a los otros combustible considerados. Con un crecimiento del

98,1%, en la serie de estudio, es el combustible de mayor consumo de energía final al año 2014. Esto también obviamente apalancó el crecimiento del consumo del sector en general, el cual con un 34,6% es uno de los de mayor crecimiento. En contraposición a esto se puede observar que el crecimiento del consumo del gasoil ha sido casi insignificante con 1,8%, incluso con decrecimiento constante en los últimos años (2011-2014).

Por último se puede informar que el total del consumo energético del Sector Transporte representa solo el 0,69%, comparando al año 2014, con el mismo sector a nivel nacional.

4.2.5. Análisis Sector Agropecuario

Para concluir este apartado, se citan a continuación los datos correspondientes al Sector Agropecuario. Si bien es un sector con escasa participación en la matriz provincial con solo un 5,4% del total del consumo energético al año 2014, y representando solo 0,35% del mismo sector a nivel nacional, se consideró importante comenzar a estudiarlo a fin de mantener el mismo criterio de sectores de consumo final de energía que se realiza en la Matriz Energética Nacional.

En este caso la única energía final que pudo ser filtrada para el sector fue la energía eléctrica. Al igual que los otros sectores, los datos fueron entregados por la empresa EDELAR, responsable de la distribución en la provincia. De dicha información, los consumos fueron desagregados para el sector considerado. En este caso se diferencia como EE – Riego Agrícola al consumo del Sector Agropecuario para cada uno de los años de la serie estudiada 2005-2014. Los mismos también se contrastaron con la información obtenida de los bases brindadas por la Secretaria de Energía, en sus Informes Estadísticos para el Sector Eléctrico.

También se aclara que a nivel nacional una energía importante considerada para el sector es la proporcionada por el gasoil, dentro de los Derivados del Petróleo. Para el estudio en nuestra provincia no pudo ser discriminada esta información por lo que el total del gasoil consumido fue imputado al Sector Transporte. De todas maneras se considera que por las características de los emprendimientos agropecuarios de nuestra región, básicamente todos minifundios pequeños, o de cosecha manual (vid, oliva, nogal), el consumo de este combustible es muy pequeño o justamente destinado al transporte.

En el caso de la Energía Eléctrica consumida se informa que, debido a que el agua de riego es principalmente abastecida de perforaciones, esta es utilizada básicamente para las bombas de extracción y riego. Es por ello que si bien como sector tiene una participación pequeña, dentro del total del consumo de Energía Eléctrica de la provincia, al año 2014, representa un 13,5%. Valor casi similar al total del Sector Comercial y Servicios con un 13,8%, por lo que se refuerza la importancia de su estudio y el análisis de su evolución en particular.

Tabla 6.10. Consumo de Energía Final Sector Agropecuario (TEP)

Energía/ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EE - Riego Agrícola	10.402	10.999	10.676	11.078	11.179	11.161	13.796	13.749	15.073	14.174

5. Conclusiones Finales

En función de los objetivos establecidos para el presente trabajo, se puede concluir que los mismos fueron alcanzados. Si bien faltaría incorporar los consumos de biomasa, carbón y leña principalmente, se considera que al contar con los datos de las principales energías que componen más del 99 % de la matriz energética de nuestra Provincia la muestra y la serie temporal estudiada proveen una fuente de información representativa. La cual, como se dijo en la introducción, se considera básica a fin de brindar un instrumento de difusión que permita contar con información fiable, detallada y organizada que sirva de base de referencia para futuros estudios relacionados con la producción, distribución y uso racional de la energía y, en general, a futuras planificaciones energéticas y de eficiencia y ahorro de nuestra Provincia.

Del estudio realizado, y en función a los objetivos propuestos, se realizan las siguientes conclusiones:

- Se pudo realizar un estudio detallado de los principales combustibles utilizados en la provincia en los últimos 10 años (2005-2014), lo que genera una gran fuente de información que hasta el momento no existía en las estadísticas oficiales de la provincia, y que sirvió de base para el resto de los análisis presentados en el trabajo.
- Se resalta el crecimiento de la Energía Eléctrica, con un aumento en el consumo global del periodo estudiado del 68%. Destacando el sector Residencial con más del 137%.
- Otro aspecto resaltado es el consumo en la ciudad Capital, la concentra el 59,4% del consumo de Energía Eléctrica, y junto a Chilecito 19,6% y Arauco (Aimogasta) 7,2%, consumen el 86,2% del total provincial. Algo más significativo ocurre con el gas natural en donde la ciudad Capital concentra el 98% del consumo total.
- Al componer la Matriz Provincial, se pudo observar que el consumo de energía final de la provincia de La Rioja es menor al 0,5% del total nacional, siendo la provincia de menor consumo energético en todo el país.
- Al año 2014 la composición del consumo según las energías consumidas fue: Derivados del Petróleo 45,4%; Energía Eléctrica 40,3%; Gas Natural 14,6%.
- De análisis de los sectores de consumos se observa: Transporte 42,7%; Residencial 23,7%; Industrial 14,5%; Comercial y Servicios 13,8%; Agropecuario 5,4%.

En función de los expresados, y como se dijo al principio, se considera que los objetivos propuestos al comienzo han sido alcanzado casi en su totalidad, ya que mediante el trabajo desarrollado actualmente se puede:

- ✓ Establecer las bases de información para evaluar los consumos energéticos de la Provincia
- ✓ Analizar las estructuras del consumo, mediante el estudio detallado del consumo de los distintos tipos de energía, en cada uno de los sectores.
- ✓ Caracterizar el interés de los distintos combustibles utilizados en cada uno de los sectores de consumo de los mismos.

Finalmente se considera que mediante el presente trabajado, mas los datos, tablas y gráficos disponibles y no incorporados debido a la limitación sobre la extensión de la presente publicación, se generó una base de información cierta y confiable para facilitar el proceso de toma de decisiones sobre temas relacionados con las políticas energéticas y actuaciones vinculadas que se deban impulsar dentro de la Provincia de La Rioja.

6. Referencias y Bibliografía:

- [1] Tesis Doctoral “Lineamientos para la eficiencia y planificación energética de la Provincia de La Rioja, República Argentina” – Dr. Ing. Jorge E. Viel
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=48472>
- [2] EDELAR S.A. Página web: <http://www.edelar.com.ar/index.php>
- [3] Secretaría de Energía de la Nación – Series Históricas de Energía Eléctrica. Página web: <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3140>
- [4] ENARGAS. Página web: <http://www.enargas.gov.ar/Operacion.php>
- [5] ENARGAS. Página web: <http://www.enargas.gov.ar/DatosOper/Indice.php>
- [6] Secretaría de Energía – Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y derivados (Tablas Dinámicas). Página web: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>
- [7] Secretaría de Energía – Consulta de precios y volúmenes de gas licuado de petróleo (Mercado Interno). Página web: https://glp.se.gob.ar/pv_glp/publico/opciones_informe_ventas_new.ph
- [8] Instituto Energético de Galicia – Unidades de Conversión. Página web: http://www.inega.es/informacion/diccionario_de_termos/unidades_de_conversion.html?idioma=es
- [9] Madrid.Org – Unidades y Factores de conversión. Página web: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobhe>
- [10] Secretaría de Energía – Metodología adoptada para la construcción del Balance Energético Nacional. Página web: http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado
- [11] Secretaría de Energía – Balances Energéticos Nacional. Página web: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- [12] INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censo – Censo Nacional 2010. Página web: <http://www.censo2010.indec.gov.ar>
- [13] Jorge E. Viel: “Análisis y Caracterización del Consumo de Energía de la Provincia de La Rioja República Argentina (2005 -2009)” - Diploma de Estudios Avanzados (DEA) y Suficiencia Investigadora, en el marco del Doctorado en Ingeniería Térmica - Logroño, La Rioja, España, julio 2011
- [14] Viel J., Nicolás A., Cadena C., Hoyos D., Juárez M.C., López González L.M., “Estudio, evaluación y proyección del consumo de energía eléctrica de la Provincia de La Rioja, período 2005-2015” - EVENTO: IX Jornadas de Ciencia y Tecnología UNLaR - La Rioja, Argentina, junio 2014
- [15] Míguez, J.L., Porteiro, J., López-González, L.M., Vicuña, J.E., Murillo, S., Morán, J.C., Granada, E. Review of the energy rating of dwellings in the European Union as a mechanism for sustainable energy (2006) Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10 (1), pp. 24-45; <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.08.003>
- [16] Gobierno de Navarra (GNA). Departamento de Industria y Tecnología, Comercio y Trabajo. Balances de Energía Final de Navarra 1984–2000, Pamplona, 2004.
- [17] Consejería de Hacienda y Promoción Económica del Gobierno de La Rioja (España). La Rioja en Cifras. Anuario Estadístico, Servicio de Publicaciones del Gobierno de La Rioja (España), Logroño (1990–1999) [Varios años]
- [18] J.M. Sala Lizarraga, L.M. López González Inventario energético de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Servicio de Publicaciones del Gobierno de La Rioja, Logroño (1999)



III CADI
IX CAEDI
2016



ENERGÍA EÓLICA DE ALTITUD NO CONVENCIONAL FACTIBILIDAD EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Luis Krapf, FCEIA – UNR – luiskrapf@yahoo.com.ar

Gonzalo López, FCEIA – UNR – glopez@fceia.unr.edu.ar

Roque Stagnita, FCEIA – UNR – roquegus@hotmail.com

Claudio Nasich, ArWind Energy SA – claudionasich@gmail.com

Sergio Nasich, ArWind Energy SA – sergio.nasich@rosariosoftware.com

Mauro Curli, FCEIA – UNR – maurocurli@gmail.com

Lucas Loza Ominetti, FCEIA – UNR – lucasloza90@gmail.com

Juan Cruz Nocetti, FCEIA – UNR – nocettijc@gmail.com

Germán Santandrea - FCEIA – UNR – german_santal@hotmail.com

Iñaki Varas - FCEIA – UNR – varas2559@gmail.com

Resumen

Ante el creciente interés por el desarrollo de nuevas tecnologías para la generación de energía eléctrica bajo las premisas de sustentabilidad y eficiencia, este trabajo se centra en el estudio de factibilidad para la implementación en nuestro país de sistemas eólicos de altitud utilizando cometas (kites), específicamente en la provincia de Santa Fe.

Se muestran las ventajas de esta tecnología en lo que respecta al aprovechamiento del potencial eólico, se analizan las distintas modalidades de vuelo (downwind y crosswind) y las fuerzas que actúan sobre la cometa, con el fin de obtener modelos que permitan el cálculo de la potencia generada conociendo las características de los vientos en la región.

Los resultados muestran que el uso de kites es técnica y económicamente factible en nuestra región. A partir de los cálculos realizados en base a un modelo a pequeña escala, se concluye que con una vela de 20 m² podrían obtenerse en la provincia de Santa Fe valores de energía del orden de 32 MWh/año con un factor de capacidad superior al 30%, mayor que para un generador convencional.

Palabras clave—Generación eólica - Energía renovable - Cometa - Eólica de altitud - Kite.

1. Introducción

La civilización es energéticamente dependiente, usándose especialmente como energía primaria fuentes no renovables que temprana o lejanamente se agotarán, teniendo además como contrapartida la agresión de las mismas al medio ambiente. El cambio de esta situación debe ser llevada adelante siguiendo dos caminos no excluyentes entre sí, sino que deben ser trabajados en forma conjunta: el empleo de energías renovables y la eficiencia energética. En la actualidad la distribución de energía primaria es prácticamente derivada de combustibles fósiles como se indica en la figura 1.

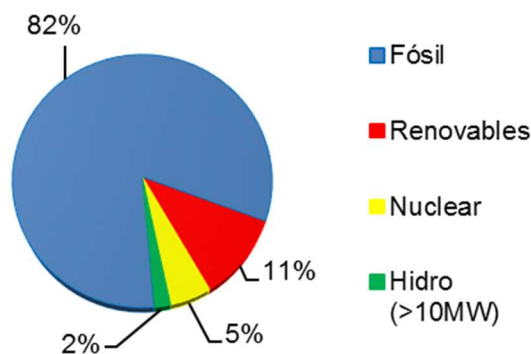


Figura 1 -Oferta Total de Energía Primaria por recurso

Fuente: WorldResourcesEnergy 2013

La Universidad conjuntamente con el medio privado – Empresa ARWIND ENERGY- trabaja sinérgicamente para el desarrollo de energía renovable eólica no convencional a través de una forma novedosa, el empleo de los vientos en altura, los cuales poseen mayor constancia y velocidad.

En la historia del hombre las cometas (kites) han sido empleadas como forma de aprovechar la energía eólica para el movimiento de cargas, en especial barcos. Hoy se vuelve a considerar esta forma de energía como algo económico y no contaminante con el medio ambiente. Los molinos de viento presentan grandes ventajas, pero tienen una densidad de energía instalada varias centenas de veces inferior a la de una planta térmica, siendo una imposibilidad técnica incrementar la energía producida por los generadores convencionales.

Otro factor a tener en cuenta es la intermitencia del viento, por lo que el parque eólico es capaz de producir una potencia media mucho menor que su potencia nominal (valor para el cual el sistema eléctrico ha sido diseñado, [1]), que se denomina "factor de capacidad" (CF). Esta fracción se encuentra típicamente en el rango de 0,3-0,45 para sitios considerados de buen rendimiento para generadores eólicos. Todos estos problemas conducen a tener costos de producción de energía más altos que los de fuentes fósiles, por ello resulta necesario un salto cualitativo en la forma de generación de energía eólica, que permita aprovechar más eficazmente la velocidad del viento.

La generación de energía mediante kites ha tenido grandes progresos derivados de la posibilidad de simulación, los materiales empleados que han disminuido su peso y aumentado su resistencia y la reducción de su valor económico. Los desarrollos presentan las siguientes ventajas:

- Aprovechamiento del viento en altura por su mayor velocidad y constancia
- Mayor densidad de potencia por m²
- Economía

Un kite es simplemente una superficie aerodinámica que convierte la energía cinética del viento en movimiento del kite, el mismo se transforma en una fuerza que tracciona un cilindro, accionando un generador sincrónico para la producción de energía eléctrica. Este generador se usa como motor en el período de recuperación.

La metodología empleada se basa en un concepto físico sencillo, en el cual el balance energético neto entre el remontado de un kite y su retracción es positivo.

En el mundo hay institutos que trabajan en esta premisa, mediante dos modalidades distintas una de ellas denominada yo-yo, que se desarrolla en este trabajo (la otra se denomina carrusel). [2], [3] y [4].

2. Fundamentos teóricos

2.1 Descripción del kite

El sistema kite para el diseño del prototipo es similar al empleado en actividades deportivas, kitesurf, sobre el cual se realizan estudios de simulación y ensayos de laboratorio. El cometa tiene la estructura indicada en la figura 2, cuyas partes básicas son:

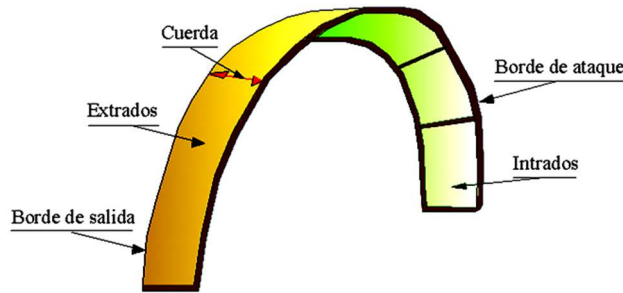


Figura 2: Partes de un kite.

Extradós: Superficie exterior

Intradós: Superficie interior

Borde de ataque: Primera parte del kite con la que se encuentra el viento

Borde de fuga: Última parte en contacto con el viento

Cuerda: Distancia entre el borde de ataque y de fuga

El estudio de la sustentación del kite se realiza de la misma manera que el de un

ala de avión. Contándose así de los avances realizados y de los sistemas de simulación para analizar su comportamiento.

En un kite en vuelo (por similitud con un ala) aparecen dos remansos en el intradós, uno en el borde de ataque y otro en el de fuga que provocan una diferencia de velocidades entre éste y el extradós, siendo esta última mayor. Esto se demuestra por la teoría de Kutta-Yukovsky y la de Newton para fluidos (Navier-Stokes).

De una manera simplificada, de acuerdo a Bernoulli se tiene:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 = cte \quad (1)$$

Donde P es la presión estática y el término $\frac{1}{2}\rho v^2$ denota la presión dinámica. Como al estar en pleno vuelo, en el kite aparecen dos remansos en la parte inferior, es sencillo ver que la velocidad media es mayor en el extradós, de esta manera para el logro de la constancia de la ecuación (1), resulta $P_{extradós} > P_{intradós}$. Por lo cual:

$$\oint \bar{P}_{extradós} \times d\bar{s} > \oint \bar{P}_{intradós} \times d\bar{s} \quad (2)$$

Como resultado se tiene una fuerza neta resultante hacia arriba, con la simple consecuencia de estar en un campo de viento. Ésta es la denominada fuerza de lift (F_L) que juega un papel muy importante en la sustentación de un ala.

Además, la fuerza del viento provoca una fuerza de arrastre que se denomina fuerza de drag (F_D). La misma se atribuye a tres resistencias aerodinámicas distintas: una debido al roce que existe entre el cuerpo y el fluido circundante, otra atribuida a la forma del perfil alar, y una tercera que se la denomina resistencia inducida, que es provocada por la diferencia de presiones entre el extradós y el intradós, y ubicada en el extremo del ala. Debemos mencionar que, dado que en nuestro caso el barrilete se va curvando conforme nos alejamos del centro, esta resistencia puede despreciarse [5].

En lo que sigue adoptaremos a la fuerza de sustentación perpendicular a la velocidad relativa V_A mientras que la de arrastre será paralela a esta.

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_L \cdot V_A^2 \quad (3)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_D \cdot V_A^2 \quad (4)$$

Donde ρ es la densidad del aire, V_A la velocidad del viento respecto del kite, C_L es el coeficiente de lift y C_D el coeficiente de drag.

Los coeficientes C_L y C_D , son también función del ángulo de ataque, el cual se define como el ángulo que forma la cuerda con la velocidad del viento (figura 3)[3].

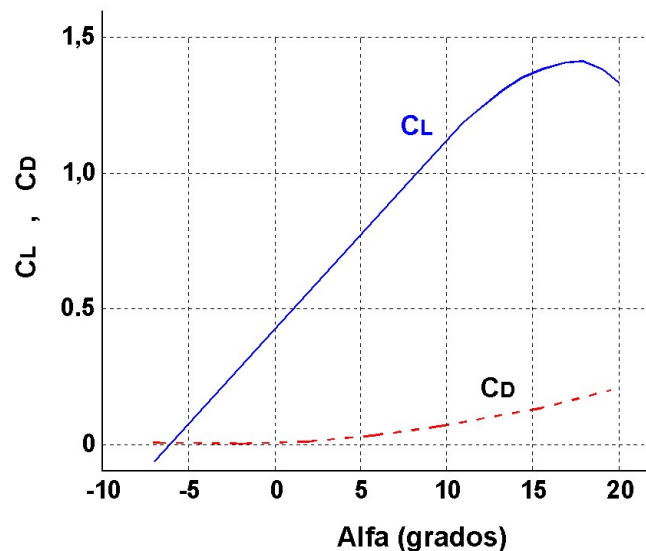


Figura 3: Gráfica de C_L y C_D en función del ángulo de ataque α

Fuente: Department of Automation and Systems, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil.

Es fácilmente observable que un aumento de la velocidad del kite respecto del aire provoca un aumento de la fuerza y como resultado la capacidad de potencia generada, en tanto que con la variación del ángulo de ataque se modifica el valor de los coeficientes de drag y lift.

2.2 – Viento de altura

Si bien es cierto que se disponen de las velocidades de los vientos hasta una altura limitada, se utilizan modelados que permiten calcularlos a mayor distancia del suelo. Uno de los más utilizados es la conocida como Ley de Potencia [6], [7] expresada en la ecuación (5).

$$\vec{V}_w(z) = V_{wx}(z) \cdot \vec{e}_x \quad V_{wx}(z) = V_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha \quad (5)$$

Donde V_0 es la velocidad del viento medida a una altura de referencia z_0 y α un factor empírico (generalmente tomado 0,14) [6]. No obstante, si se dispone de dos mediciones anemométricas de referencia a diferentes alturas se puede deducir un valor α correspondiente al sitio de análisis de acuerdo a la ecuación (6).

$$\alpha = \frac{\log\left(\frac{v_1}{v_2}\right)}{\log\left(\frac{z_1}{z_2}\right)} \quad (6)$$

Esta ley tiene validez para los vientos con relativa cercanía a la superficie terrestre hasta los 1000 -1500m, además se presentan variaciones debida a las características del terreno.

3 - Desarrollo

El mecanismo se basa en producir un alejamiento del kite, impulsado por el viento y luego retraerlo variando el ángulo de ataque, obteniéndose así dos fuerzas distintas cuando se aleja y cuando se lo retrae. Se trabaja en este caso solamente en la dirección del viento al que lo denominamos “Downwind”. Esquemáticamente tenemos el diagrama de la figura 4.

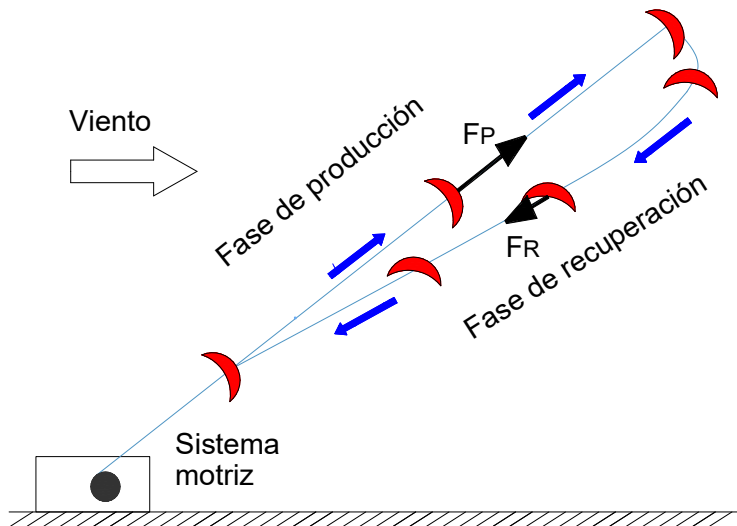


Figura 4: Movimiento downwind (dirección del viento)

La diferencia entre F_P (fuerza cuando se aleja) y F_R Fuerza cuando se lo retrae es sólo función del ángulo de ataque. F_P produce el arrastre de un tambor, que solidariamente acciona el generador que es el responsable de la transformación de energía mecánica en eléctrica. Al llegar al máximo de extensión se cambia el ángulo de ataque, de manera de reducir la fuerza externa que debe ser realizada para el proceso de recuperación.

El trabajo realizado durante la fase de producción es mayor que la de recuperación, principalmente, por la diferencia de valores de C_L y C_D por la variación del ángulo de ataque

Para el cálculo de la fuerza T que se ejerce por la cuerda se tiene:

$$T = F_T = \sqrt{(F_L)^2 + (F_D)^2} \quad T = F_L \sqrt{1 + \left(\frac{C_D}{C_L}\right)^2} \quad (7)$$

La potencia generada por el kite será:

$$P = T \cdot V_L = \frac{1}{2} \rho C_L A (V_A)^2 \sqrt{1 + \left(\frac{C_D}{C_L}\right)^2} \cdot V_L \quad (8)$$

En la figura 5 se presentan las fuerzas actuantes sobre el kite.

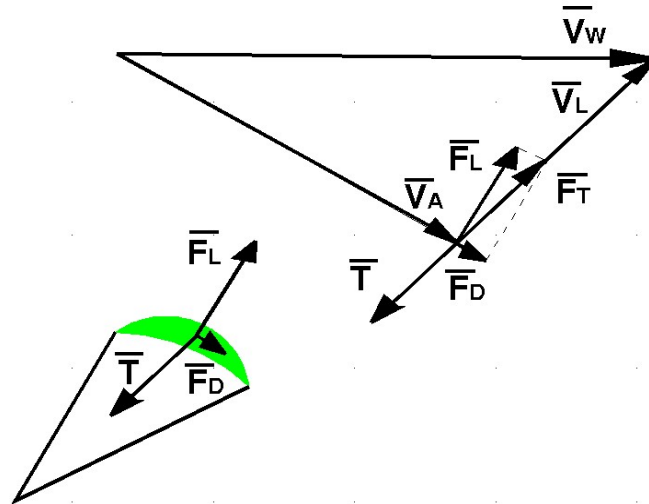


Figura 5: Fuerzas actuantes en el kite

Sin embargo, podemos aumentar la diferencia entre ambos, es decir hacer el sistema más eficiente, obligándolo a realizar un movimiento perpendicular al viento, por lo que se lo puede designar como viento normal o “crosswind”. A prima facie se puede inferir sus ventajas de la observación de los deportistas al practicar Kitesurf, lo que se logra mediante el control del kite con las cuerdas

3.1 – Análisis del viento perpendicular – crosswind

En este caso se considera un movimiento perpendicular a la dirección del viento (V_C) y consideramos que el kite se mueve a una velocidad (V_L), siendo la del viento (V_A). En la figura 6 se indican las velocidades y las fuerzas actuantes, adoptando como simplificación no considerar el peso del kite ni el de las cuerdas.

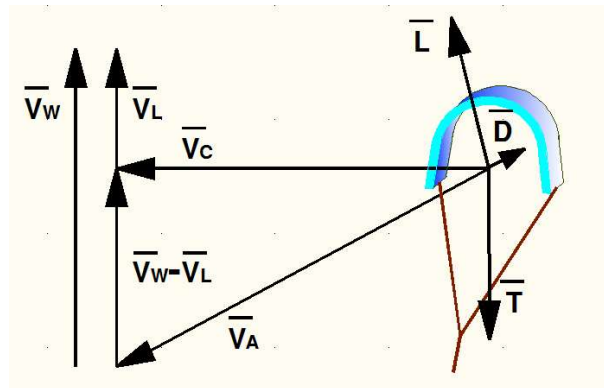


Figura 6: Vientos y fuerza actuantes sobre el kite - Crosswind

Mediante relaciones trigonométricas podemos escribir

$$V_A = (V_W - V_L)(L/D)_k \quad (9)$$

Las fuerzas de lift y drag son:

$$L = \frac{1}{2} \rho A C_L V_A^2 = \frac{1}{2} \rho A C_L (V_W - V_L)^2 (L/D)_k^2 \quad (10)$$

$$D = \frac{1}{2} \rho A C_D V_A^2 = \frac{1}{2} \rho A C_D (V_W - V_L)^2 (L/D)_k^2 \quad (11)$$

ENERGÍA EÓLICA DE ALTITUD NO CONVENCIONAL FACTIBILIDAD EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

De acuerdo a la figura 3, se deduce que para ángulos de ataque menores a 20°, C_L es mucho mayor que C_D y es factible aceptar con buena aproximación que la tensión T y la fuerza L son prácticamente iguales.

Comparando con la expresión de potencia, se puede obtener:

$$P = TV_L = \frac{1}{2} C_L \rho V_W^3 A F \quad (12)$$

Donde F representa el aumento de potencia respecto del cálculo efectuado para el caso de downwind.

$$F = (L/D)^2 (V_L/V_W) (1 - V_L/V_W)^2 \quad (13)$$

El valor de F toma un máximo para:

$$V_L/V_W = 1/3 \quad (14)$$

Siendo:

$$F_{\max} = 4/27 (L/D)_k^2 \quad (15)$$

Se define así que la potencia es función de la relación entre “lift y drag”, es decir de (C_L/C_D) en cada punto de trabajo “k”. La potencia calculada para esta situación es mayor que la dada en (8), por el aumento de la velocidad aparente del kite.

Con el movimiento perpendicular a la dirección del viento se logra mayor independencia de las variaciones de la velocidad del viento, para lo cual considerando que V_W varía en ΔV_W .

$$|V_A + \Delta V_A| = \sqrt{(V_W + \Delta V_W i)^2 + (V_C + \Delta V_W j)^2} \cong V_A \quad (16)$$

$$\alpha + \Delta\alpha = \tan^{-1} (V_W + \Delta V_W i / V_C + \Delta V_W j) \cong \alpha \quad (17)$$

En función del movimiento cruzado se tiene la distribución de fuerzas indicada en la figura 7, siendo la menor fuerza en la ventana de acceso a la zona de vuelo, por ser en esa zona donde el viento perpendicular es menor, por razones operativas.

La zona de mayor fuerza se encuentra en la región próxima al suelo indicada con el color rojo, pero es una zona muy limitada y de grandes riesgos para el kite por estar próximo a la superficie.

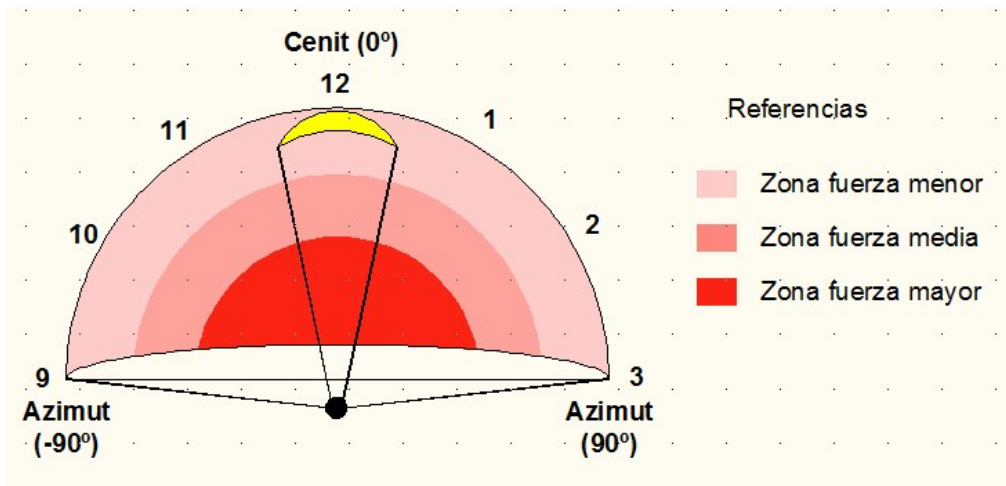


Figura 7: Distribución de fuerzas con movimiento crosswind

Por último se expresa la potencia P en función de la velocidad del viento V_W . De la figura 6, se tiene otra manera de formular V_A , mostrada en la ecuación (18).

$$V_A = \sqrt{(V_W - V_L)^2 + V_C^2} \quad (18)$$

Como V_L y V_C se pueden expresar en función de la velocidad del viento V_W es conveniente introducir los coeficientes C_1 y C_2 como sigue.

$$\begin{cases} V_L = C_1 V_W \\ V_C = C_2 V_W \end{cases} \quad (19)$$

Si se reemplazan las ecuaciones (19) en la (18), V_A resulta:

$$V_A = V_W \sqrt{(1 - C_1)^2 + C_2^2} \quad (20)$$

Combinando, por último, las ecuaciones (19), (20) con la (8) y trabajando matemáticamente se obtiene la ecuación (21), que brinda la expresión de la Potencia buscada. Cabe aclarar que dicha expresión se trata de la potencia ideal entregada por la vela.

$$P = \frac{1}{2} \rho A C_L C_1 \sqrt{1 + \left(\frac{C_D}{C_L}\right)^2} [(1 - C_1)^2 + C_2^2] (V_W)^3 \quad (21)$$

3.2 – Análisis del movimiento del kite

Al hacer un movimiento transversal, en la cometa se obtiene una mayor producción de energía, se procede a realizar movimientos del kite cuya trayectoria describe un “ocho”. Esta forma de movimiento se combina con un alejamiento constante del kite o con una trayectoria de ocho alabeado, en el cual se puedan identificar dos estados, el de producción de energía y el de consumo (figura 8) [4][6].

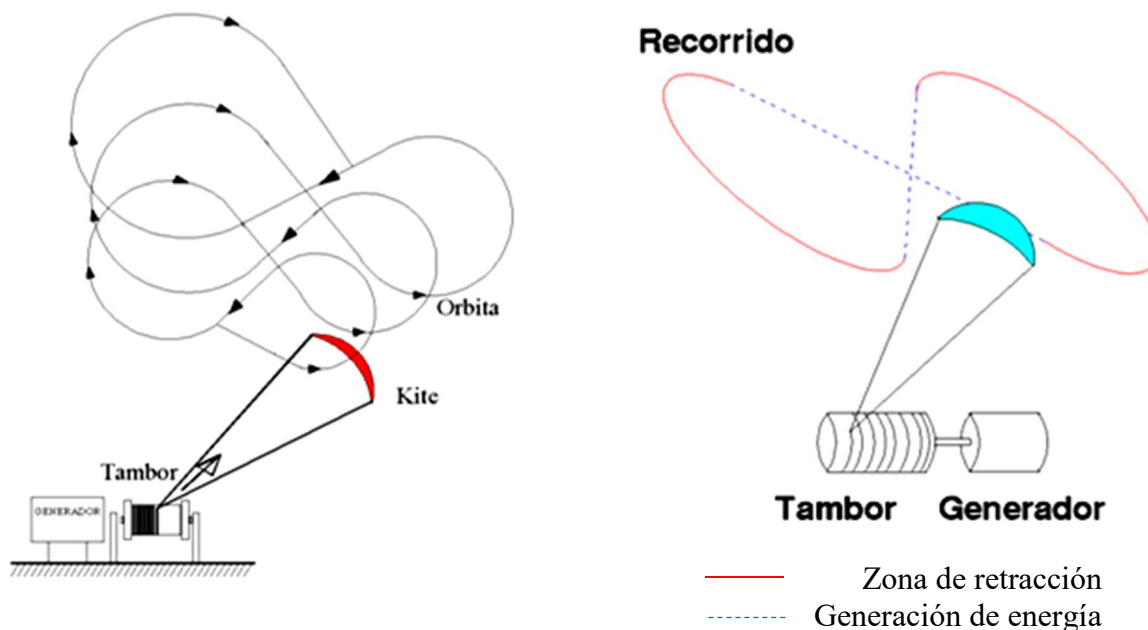


Figura 8: Movimiento en ocho – Izq. Alejándose continuamente Der. Movimiento en ocho alabeado

Siempre se debe verificar la desigualdad (22), de manera de tener una generación neta:

$$E_T = \frac{1}{T} \int_0^T F(t) v(t) dt > 0 \quad (22)$$

Donde E_T es la energía generada en un ciclo completo. Es decir que la misma contempla la generación y el consumo en la retracción en un periodo.

Nota: Los ensayos efectuados fueron realizados con el caso del movimiento en ocho alabeado.

4 – Cálculo de la fuerza mecánica y potencia generada

4.1 - Análisis general

En el desarrollo se consideró un kite que se mueve con una velocidad transversal que limitamos entre dos y tres veces la velocidad del viento, habiéndose tomado para el cálculo 2,5, de manera que la fuerza ejercida no llegue a valores elevados comprometiendo la integridad de la cuerda. Otra cuestión que se tuvo en cuenta es que el ángulo de movimiento no provoque obstáculos para otros kite de un posible parque de generación, para obtener una mayor densidad de potencia generada por unidad de superficie.

Para los cálculos correspondientes se realizó una planilla en hoja de cálculo, que se desarrolla a continuación, de manera de tener inmediatamente los resultados para otras variables de entrada:

Datos

Se realiza una ejemplificación para un viento de 26 km/h

Tabla1: Datos preliminares

Velocidad del viento a 10m del suelo:	26km/h
Altura mínima de generación:	100m
Altura máxima de generación:	200m
Lugar de generación:	Terreno poco accidentado (rugosidad 0,14) ¹

Fuente: Elaboración propia

La determinación de la velocidad del viento a las alturas máxima y mínima mediante expresión [5]:

Tabla 2: Cálculo del viento a dos alturas

Velocidad a la altura mínima	35,9 km/h
Velocidad a la altura máxima	39,5 km/h
Velocidad media	37,7 km/h

Fuente: Elaboración propia

El sistema de comando del kite deberá lograr que la velocidad de los cables sea aproximadamente constante para el logro de un andar suave del generador. La altura mínima no deberá ser inferior a la establecida por seguridad.

Cálculos

Tabla 3: Datos y cálculos

Variable	Valor	Expresiones adicionales
Vaire	37,7 km/h ²	
V _Y	94,3 km/h	Vaire*2,5
V _X	7,5 km/h	Vaire/3 Velocidad del kite respecto del aire
Vrelativa	99,0 km/h	$V_{relat.} = \sqrt{(V_A - V_X)^2 + V_Y^2}$
Vcable	7,5 km/h	Vcable = V _X
rho	1,15kg/m ³	Densidad del aire
Cz	1,2	Coeficiente de lift
Área Kite	20 m ²	
F	10395 N	$F = \frac{1}{2} C_z \cdot \rho \cdot A \cdot V_{relat.}^2$
P	21,8 kW	Fuerza * velocidad del cable

Fuente: Elaboración propia

Se considera un área del kite de 20 m² sin perder generalidad ya que existe escalabilidad entre superficie del kite y potencia generada [7].

¹ Fuente: Wind Energy Reference Manual, Danish Wind Industry Association.

²Nota: se tomó una velocidad de 37,7 km/h que corresponde a 10,5 m/s. La misma puede variarse, pero se considera que es constante.

4.2 – Casos de estudio

En este estudio se analiza la factibilidad del emplazamiento de un sistema de generación por kite en la provincia de Santa Fe, en la zona suroeste de mayor potencial eólico, Se realiza el análisis para las localidades de Melincué (-33.6552591, -61,4720248), Rufino (-34,2617079, 62,7396035) y Venado Tuerto (-33,7494111, -62,0423659) que se indica en la figura 9.

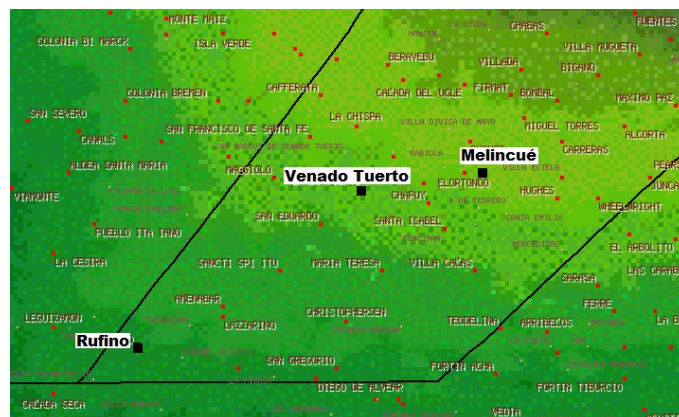


Figura 9: Ubicación de Rufino, Venado Tuerto y Melincué

Fuente: Ministerio de Planificación

Con el fin de estimar valores característicos de la generación en las zonas en estudio, por analogía a como se hace en las granjas eólicas, usamos herramientas estadísticas. Una de las más difundidas y útiles es la distribución de Weibull. Para determinar dicha distribución es menester conocer dos parámetros, k y λ , los cuales fueron obtenidos del sitio oficial del Sistema de Información Geográfico y se indican en la tabla 4– Mapa Eólico Nacional del Ministerio de Planificación [8]. En la figura 11 se grafica la función densidad del viento $f(v)$ con los parámetros característicos para la ciudad de Melincué a 200m de altura y la potencia generada, ambas en función de la velocidad del viento en km/h.

Tabla 4: Valores de los parámetros k y λ para una altura de 200m

	Melincué	Rufino	Venado Tuerto
K	2,3	2,64	1,96
λ	6,47	6,85	6,04

Fuente: Sistema de Información territorial. – Min. Planificación

Es necesario diferenciar la potencia en el eje P, obtenida en la ecuación (21), de la entregada al sistema (P_e). La figura 10 da una visión más clara de la definición de cada potencia, en ella se designa con P_g a la potencia entregada por el generador.

La potencia P_g se obtiene a partir de la potencia en el eje P, considerando un rendimiento del ciclo de generación del kite del 70% [11] y una potencia de generación máxima de 10kVA³, mientras que para la potencia entregada a la red P_e se considera un rendimiento del 80% del

³La adopción final de una potencia de 10kVA para el generador se explica más adelante.

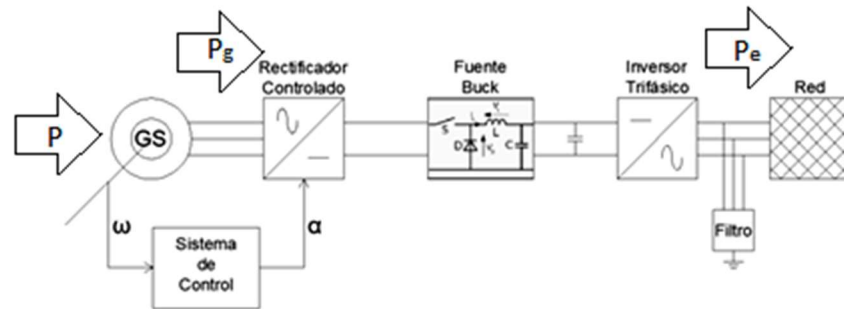


Figura 10: Esquema de conversión de la energía y definición de potencias

convertidor, al cual ingresa la potencia del generador P_g . Con estas consideraciones se genera la curva de potencia mostrada en la figura 11, donde también se representó la función densidad $f(v)$, ambas en función de la velocidad del viento en km/h.

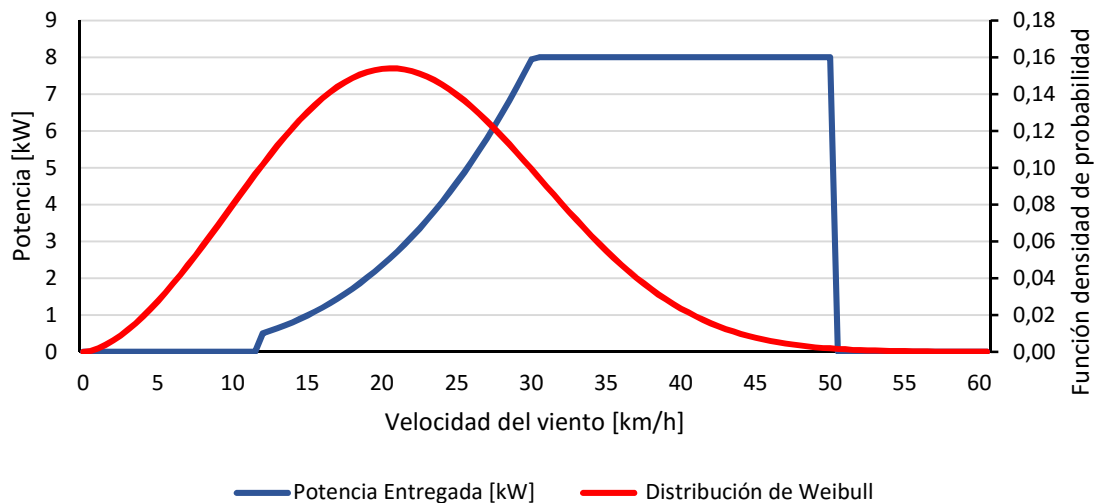


Figura 11: Distribución de Weibull de la velocidad del viento – Potencia generada

La potencia entregada no se corresponde con la calculada en la expresión (21), en la cual se deduce las pérdidas intermedias, debido a la existencia de las siguientes limitaciones técnicas:

- Viento mínimo: la curva de potencia asume valores nulos para vientos inferiores a los 12 Km/h. Este límite inferior se debe a que la vela necesita una velocidad de viento mínima para que pueda mantenerse en el aire de forma estable sin verse comprometido su vuelo. Además por debajo de este límite es muy dificultoso su despegue.
- Viento máximo: se considera la capacidad de la tela que conforma el kite reduce su vida útil por encima de los 50 km/h. Además se pone en riesgo las cuerdas,
- Límite de generación: Por razones económicas se limita la potencia que puede entregar el sistema

ENERGÍA EÓLICA DE ALTITUD NO CONVENCIONAL FACTIBILIDAD EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Para calcular la producción anual de energía eléctrica se realizó una estimación teórica adoptando el mismo razonamiento que en los aerogeneradores convencionales, utilizando la ecuación (23) [10].

$$E = C \cdot \int_0^{\infty} P(v) \cdot f(v) \cdot dv \quad (23)$$

Donde $P(v)$ es la potencia producida en función de la velocidad del viento, $f(v)$ es la función densidad de probabilidad del viento (distribución de Weibull), y la constante C es un coeficiente necesario para expresar el resultado en kWh anuales ($C=8760$).

En la tabla 5 se muestran los cálculos de energía generada en un año para las tres localidades de la provincia de Santa Fe mencionadas considerando un generador de 10 KVA.

En la tabla 5 se muestra el cálculo efectuado para distintos valores nominales de potencia del generador, la energía generada en un año en MWh y el factor de capacidad; calculados para la localidad de Melincué con los datos de la tabla 4 y suponiendo que la vela trabaja a una altura de 200 m.

Tabla 5: Comparación de Potencia de Generadores

Potencia Generador [kW]	Energía Generada [MWh/año]	Factor de Capacidad
10	28,08	32,06%
15	32,22	24,52%
50	36,66	8,37%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 5 se puede concluir que la energía generada será mayor con un generador de mayor valor nominal, no obstante se reduce el factor de capacidad. La decisión de que generador implementar dependerá de la tasa interna de retorno. En nuestro caso se opta por un generador sincrónico de imanes permanentes de 10 kVA

Esta comparación se ha realizado para las otras localidades en estudio obteniéndose resultados similares.

Tabla 6: Comparación en las tres localidades

Localidad	Energía Generada [MWh/año]	Factor de Capacidad
Melincué	28,08	32,06%
Rufino	31,62	36.10%
Venado Tuerto	24.57	28.04%

Fuente: Elaboración propia

De dicha tabla concluimos que el lugar más favorable es la localidad de Rufino puesto que arroja un mayor valor de energía generada anualmente y un buen factor de capacidad.

Finalmente se contrastan estos resultados frente a la productividad de un molino eólico. Para el cálculo se utilizó el modelo Vestas V27 de 225/50kW con una torre de 32,5 m de altura. Los resultados obtenidos del mapa eólico nacional [8], se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Generación de energía por Vestas V27 225/50.

Localidad	Energía Generada [MWh/año]	Factor de Capacidad
Melincué	188,83	9,58%
Rufino	97,44	4,94%
Venado Tuerto	142,1	7,21%

Fuente: Elaboración propia

Al tratarse de un molino de 225/50 kW y un aerogenerador kite de 10 kW la única vía de comparación son los factores de capacidad. Puede observarse que el aprovechamiento de la capacidad de potencia del molino convencional en estas localidades es pobre (entre un 5 y un 10%).

5 - Conclusiones

La mayor eficiencia de este sistema de altura, radica en el hecho de la mayor velocidad y constancia de los vientos, posibilitando su utilización en zonas hasta ahora no aprovechadas para el uso de recurso eólicos.

El factor de capacidad de un generador tipo kite es mayor que en un generador eólico convencional, debido a que utilizan vientos a 200 m de altura frente a los que tendría un generador para los vientos existentes en esa zona.

El estudio realizado nos permite obtener fácilmente la potencia generada para distintas superficies del kite.

La utilización de vientos cruzados hace al sistema prácticamente inmune a variaciones de viento y proporciona un mejor aprovechamiento de los fenómenos aerodinámicos en el kite.

Con éste sistema de generación, la Provincia de Santa Fe podría integrarse al grupo de regiones que explotan el recurso eólico.

6 - Agradecimientos

Se agradece la colaboración prestada por la Escuela de Ingeniería Eléctrica y la Cátedra de Electrónica de Potencia de la Escuela de Ingeniería Electrónica, ambas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario.

7 - Referencias

- [1] - ARGATOV, I.; RUTAKORPI, P.; SILVENNOINEN. –“Estimation of the mechanical energy output of the kite wind generator” - Renewable Energy 34 (2009) – pp 1525–1532.
- [2] - LANSDORP, B.; REMES, B. AND OCKELS W.J. –Design and testing of a remotely controlled surfkite for the Laddermill - World Wind Energy Conference 2005, Melbourne, Australia
- [3] - CANALE, M.; FAGIANO, L. AND MILANESE, M. - “High Altitude Wind Energy Generation Using Controlled Power Kites” - IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 18, no. 2, march 2010.
- [4] - SARAIVA, R.; DE LELLIS, M.; TRFINO, A.– “Passive Phase Design of a Pumping Kite Wind Generator” - Department of Automation and Systems, Federal University of Santa Catarina, ZIP 88040-900, PO box 476, Florianópolis, Brazil. (Preprints of the 19th World Congress The International Federation of Automatic Control Cape Town, South Africa. August 24-29, 2014)
- [5] - OCHOA A.–“Estudio de una vela de kitesurf, análisis de actuaciones y redacción del manual de uso” - Proyecto final de carrera– Universtat Politècnica de Catalunya – Setiembre 2014.
- [6] - AHMED, M.; HABLYA.; SEDDIKBACHA–“Grid-connected Kite Generator System: Electrical Variables Control with MPPT” - IEEE – 2011 – pp 3152-3157
- [7] –SMOOT, S. – “Conceptual design and passive stability of Tethered platforms” - A dissertation for the degree of Doctor of philosophy - Stanford University – 2012 - <http://purl.stanford.edu/my428py4582>
- [8] - <http://sigeolico.minplan.gob.ar/frameset.php>
- [9] – ABB. Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12. Plantas eólicas.
- [10] - Draft Application Guide For IEEE Std 1547 Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power System. June 2007.
- [11] - MILANESE, M.; FAGIANO, L. AND PIGA, D. - “High Altitude Wind Energy Power generation” – Technical report n. DAUIN_TR_FaMiPi_27082009.

CARPINTERÍAS DE EDIFICIOS DEL NEA ANALIZADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SUS PUENTES TÉRMICOS. INFLUENCIA EN EL DESEMPEÑO HIGROTÉRMICO GENERAL

Betiana Rocío Suárez, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste, correo-e: betianarociosuarez91@gmail.com.ar

Jacobo Guillermo José, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste, correo-e: gjjacobo@arq.unne.edu.ar

Herminia María Alías, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste, correo-e: heralias2001@yahoo.com.ar

Resumen— La investigación se orientó a estudiar el desempeño higrotérmico de tipologías de carpinterías, frecuentemente utilizadas, en edificaciones de las ciudades de Resistencia y Corrientes. A determinar el valor de transmitancia térmica media ponderada, su encuadre en la clasificación propuesta por la Norma IRAM 11507-4, y la ubicación y comportamiento de los puentes térmicos. Datos recabados para definir el nivel de eficiencia energética de estos componentes constructivos de la envolvente edilicia. Y para cuantificar los flujos de calor, es decir las cargas térmicas por conducción incidentes en el balance térmico final de los espacios interiores, los cuales repercuten en la intensidad de uso de los sistemas de climatización, en los niveles de consumo eléctrico, y finalmente en las cantidades de emisiones de gases contaminantes.

Partiendo de un diagnóstico de la situación actual de las carpinterías, se propusieron soluciones tecnológico-constructivas de optimización y de corrección de puentes térmicos. Los cuales requirieron de la aplicación de la metodología de cálculo de la transmitancia térmica y de las modelizaciones en los software THERM y WINDOW.

Como resultado final se estimaron porcentajes de ahorro energéticos y de reducción de emisiones gases contaminantes. Así como también costos de rehabilitación térmica y años de amortización. Siendo estos datos valiosos para justificar el porqué de la imperiosa necesidad de la corrección de los puentes térmicos en carpinterías.

Palabras clave— *Transmitancia térmica, Carpintería, Norma IRAM 11507-4, software Therm 6.3.*

1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo difundir los resultados hallados en la investigación de la beca pregrado, realizada en el ciclo 2015, para la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE, bajo el título “*Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológico-constructivas para su corrección*” [1]. Investigación que se enmarca en el proyecto “*Rehabilitación higrotérmico-energética de edificios en el NEA: evaluación, diagnóstico, desarrollo de soluciones técnico-constructivas y valoración costo-beneficio. Clasificación energética de la edificación*” a cargo en la dirección: arq. Guillermo JACOBO y codirección: arq. Herminia ALÍAS.

En la mencionada investigación que da origen a este trabajo, primó el objetivo de optimizar energéticamente las carpinterías, corregir los puentes térmicos, mejorar y disminuir los valores de transmitancia térmica. Porque son los puntos críticos de la envolvente edilicia, en donde se agudizan los puentes térmicos, las secuelas del efecto invernadero (producido por las superficies vidriadas) (Figura 1), las infiltraciones de aire y agua. Los cuales en deficientes condiciones constructivas desencadenan patologías constructivas (humedades superficiales, desprendimiento de revoques y pintura, hongos), y pérdidas o ganancias térmicas (Figura 2) según fuere la estación climática, invierno o verano. Este último factor es crucial en los balances térmicos de los espacios habitables. Ya que las carpinterías poseen una importante incidencia en los cálculos de las cargas térmicas, ya sea por conducción o por radiación solar, los cuales dependen del tipo de vidriado y protecciones solares utilizadas, las orientaciones y el valor de la transmitancia térmica media ponderada.



Figura 1: Efecto invernadero generado por vidrios Fuente: Ponencia “Rehabilitación térmica de cerramientos de huecos: vidrios y marcos térmicamente eficientes” Eduardo M^a De Ramos Vilariño, 2011, Bilbao

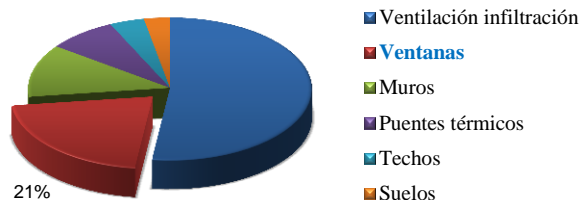


Figura 2: Pérdidas o ganancias térmicas en los edificios Fuente: Ponencia “Rehabilitación térmica de cerramientos de huecos: vidrios y marcos térmicamente eficientes” Eduardo M^a De Ramos Vilariño, 2011, Bilbao

Si además de poseer envolventes edilicias deficientes térmicamente, consideramos las condiciones climáticas existentes en la región, de elevadas temperaturas y humedades, resulta lógico el creciente consumo en climatización (figura 3), la búsqueda del confort por parte de los usuarios, que demandan cada vez más suministro de electricidad desde el sector residencial (Figura 4,5)

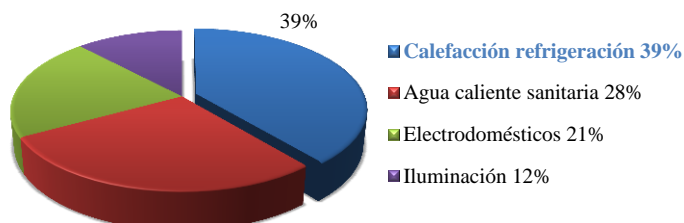


Figura 3: Consumos medios energéticos de una vivienda Fuente: CABRERA, Zulma; GUIDURA, Juan Ramón. (2010). Arquitectura bioclimática para barrios de viviendas sociales

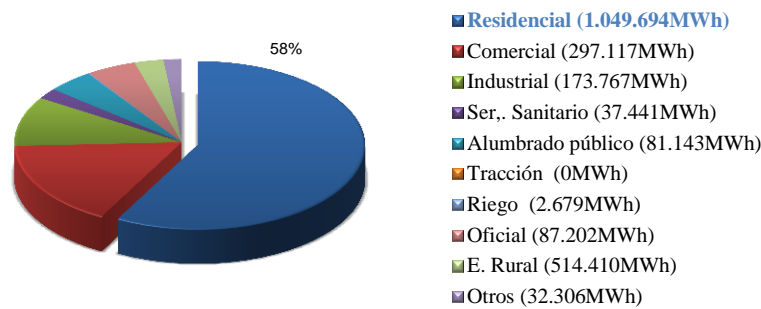


Figura 4: Porcentajes de consumos finales de electricidad en la provincia de Chaco Año 2012 Fuente: Secretaría de energía

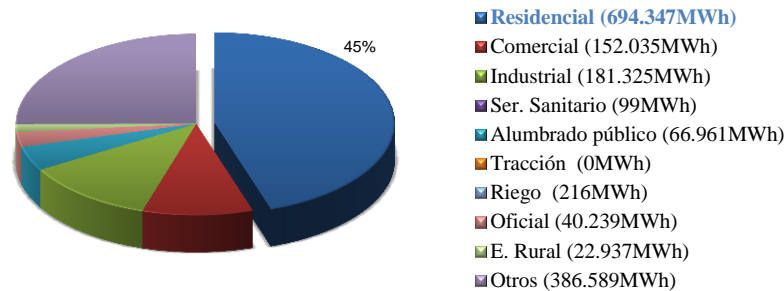


Figura 5: Porcentajes de consumos finales de electricidad en la provincia de Corrientes Año 2012 Fuente: Secretaría de energía

Situación que resulta inquietante si tomamos noción de que en la Argentina las fuentes primarias para generar electricidad son el petróleo y el gas natural, que producen como derivados de su combustión gases contaminantes (Figura 6,7). Encontrándose aún en un estado de infradesarrollo las energías renovables.

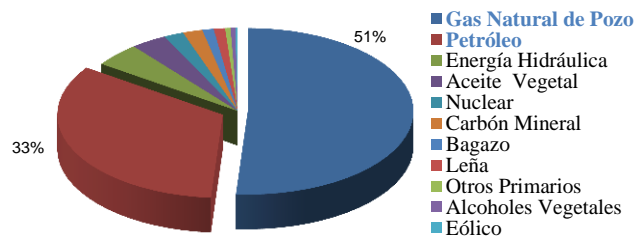


Figura 6: Distribución porcentual de la oferta interna de energía primaria, por forma de energía Año 2014 Fuente: Secretaría de energía, Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios.

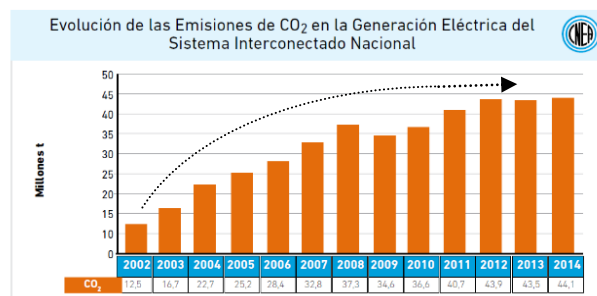


Figura 7: Evolución de las emisiones de CO₂ en la generación eléctrica del sistema interconectado nacional Año 2014 Fuente: Secretaría de energía, Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios.

Entonces se destaca la importancia de rehabilitar térmicamente las carpinterías, optimizar las edificaciones, transformarlas en eficientes energéticamente, disminuyendo el consumo, garantizando el confort y las condiciones de habitabilidad en los espacios internos, efectuando un uso más racional de la energía.

2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de la investigación se ha utilizado el método “*Analítico Deductivo: de lo general a lo particular*”: ya que se partió del análisis de la bibliografía general disponible sobre el tema hasta llegar a modelizar, en programas informáticos específicos, resoluciones tecnológicas particulares. Por lo tanto fueron necesarias realizar las siguientes actividades:

- Recolección y clasificación de bibliografía de acuerdo a ejes temáticos propuestos en la investigación (exigencias de carpinterías, aspectos generales de las mismas, vidrios, marcos, posibles soluciones de rehabilitación)
- Relevamiento fotográfico de las tipologías de carpinterías existentes en los edificios locales, ya sean estos de carácter público, privado, comercial o residencial. Tomándose 60 fotos en la ciudad de Resistencia y 84 fotos en la ciudad de Corrientes.
- Elaboración de planillas para clasificar y ordenar la información recolectada. Volcándose datos como sector, ubicación en la ciudad, materialidad, especificaciones técnicas, áreas o superficies componentes.
- Consultas técnicas a comerciantes, expertos en el tema, instituciones públicas (IPDUV, INVICO). Solicitando a dichos institutos las planillas de carpinterías de los pliegos de los prototipos de viviendas más construidas en las respectivas provincias.
- Verificación de las condiciones térmicas de las tipologías existentes, mediante la aplicación de la metodología de cálculo de la Norma IRAM 11507-4 [2]. En esta metodología se aplica la ecuación (1) de transmitancia térmica media ponderada.

$$K'_m = \frac{\sum_1^n (K_i \cdot S_i)}{\sum_1^n S_i}$$

(1) Fuente: Norma IRAM 11507-4

K'_m = transmitancia térmica media ponderada W/m^2K

S_i = superficie de cada uno de los componentes de la ventana m^2

K_i = transmitancia térmica según IRAM 11601 W/m^2K

El valor hallado se contrasta con los valores de la tabla (1) de la Norma IRAM 11507-4. De esta manera se obtiene la categoría de clasificación de una carpintería.

Tabla 1: Categorías de aislación térmica para carpinterías Fuente: Norma IRAM 11507-4

Categoría de aislación	Transmitancia térmica, K (en W/m^2K)
K_1	$K < 1,0$
K_2	$1,0 \leq K \leq 1,5$
K_3	$1,5 < K \leq 2,0$
K_4	$2,0 < K \leq 3,0$
K_5	$3,0 < K \leq 4,0$
No clasificable	$K > 4,0$
NOTA. Las categorías de clasificación establecidas en la tabla 1, son exigibles en función del desempeño térmico requerido en las condiciones ambientales de uso previstas para la zona climática donde se instale la ventana (IRAM 11603).	

- Confección de gráficos de torta para visualizar la situación actual de las carpinterías de los edificios existentes.
- Elaboración y estudio de propuestas de rehabilitación aptas para la región, mediante el planteo de pautas de diseño tecnológico.

- Traducción y lectura del manual de uso del software THERM versión 6.3 [3]
- Armado del catálogo de carpinterías, clasificándolas en 3 grupos (Grupo A: Aluminio, Grupo B: Chapa plegada y Grupo C: Madera), y especificando su transmitancia térmica, clasificación, precio, observaciones respecto a los códigos y reglamentos vigentes en la región [4,5], y recomendaciones en relación a su tecnología.
- Selección de tipologías y soluciones de rehabilitación térmica más representativas, especificadas en el catálogo.
- Recopilación de datos climáticos (temperatura interior, temperatura exterior de diseño máxima - mínima, radiación solar directa, velocidad y dirección del viento, coeficiente convectivo, temperatura y emisividad del cielo) y de propiedades térmicas de materiales (conductividad térmica y emisividad), para la carga de datos en los softwares.
- Creación de los cad de las tipologías (detalles constructivos separados por partes constituyentes de la carpintería: dintel, jamba, antepecho, umbral, cruce central) a ser importados en los programas informáticos.
- Estudio y práctica (en los software THERM y WINDOW versión 6.3), de las tareas de: importación, creación de geometría, mallado, cálculo, exportación, carga de datos, creación de materiales y condiciones de entorno, visualización de resultados, etc. Creación de las 132 modelizaciones finales, de las partes constituyentes de 12 tipologías seleccionadas de los 3 grupos establecidos de carpinterías, bajo las condiciones climáticas de la estación invierno (mes de septiembre) y verano (mes de diciembre) de la ciudad de Resistencia, dada su mayor rigurosidad.
- Elaboración de diagnósticos, fichas técnicas y gráficos comparativos entre la metodología de cálculo IRAM 11507-4 y los resultados de las modelizaciones en los software THERM y WINDOW.
- Estudios de factibilidad económica, de amortización y de implementación de las propuestas en la región NEA.
- Realización de cálculos de supuestos estimativos de ahorro energético, mediante hojas de cálculo Excel. Estudiando otras normativas IRAM relacionadas al tema en desarrollo. (IRAM 11604 – 11659-2) [6,7]
- Confección de conclusiones y recomendaciones a futuro para quienes estén interesados en la investigación.

3. Resultados y Discusión

En base al relevamiento de las carpinterías de los edificios existentes en las ciudades de Resistencia y Corrientes, al estudio de su comportamiento higrotérmico a través de la metodología de cálculo de la norma IRAM 11507-4 y las modelizaciones en los software THERM y WINDOW. Se ha podido constatar que un 75% de las carpinterías relevadas no clasifica para la norma IRAM 11507-4 (Figura 8), es decir que su valor de transmitancia térmica media ponderada es superior al aconsejado por la norma ($4\text{W/m}^2\text{K}$). De este porcentaje que no clasifica: 51,85% son de aluminio, 28,70% de chapa plegada, 16,67% de madera y el % restante se distribuye entre otros materiales (Figura 9). Del porcentaje que clasifica: 89% es de madera y 11% de chapa plegada con espuma de poliuretano inyectada. (Figura 10)

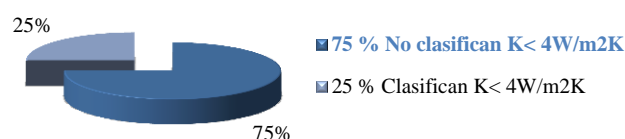


Figura 8: Porcentajes de clasificación de carpinterías para la Norma IRAM 11507-4 Fuente: Elaboración propia

*Carpinterías de edificios del NEA analizadas desde el punto de vista de sus puentes térmicos.
Influencia en el desempeño higrotérmico general*

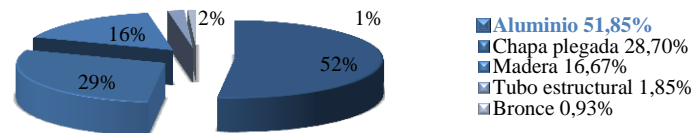


Figura 9: Porcentajes de carpinterías que no clasifican para la Norma IRAM 11507-4 según su materialidad Fuente: Elaboración propia

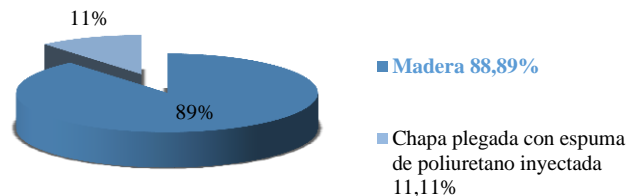


Figura 10: Porcentajes de carpinterías que clasifican para la Norma IRAM 11507-4 según su materialidad Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto se puede apreciar que 3 grupos de materiales, son los que prevalecen en la tecnología de las carpinterías: Aluminio, Chapa plegada y Madera. Los cuales han sido tomados como tipologías. (Figura 11)

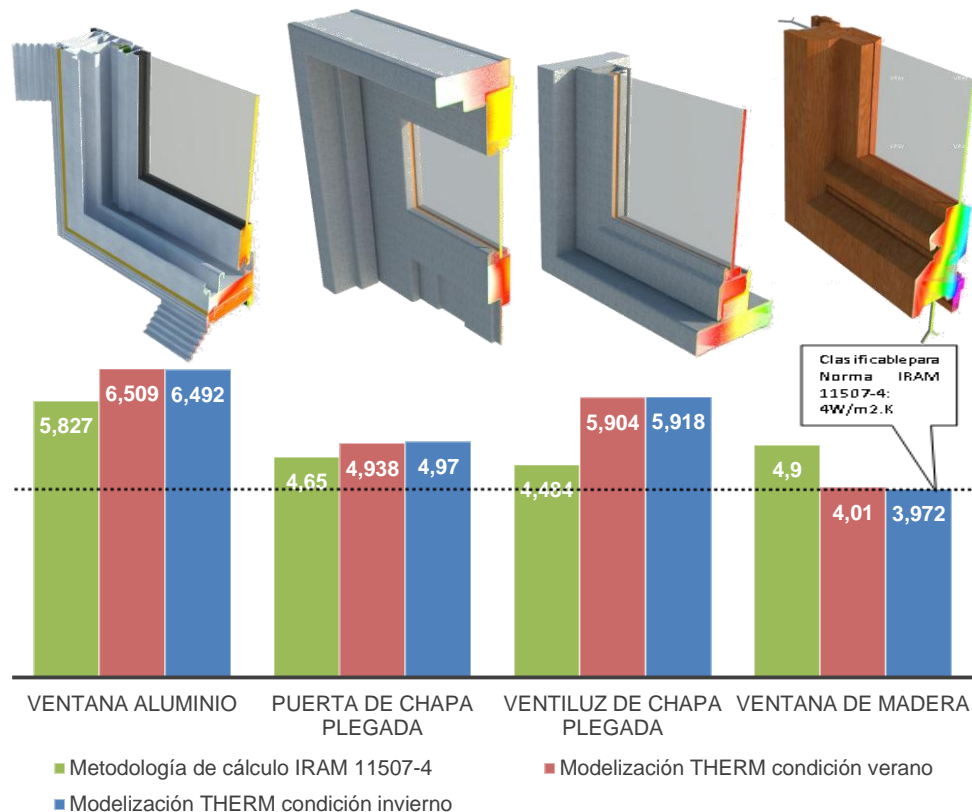


Figura 11: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre diferentes tipologías de carpinterías en su estado actual sin rehabilitaciones Fuente: Elaboración propia

Pudiéndose destacar, que las carpinterías de aluminio generalmente son utilizadas en los edificios públicos como instituciones, entes, etc., también en comercios, y proyectos de vivienda pertenecientes a la operatoria PROCREAR. Las de chapa plegada son muy utilizadas en las viviendas FONAVI construidas por el INVICO. Y las de madera se utilizan generalmente en el sector residencial privado, y viviendas sociales del IPDUV.

Es importante distinguir que el software THERM requería para las simulaciones, modelizar por separado las partes de una carpintería (dintel, antepecho, jambas, cruce central), resultando alrededor de 5 a 7 modelizaciones por tipología para una condición climática. Si consideramos que el objetivo de la investigación era estudiar su comportamiento higrotérmico, se hacía necesario por lo tanto modelizar para diferentes condiciones climáticas invierno – verano. Lo cual resultaba para 12 tipologías seleccionadas un total de 132 modelizaciones. Dado el inmenso número de modelizaciones necesario para obtener resultados significativos, fue necesario como se ha mencionado anteriormente, elegir una ciudad para cargar los supuestos de condiciones de entorno (Tabla 2, 3). Optándose por la ciudad de Resistencia, ya que a comparación de la ciudad de Corrientes sus temperaturas son más elevadas en verano (39,8°C Resistencia - 39,4°C Corrientes), y más inferiores en invierno (-1,8°C Resistencia - 0,20°C Corrientes). Además también en Resistencia los valores de incidencia de radiación solar directa son mayores (Resistencia 259,16W/m² – Corrientes 252,50W/m²).

Estipulándose de esta manera que las soluciones halladas y modelizadas podrían funcionar en climas similares como el de la ciudad de Corrientes, en donde las condiciones no son tan severas.

Tabla 2: Condiciones de entorno de la ciudad de Resistencia, Chaco: Verano, utilizadas en Software THERM 6.3 y WINDOW 6.3 Fuente: Elaboración propia

Verano			Fuente de datos
Temperatura interior	27 °C		Norma IRAM 11659
Coeficiente convectivo radiativo interior	8 W/m ² K		método Duffie y Beckman, 1991
Temperatura exterior mínima (TMÍN)	20,1 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior media (TMED)	26,1 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior máxima (TMÁX)	32,1 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior mínima absoluta (TMA)	41,6 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior de diseño máxima (TDMX)	39,8 °C		Norma IRAM 11603
Coeficiente convectivo radiativo exterior	11,46 W/m ² K		Método Duffie y Beckman, 1991, pag. 174,
Velocidad media del viento (VM)	9,3 Km/h	2,58 m/s	Norma IRAM 11603
Radiación solar directa mes diciembre	6,22 KWh/m ² /día	259,16 W/m ²	Nasa atmospheric science data center

Tabla 3: Condiciones de entorno de la ciudad de Resistencia, Chaco: Invierno, utilizadas en Software THERM 6.3 y WINDOW 6.3 Fuente: Elaboración propia

Invierno			Fuente de datos
Temperatura interior	22 °C		Norma IRAM 11605
Coeficiente convectivo radiativo interior	8 W/m ² K		método Duffie y Beckman, 1991
Temperatura exterior mínima (TMÍN)	10,9 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior media (TMED)	16,76 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior máxima (TMÁX)	22,5 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior mínima absoluta (TMA)	-4,7 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior de diseño mínima (TDMN)	-1,8 °C		Norma IRAM 11603
Coeficiente convectivo radiativo exterior	11,91 W/m ² K		Método Duffie y Beckman, 1991, pag. 174,
Velocidad media del viento (VM)	10 Km/h	2,78 m/s	Norma IRAM 11603
Radiación solar directa mes septiembre	5,26 KWh/m ² /día	219,16 W/m ²	Nasa atmospheric science data center

A partir de estas tipologías detectadas, y sus deficientes condiciones higrotérmicas, se propusieron las siguientes soluciones tecnológicas constructivas de rehabilitación térmica.

- **Grupo A: Carpinterías de aluminio**

-Recambio de carpinterías con perfilería de aluminio estándar por carpinterías con perfilería de ruptura de puente térmico ($3,338W/m^2K$) (Figura 12)

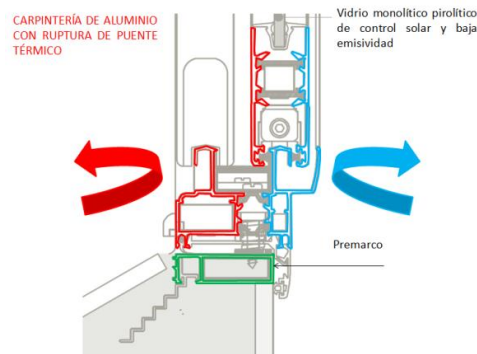


Figura 12: Carpintería de aluminio con ruptura de puente térmico y recambio de vidrio Fuente: Elaboración propia

-Inyección de espuma de poliuretano en espacios vacíos de perfiles de bastidores de la carpintería. ($3,117W/m^2K$) (Figura 13)

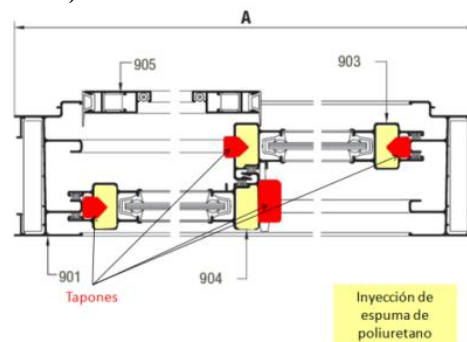


Figura 13: Carpintería de aluminio con inyección de espuma de poliuretano y recambio de vidrio Fuente: Elaboración propia

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar, como vidrio monolítico reflectivo pirolítico de control solar y baja emisividad 6mm, y vidrio monolítico pirolítico de control solar y baja emisividad 6mm.

-Recambio de carpinterías con perfilería de aluminio estándar por carpinterías con perfilería de ruptura de puente térmico y sistema de DVH incorporado. ($2,086W/m^2K$) (Figura 14)

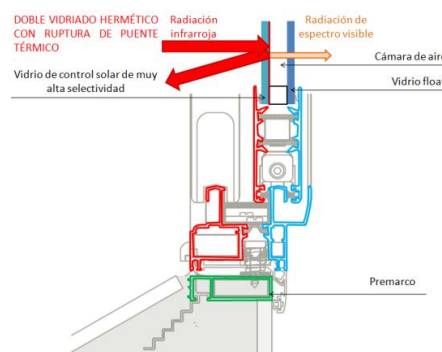


Figura 14: Carpintería de aluminio con doble vidriado hermético y ruptura de puente térmico Fuente: Elaboración propia

-Contraventana exterior corrediza con policarbonato alveolar cristal. ($1,556\text{W/m}^2\text{K}$) (Figura 15)

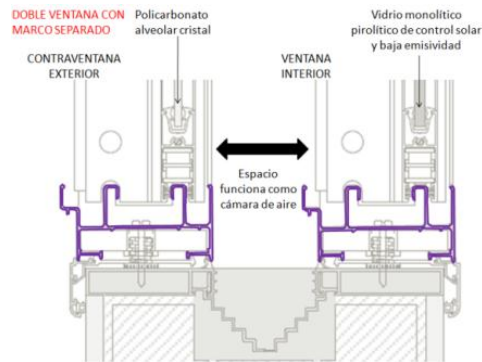


Figura 15: Carpintería de aluminio con contraventana exterior Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la figura 16, existieron unas notables diferencias de resultados entre las diferentes metodologías aplicadas. Los resultados arrojados por las modelizaciones fueron entre un 34% y un 80%, mayor que los calculados por metodología IRAM 11507-4. Afectando los niveles de clasificación de las propuestas de rehabilitación, incluso llegando a transformarse algunas en inclasificables.

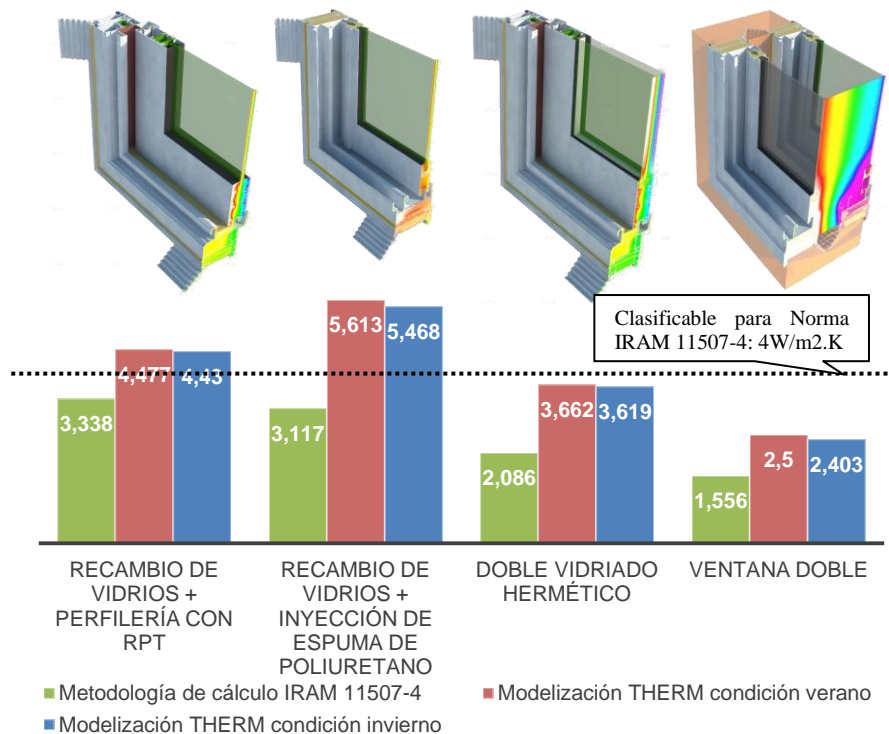


Figura 16: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo A: carpinterías de aluminio. Fuente: Elaboración propia

Si tenemos en cuenta que para el cálculo de la transmitancia térmica media ponderada de la carpintería, en ambas metodologías los valores de transmitancia térmica de la parte vidriada fueron los mismos, se podría elucubrar que la diferencia predominante se encontraba en la perfilería.

Otro aspecto a destacar, es la vital importancia de la ruptura del puente térmico, ya sea mediante material aislante o aire. Pero no sólo en el marco, sino también en el vidriado, o en la medida de las posibilidades en toda la carpintería, como sería el caso de las ventanas dobles en su situación cerrada. Porque de esta manera se impide que el flujo de calor se propague y llegue de una cara a la otra, ya sea por conducción, transmisión o convección.

- **Grupo B: Carpinterías de chapa plegada**

-Inyección de espuma de poliuretano en perfilería de los bastidores y superficie opaca de la carpintería. ($1,489W/m^2K$) (Figura 17)

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar.

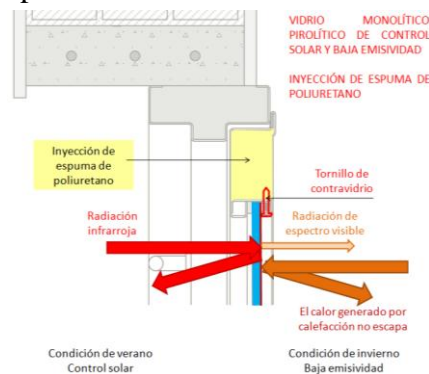


Figura 17: Marco de chapa plegada con inyección de espuma de poliuretano, y vidrio pirolítico.

Fuente: Elaboración propia

En este grupo de carpinterías se volvió a constatar que los valores de transmitancia térmica hallados en las modelizaciones fueron entre un 110% y 118%, mayores que los calculados por metodología IRAM 11507-4. (Figura 18) Nuevamente la diferencia predominante se encontró en los valores de la perfilería. Pudiéndose observar que en el caso de la rehabilitación térmica del ventiluz, no funcionó la inyección de espuma de poliuretano, ya que no logró romper el puente térmico. Si se apreció una leve mejoría en el área vidriada.

En cuanto a la rehabilitación de la puerta, la inyección de espuma de poliuretano funcionó sólo en los paños opacos ubicados en los 2 tercios inferiores de la puerta, no ocurriendo esto en la sección del dintel o del divisor entre el paño vidriado y el paño opaco. Esto pudo deberse, a que en los paños opacos fue necesario proponer chapas lisas que cubrieran la espuma de poliuretano, para no dejarla a la intemperie y a la vista. Conformándose de esta manera un panel sándwich de mayor aislación térmica.

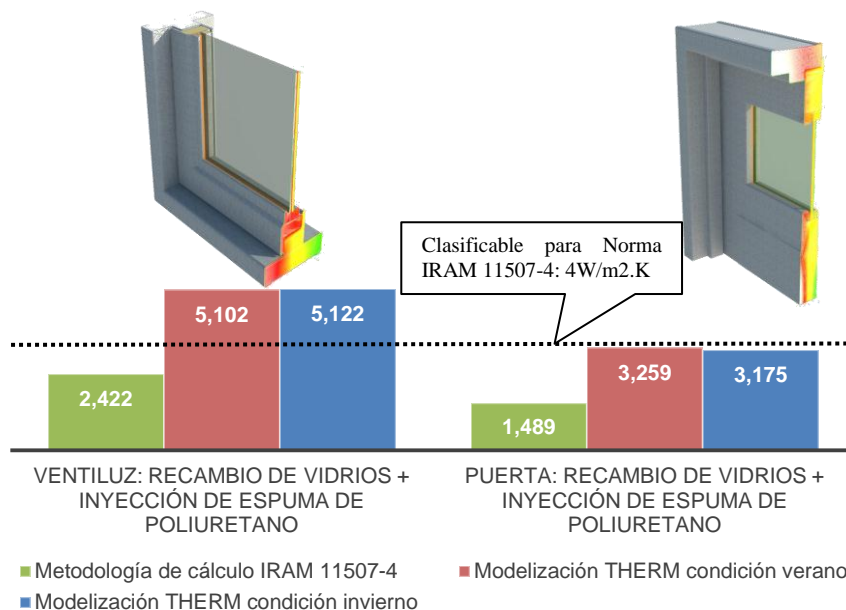


Figura 18: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo B: carpinterías de chapa plegada Fuente: Elaboración propia

- Grupo C: Carpinterías de madera

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar. ($3,547W/m^2K$) (Figura 19)

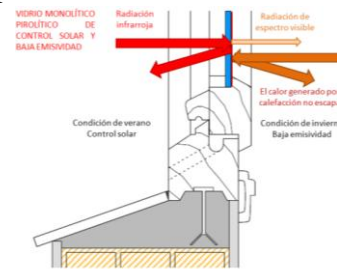


Figura 19: Carpintería de madera con recambio de vidrio Fuente: Elaboración propia

-Postigones o contraventanas exteriores con celosías de abrir a batiente. ($1,928W/m^2K$) (Figura 20)

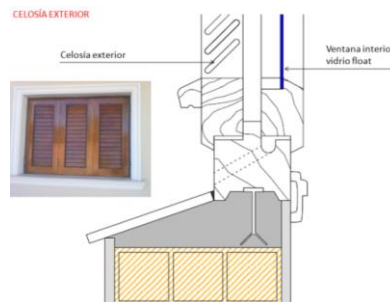


Figura 20: Carpintería de madera con postigones exteriores Fuente: Elaboración propia

En este grupo de carpinterías por primera vez se hallaron valores de transmitancia térmica de modelizaciones menores (11%) que los hallados por metodología IRAM 11507-4. (Figura 21) Esto pudo deberse a que los valores de la perfilería calculados por el software THERM fueron más bajos que los calculados por metodología IRAM. También se debe considerar que la conductividad térmica de la madera es un valor bajo $0.34W/m.K$, lo cual influyó en las modelizaciones de la carpintería. Luego se observa, que en la propuesta de celosías de madera los valores volvieron a ser más altos 29%, no existe aquí una respuesta fehaciente sobre el porqué de estos resultados. Pudo deberse a diferencias en metodologías de cálculo adoptadas para calcular ventanas dobles. Siendo que en la norma IRAM, se consideró la resistencia térmica de la ventana y la contraventana, sumado a la diferencia de resistencias superficiales externa e interna. En cambio el software THERM se calculó la transmitancia térmica de la celosía y el vidrio, considerándolo como un sistema de acristalamiento.

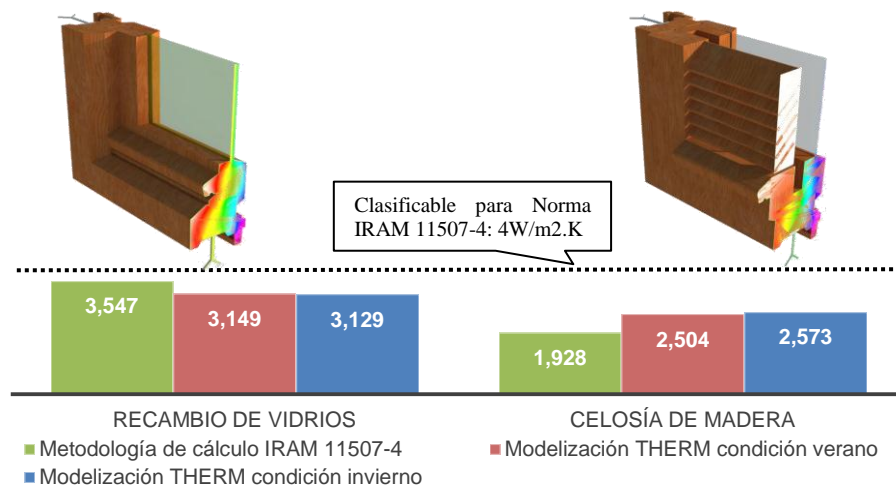


Figura 21: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo C: carpinterías de madera Fuente: Elaboración propia

Es así que mediante la rehabilitación energética de las carpinterías se podrían obtener los beneficios detallados en la tabla 4.

Tabla 4: Beneficios de la rehabilitación energética de las carpinterías. Fuente: Elaboración propia

	Grupo A Aluminio	Grupo B Chapa plegada	Grupo C Madera
Transmitancia térmica	1.556-3.338W/m2.K	1.489-2.422 W/m2.K	1.928-3.547W/m2.K
Clasificación para norma IRAM 11507-4	K3-K5	K2-K4	K3-K5
Ahorro en refrigeración mensual	28-30%	1.2-12%	35-48%
Ahorro en calefacción mensual	7-13%	0.3-4 %	5-11%
Ahorro en climatización anual	22-25%	1-10 %	27-38%
Ahorro en electricidad mensual en verano	20-22%	1-9 %	25-34%
Ahorro en electricidad mensual en invierno	3-5%	0.001-1%	2-4%
Ahorro en consumo total de electricidad anual	8%	0.4-4%	10-14%
Ahorro en reducciones de emisiones de CO₂	8-9%	0.4-4%	10-14%
Ahorro en tarifa	19-21%	1-8%	24-33 %
Amortización de (con subsidio):	0.6-1.9años	1-2años	0.2-0.4años
Amortización de (sin subsidio)	0.4-1.1años	0.6-1.2años	0.1-0.2años

Para el cálculo del ahorro energético se tomaron como supuestos una vivienda de 3 dormitorios modelo PROCREAR contemporánea región NEA, que posee 5 ventanas (tipologías de aluminio o de madera), 1 ventiluz y 2 puertas (tipologías de chapa plegada), orientadas todas al oeste con radiación solar directa tomada a las 16hs. Suponiendo además que la carga térmica inicial de verano es de 9852,13W y la de invierno 2008,32Kw/h. Volumen a calefaccionar 206m³, grados días 298.

El consumo eléctrico se estimó en un promedio de 300Kwh mensuales, utilizándose como refrigeración un aire acondicionado capacidad de refrigeración de 2.67Kw, capacidad de calefacción 2.73Kw, consumo de refrigeración 0.83Kw, consumo de calefacción 0.8Kw y cantidad de horas promedio de uso diarias 8hs, anuales 500hs.

Al realizar un gráfico comparativo de los costos que implicaría rehabilitar térmicamente una carpintería (Figura 22). Se ha notado que en los tres grupos existen propuestas de bajo costo, accesibles, amortizables en un período no mayor a 2 años, incluso menores que la reposición por una carpintería nueva.

Se debe destacar que en el grupo de las carpinterías de aluminio, las soluciones son más caras, ya que las soluciones tecnológicas son más complejas, llevan materiales específicos como perfiles con ruptura de puente térmico, varillas de poliamida, sistema de acristalamiento dobles. Sin embargo su rendimiento energético es óptimo.

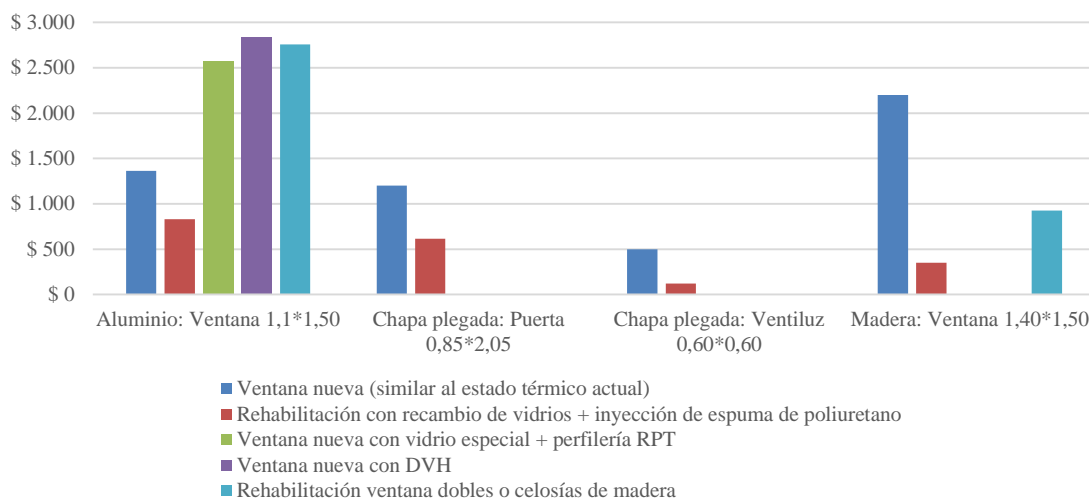


Figura 22: Comparativa de costos de rehabilitación Fuente: Elaboración propia

A modo de supuesto, estas propuestas de corrección de puentes térmicos para carpinterías, podrían implementarse en nuestra región de forma progresiva, efectuándose las siguientes actividades:

- Divulgar y difundir los resultados de la investigación, hacia la población demostrando los beneficios energéticos.
- Realizar pruebas pilotos sobre edificios públicos o prototipos de viviendas sociales, efectuando un seguimiento del comportamiento térmico de las carpinterías en la envolvente, durante un período de tiempo. Ya que no es lo mismo, resultados de datos calculados o modelizados en régimen estacionario, que resultados de mediciones variantes en el tiempo.
- Crear programas nacionales, provinciales o municipales de incentivo al ahorro energético, podrían ser bajas en los impuestos o en las tarifas de electricidad, lo cual requeriría un común acuerdo entre empresas prestatarias y el Estado.
- Crear normativa con carácter de ley que exija la consideración de la eficiencia energética edilicia, que se conforme de metodologías: de cálculo, de ensayos, de certificación y de etiquetado de carpinterías. La etiqueta de eficiencia energética debería abarcar todas las regiones bioambientales del país.
- Exigir (mediante ordenanzas municipales) como parte del pliego de toda obra nueva, ampliación, refacción, etc. Los cálculos de transmitancia térmica, su clasificación y etiqueta energética.
- Incorporar en el mercado de las carpinterías, el concepto de etiqueta energética como un plus de venta. De manera que el cliente posea un parámetro comparativo a la hora de elegir.

-Promulgar un plan estratégico a largo plazo que considere la implementación de la eficiencia energética edilicia, quizás por distritos de la ciudad, por sectores público, privado, o por años de antigüedad de las obras. De manera de realizar el plan por etapas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los software THERM y WINDOW son herramientas informáticas de gran utilidad para identificar los puentes térmicos de una carpintería, ya que grafican y calculan de forma precisa el flujo del calor. Sin embargo se requieren precauciones en la carga de las condiciones del entorno, los datos climáticos deben conocerse de antemano, los cuales en determinados casos son difíciles de hallar o estimar. También se debe tener cuidado en la elección de los materiales, y el detalle de sus propiedades térmicas, ya que si bien existe una base de datos, que incluso es actualizada permanentemente de forma online. Algunos de los materiales de dicha base de datos no se encuentran disponibles en el mercado local, o no poseen los mismos desempeños higrotérmicos que materiales locales. Por ejemplo: vidrios especiales de control solar, tipo de venecianas o cortinas de enrollar, sellantes o aislantes, gases de interiores de DVH.

A pesar de todas las precauciones mencionadas, que deben ser consideradas para obtener resultados fehacientes. Se puede destacar que los resultados de las modelizaciones en los software THERM y WINDOW han sido satisfactorios, ya que si bien difieren de los resultados obtenidos por metodología de cálculo IRAM 11507-4. Demuestran el real desempeño higrotérmico de las carpinterías. Se constató por ejemplo que la inyección de espuma de poliuretano no llega a ser efectiva si se rellenan en cavidades de perfilería aún conectadas en ambas caras de una carpintería (interior – exterior), porque el calor se transmite todavía a través de esa perfilería.

Es decir que se debe evitar que el calor llegue de una cara a la otra de la carpintería, en todas las secciones constituyentes, ya que si por ejemplo existe un doble vidriado pero el marco es de perfilería común, el calor se transmitirá a través del mismo. Por ello se citan como efectivos los marcos y bastidores con perfiles de ruptura de puente térmico, los paneles opacos tipo sándwich aislante, o los dobles o triples vidriados con características de protección solar.

Las ventanas dobles también son efectivas pero su estado de baja transmitancia térmica no es constante, ya que al abrir por ejemplo las celosías exteriores el calor vuelve a ingresar y transmitirse a través de las ventanas interiores.

Así también se debe destacar la importancia de la baja conductividad térmica de los materiales componentes del marco y los bastidores, por ello resultan más eficientes los de madera. Quedaría por investigar si son eficientes los de PVC, o los mixtos de PVC y madera, que auguran valores bajísimos de transmitancia térmica.

En cuanto a los vidrios, se pudo constatar que los de control solar y baja emisividad son muy útiles para prevenir el ingreso de la radiación solar. Impiden además el efecto invernadero en los espacios interiores en verano, y las pérdidas de calor generadas por calefacción en invierno.

Por lo tanto, si bien las condiciones actuales de las carpinterías de los edificios existentes en el NEA son deficientes, poseen elevados valores de transmitancia térmica. La rehabilitación térmica de carpinterías como hemos visto es factible y representa un beneficio energético y económico.

5. Referencias

- [1] Suárez, Betiana Rocío. Et al. (2015) *“Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológico-constructivas para su corrección”*. Secretaria General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Resistencia, Chaco, Argentina.
- [2] Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2010). Norma 11507-4. *“Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas Exteriores. Parte 4: Requisitos complementarios. Aislación térmica.”* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- [3] Lawrence Berkeley National Laboratory. (2014) *“THERM 6.3 / WINDOW 6.3 NFRC Simulation Manual”*. Berkeley, California.
- [4] Municipalidad de la Ciudad de Corrientes. (1986) *“Código de edificación de la ciudad de Corrientes”*. Ordenanza n° 1623/85 Boletín municipal n° 208. Corrientes, Argentina.
- [5] Municipalidad de la Ciudad de Resistencia. (1987) *“Reglamento General de Construcciones”*. Ordenanza n° 1681., Resistencia, Chaco, Argentina.
- [6] Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2001). Norma 11604. *“Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor, Cálculo y valores límites.”* IRAM, Buenos Aires, Argentina.
- [7] Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2007). Norma 11659-2. *“Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración.”* IRAM, Buenos Aires, Argentina.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA FLEX-FUEL EN EL NOROESTE ARGENTINO: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL BIOETANOL

Micaela Albornoz Iramain, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ingeniería, m.albornoziramain@gmail.com

María Florencia García Contreras, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ingeniería, mflorenciagc@gmail.com

Isabel Terán Bulacio, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ingeniería, isabelteranb@gmail.com

Gimena del Huerto Zamora Rueda, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, Facultad de Ingeniería, gimena.zamora@unsta.edu.ar

Resumen- Los combustibles fósiles y sus derivados, están presentando señales de agotamiento y se estima que a mediano plazo ya no será posible cubrir la demanda mundial. Entre las fuentes alternativas de origen renovable, se ha destacado el uso de etanol como biocombustible para ser utilizado en vehículos. Actualmente, en algunos países se están utilizando motores flexibles en vehículos que aceptan mezclas de combustibles derivados del petróleo y etanol, denominada tecnología flex-fuel. El presente trabajo tiene por objetivo el análisis y estudio de esta tecnología para su implementación en el Noroeste Argentino, teniendo como punto de partida la ciudad de Yerba Buena, en la provincia de Tucumán, como así también caracterizar el alcohol anhidro 100%, realizar una comparación con nafta y comparar al etanol con referencias bibliográficas. El análisis de bioetanol se obtuvieron siguientes valores promedio: contenido de agua de 0,522 % (g/100ml), densidad de 0,7913(g/ml), poder calorífico superior de 29.340(kJ/kg) y punto de inflamación de 13,25°C. Se puede concluir, en base a los antecedentes de la tecnología, los resultados obtenidos de la caracterización de bioetanol y la producción de este biocombustible en el NOA, resulta adecuada implementar la tecnología flex-fuel en la región. Esta tecnología puede ser una solución amigable con el medio ambiente para la crisis económica que presenta la industria azucarera.

Palabras claves: *etanol, flex fuel, biocombustible.*

1. Introducción

Los combustibles fósiles y sus derivados, como fuente de energía no renovable, están presentando señales de agotamiento y se estima que a mediano plazo ya no será posible cubrir la demanda mundial. Según el último informe presentado por Respsol [1], los combustibles fósiles tiene un peso significativo, en la matriz mundial energética. En particular el 31% de la energía proviene del petróleo, el 10% proviene de biomasa y el 1% a otras fuentes de energías

renovables. En base a las perspectivas propuestas por la Agencia Internacional de Energía, en los próximos años se espera una disminución de cinco puntos de la dependencia del petróleo y un aumento de cuatro puntos en la dependencia de energías renovables y de biomasa.

A su vez, según las últimas estadísticas presentadas por Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina [2], se ve reflejada la misma dependencia de los combustibles fósiles con una participación del 36,7%, en la matriz energética del país. Esto lleva a nuestro país a realizar grandes esfuerzos por contrarrestar esta problemática. Una alternativa es el uso de fuentes de energías renovables, entre las cuales se destaca los biocombustibles líquidos que en el último periodo incrementó un 10% respecto del año anterior.

Los ingenios correspondientes a la región del NOA, son los grandes productores de bioetanol a partir de la caña de azúcar, esto se ve reflejado en la última estadística de zafra 2015 presentado por el Centro Azucarero Argentino [3], donde informa que, de los 15 ingenios tucumanos se producen un total de 1.409.485 toneladas métrica de valor crudo de azúcar y el total de toneladas métrica de valor crudo de azúcar correspondiente a los cuatro ingenios restantes del NOA fue de 2.174.975. A su vez, es de conocimiento general, que la industria azucarera pudo superar la crisis ocasionada por el bajo precio del producto interno. Por lo que, este año, se presenta un gran desafío para la industria azucarera y sucro-alcoholera de poder ingresar en el Programa Nacional de Biocombustible con el subproducto etanol, el cual, se incrementó en un 12% de corte en las naftas en este año, y al mismo tiempo, este programa requiere la venta del etanol interno. Además, la ley provincial N°8054 junto a las leyes nacionales N° 26.093 y 26.694 promueven el desarrollo de la producción de bioetanol combustible elaborados a partir de la caña de azúcar y contribuir al desarrollo económico de la actividad sucro- alcoholera y a una producción ambientalmente sustentable. Según las estadísticas presentadas por el Ministerio de Energía y Minería de la Argentina, existen siete empresas que contribuyen a la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar, de las cuales, cinco empresas pertenecen a Tucumán. La producción de bioetanol a partir de caña de azúcar en el 2015 fue de 336.144 m³, este valor representa un aumento del 36.280 m³ más con respecto al 2014.

Entre los beneficios y ventajas del uso del bioetanol como combustible podemos mencionar que:

- Es de origen renovable,
- Puede ser producido en los países azucareros,
- Permite disminuir la dependencia de petróleo,
- Mejora la seguridad energética de los países,
- Es más barato el costo de producción que la gasolina,
- Es oxigenante,
- Mejora el octanaje,
- Es beneficioso a nivel ambiental, ya que disminuye la contaminación y a reducir los gases causantes del efecto invernadero,
- Se pudo atribuir que este biocombustible actúa como anticongelante en los motores, mejorando en arranque del motor en frío y previniendo el congelamiento. Según IICA, 2007 [4].

La tecnología flex- fuel surgió a partir de la investigación realizada en los Estados Unidos, Europa y Japón a finales de los 80, animado por la necesidad de resolver el problema de la falta de infraestructura de abastecimiento de etanol en estos países.

Los vehículos de combustible flex-fuel almacenan dos combustibles mezclados en el mismo tanque de depósito y se basan en sistemas desarrollados específicamente para dos

combustibles, que abastecen ambos combustibles dentro de la cámara de combustión al mismo tiempo en proporciones variables de cada combustible. Los dos combustibles utilizados en los vehículos flex-fuel disponibles comercialmente son la nafta sin plomo y el etanol. Los vehículos flex-fuel a etanol pueden operar con nafta pura, etanol puro (E100) o cualquier combinación de los dos combustibles según USA Department of Energy[5].

El sistema está equipado por un motor que opera en el ciclo termodinámico Otto (igual que el ciclo del sistema convencional) y componentes capaces de reconocer (usando sensores) y ajustar automáticamente las funciones de gestión del motor para cualquier relación de mezcla de alcohol y la gasolina en el tanque, que no requiere la interferencia del conductor.

Por último, en Tucumán, podemos mencionar que en los años 80, se impulsó la iniciativa de utilizar al etanol como biocombustible, el cual, implementó un gran proyecto, denominado ALCONAFTA, que según expertos del medio, era de gran envergadura y ambición tecnológica, pero este se vio truncado debido a la escasez de materia prima ocasionado por las sequías y a la quita de incentivos. En la actualidad, uno de los ingenios tucumanos posee dos autos a prueba que están funcionando con esta tecnología, a fin de analizar su uso, adaptación e implementación.

Se presentan a continuación antecedentes sobre el uso del alcohol como combustible y tecnología flex-fuel:

- Investigadores mexicanos realizaron análisis propiedades físico químicas de diesel y gasoil y lo readaptaron para el etanol, en este estudio se realizaron análisis del número de octano, número de cetano, presión de vapor y poder calorífico para muestras de mezcla de gasolina, diesel y etanol anhidro de 10% y 15% y la estabilidad de las mezclas formuladas con estos datos se estimaron los valores de CO₂, un parámetro importante que permitió conocer las emisiones provocadas en el medio ambiente. Catillo- Hernández *et al*, 2012[6].
- El estudio de la combustión de un motor mono cilíndrico de ignición alimentado con mezclas gasolina- etanol anhidro e hidratado a distintas concentraciones fue la tesis de grado presentado por Camarillo Montero, 2011[7] en la Universidad Veracruzana en México, en la misma se realizaron pruebas de miscibilidad, densidad relativa, relación estequiometría Aire/ Combustible, olor, aspecto físico para la obtención de la caracterización físico- química de mezclas gasolina- etanol hidratado y anhidro. Asimismo, se midió la temperatura del aire de admisión y los gases de escape junto con la potencia indicada. Como resultado de las mezclas realizadas (E20 y H20), se pudo concluir que presentó mejores resultados en el análisis de los gases de escape, reduciendo notablemente las emisiones de CO (4-6%), HC (3-9%) y NO_x (8-9%), respectivamente, manteniéndose prácticamente constante la emisión de CO₂ (reducciones menores al 1%).
- Entre las investigaciones realizadas por Brasil, cabe destacar estudios realizados por el Instituto Politécnico de Rio de Janeiro en donde presenta el estudio y la evaluación de la tecnología flex- fuel, sus ventajas y desventajas frente a los vehículos existentes en el medio. Alabani Siqueira, *et al.*, 2004. [8]
- Por otro lado, la nota técnica presentado por Ribeiro Lima, 2009 [9] trata sobre la demanda de etanol y los antecedentes de la tecnología flex-fuel, como así también, el mercado del mismo. Esta nota destaca que ya se habían vendido a la fecha 7 millones de vehículos de combustible flexible en Brasil, y que aproximadamente el 30% de la flota es nacional. Se prevé en el futuro, que esta tecnología pueda estar presente en todo el autoparte.

- Una empresa a destacar es la que se encuentra en México llamada Flex Fuel International TM [10] dedicada a la comercialización de productos ecológicos de transformación de materia prima para la producción de etanol, el uso de combustibles alternativos, la producción de energía limpia y el reúso de biomasa. Lo más importante y destacable es que convierte el auto naftero en uno con la tecnología flexible. La consulta realizada a este empresa, aportó el precio del kit, que se encuentra alrededor de USD 349, en este precio no está incluido el flete, este kit tiene la ventaja que puede utilizar mezclas de etanol, metanol y gasolina en un 20 hasta un 10%, y el rendimiento del mismo varia con la mezcla y el tipo de manejo.
- En Argentina, existió un proceso de desarrollo y uso, iniciando en 1922 y concluido aproximadamente en 1989, denominado ALCONAFTA, cuyos principales acontecimiento fueron: experiencias en un auto Ford T, con una mezcla combustible llamada Giacosa (15% de petróleo crudo, el 5% de metileno y el 80% restante alcohol). En el año 1981 en Tucumán, bajo la dirección del Dr. Bustos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, se promovió el planalconafta con la venta masiva de la mezcla (12% etanol y el resto nafta común, lo que da por resultado un combustible capaz de reemplazar totalmente la nafta. La última etapa proponía producir 410 millones de litros por año de alcohol anhidro. Pero para ello, se necesitaba inversiones para posibilitar el aumento en la molienda, destilación, deshidratación, y producción de ateria prima, que nunca se llevaron a cabo. Solari, *et al.*, 2007[11]. En la actualidad, uno de los ingenios tucumanos posee dos autos a prueba que están funcionando con esta tecnología, a fin de analizar su uso, adaptación e implementación.

Se propone utilizar el alcohol anhidro 100%, ya que es de conocimiento actual que la industria azucarera está tratando de salir de la crisis del azúcar debido a los bajos precios de la misma, por lo cual, se trató de buscar una posible solución con la implementación de esta tecnología y principalmente ya que se utiliza materia prima de la región y fuente de energía renovable como ser el bioetanol.

El presente trabajo tiene por objetivo el análisis y estudio de esta tecnología para su implementación en el Noroeste Argentino, teniendo como punto de partida la ciudad de Yerba Buena, en la provincia de Tucumán, como así también caracterizar el alcohol anhidro 100%, realizar una comparación con nafta y comparar al etanol con referencias bibliografías.

2. Materiales y Métodos

2.1 Caracterización del alcohol anhidro en comparación con naftas de Tucumán

En este estudio se trabajó con muestras de etanol de caña de azúcar (alcohol anhidro) de Tucumán y muestra de nafta de YPF. Para caracterizar al etanol y la nafta se realizaron las siguientes determinaciones:

- Determinación del contenido de agua en muestras de combustibles líquidos, en base a la norma ASTM D6304-06 (ASTMD 6304-06,2006) [12].
- Determinación de la densidad a 15°C en muestras de combustibles líquidos, según la norma ASTM D 4052-95 (ASTMD4052-96,1995) [13].
- Determinación del poder calorífico superior en muestras de combustibles líquidos, siguiendo la norma ASTM D2015-96 (ASTM D2015-96,1996) [14].
- Determinación del punto de inflamación en muestras de combustibles líquidos, en base a la normaASTM D93 -02 (ASTM D93-02,2002) [15].

2.2 Comparación del alcohol anhidro tucumano con alcoholes de otros países

En esta sección, se tendrá en cuenta, los resultados de la caracterización del alcohol anhidro de este estudio y resultados de bioetanol de autores de otros países. Analizando si nuestro combustible presenta características similares a los alcoholes de otras investigaciones, en donde ya se encuentra implementada la tecnología flex-fuel.

3. Resultados y Discusión

3.1. Caracterización del alcohol anhidro 100% en comparación con naftas de Tucumán

Los resultados obtenidos de la caracterización del alcohol anhidro en comparación con naftas de Tucumán, se muestran en la Tabla 1. Los valores del contenido de agua en alcohol anhidro fue de 0,52 % (g/100ml). La diferencia entre los valores de densidad entre alcohol anhidro y nafta es de 0,051(g/ml) , donde se puede apreciar que la densidad del alcohol resulta mayor, mientras que en el caso del poder calorífico superior en muestras alcohol es de 29.340 (kJ/kg), y para la nafta de 41.160 (kJ/kg), lo cual, me indica la cantidad de energía aportado por la nafta en unidades de masa es mayor para la nafta, no obstante, la energía aportada por unidad volumen resulta más beneficioso para el bioetanol. En cuanto a los resultados del punto de inflamación presenta el alcohol anhidro un valor de 13,25 °C, mientras que la nafta resulta de -2°C. Estos datos se encuentran en igual orden de magnitud que los observados en la ficha técnica [16,17] para respectivos combustibles.

Tabla 1: Caracterización del alcohol anhidro y naftas de Tucumán.

Determinaciones	Alcohol anhidro	Nafta
Contenido de agua % (g/100ml)	0,522	-
Densidad a 15°C (g/ml)	0,791	0,740
Poder calorífico superior (kJ/kg)	29.340	41.160
Punto de inflamación (°C)	13,250	-2,000

Fuente: Elaboración propia

3.2. Comparación del alcohol anhidro tucumano con otros autores

En la Tabla 2 se presentan los valores de alcohol anhidro referido a diferentes autores en comparación a los valores promedios obtenidos en nuestro estudio. Se puede observar que la densidad del alcohol de nuestro estudio presenta valores muy próximos a los informados por Horta Nogueira, *et al.*, 2008 [18] y Cortes Marin, *et al.*, 2008 [19]. La solubilidad del agua en este combustible es totalmente miscible como lo informado por los diferentes autores. Con respecto al contenido de agua, el alcohol, en este estudio, presentó aproximadamente 0,11 puntos más que lo informado por Torres, *et al.*, 2002 [20]. En relación al poder calorífico superior, el bioetanol analizado, presentó un promedio de 29.340 (kJ/kg), el mismo, se encuentra en igual orden de magnitud que lo ensayo por Cáceres Olivero, *et al.*, 2007[21] y Torres, *et al.*, 2002 y con valor superior a lo informado por Cortes Marin, *et al.*, 2008 y Horta Nogueira, *et al.*, 2008.

Tabla 2: Características de alcohol anhidro de diferentes fuentes bibliográficas.

Determinaciones	Cáceres Olivero, <i>et al.</i> , 2007	Horta Nogueira, <i>et al.</i> , 2008	Cortes Marin, <i>et al.</i> , 2008	Torres, <i>et al.</i> , 2002	Nuestro Estudio
Densidad a 15°C (g/ml)	0,7943	0,7920	0,7920	0,7900	0,7913
Solubilidad con agua	Totalmente miscible	Totalmente miscible	Totalmente miscible	Totalmente miscible	Totalmente miscible
Agua %(g/100ml)	-	-	-	0,4083	0,522
Poder calorífico superior (kJ/kg)	29.054	28.225	26.700	29.620	29.340

Fuente: Elaboración Propia

4. Conclusiones y recomendaciones

La caracterización del alcohol anhidro 100% resultó con valores congruentes comparados con las fichas técnicas, que la avalan como combustible para ser utilizado en vehículos. El bioetanol presentó en promedio los siguientes valores: contenido de agua 0,522 % (g/100ml), densidad a 15°C de 0,7913(g/ml), poder calorífico superior de 29.340 (kJ/kg) y punto de inflamación de 13,25°C.

En cuanto a la comparación de este combustible con la nafta, podemos concluir que, la cantidad de energía aportado por la nafta en unidades de masa es mayor para la nafta de 41.160(kJ/kg) en comparación con el alcohol que fue de 29.340(kJ/kg), no obstante, la energía aportada por unidad volumen resulta más beneficioso para el bioetanol, según lo consultado a expertos del ingenio que trabajan con autos en esta tecnología.

En relación a la comparación del combustible estudio, con otros autores de diferentes países que ya implementaron esta tecnología, se puede concluir que presenta valores en igual orden de magnitud que lo informado por Cáceres Olivero, *et al.*, 2007; Horta Nogueira, *et al.*, 2008; Cortes Marin, *et al.*, 2008 y Torres, *et al.*, 2002, por lo que, respalda el uso del alcohol anhidro como biocombustible.

Por último, cabe destacar, que los ingenios que aportan en mayor cantidad a la producción de bioetanol son los de la región del NOA, con valores 336.144 m³ de biocombustible en el 2015, lo cual, indica que tendremos la cantidad necesaria de este combustible para ser usado en los vehículos.

A futuro, se propone continuar con las investigaciones para analizar y caracterizar mezclas de alcohol con gasolina y naftas, para optimizar dichas mezclas. Como así, también analizar la implementación de esta tecnología en transportes públicos.

5. Bibliografía

- [1] Informe Matriz Energética Mundial. Elaborado por Repsol y Agencia Internacional de Energía. (2013). Disponible en: https://www.repsol.com/es_es/corporacion/conocer-repsol/contexto-energetico/matriz-energetica-mundial/
- [2] Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina- Estadísticas de biocombustibles (2016). Disponible en <https://www.minem.gob.ar/>

- [3] Centro Azucarero Argentino – Estadísticas zafra azucarera 2015. (2015). Disponible en <http://www.centroazucarero.com.ar>
- [4] Informe del Atlas de la Agro energía y los Biocombustibles en las Américas (IICA).(2007)San José, Costa Rica: Sede Central del IICA.
- [5] Inform Technical: Vehicle Technologies Program. (2011). Energy Efficiency and Renewable Energy. Elaborate to NREL(National Renewable Energy) in Department of Energy. U. S.
- [6] Castillo- Hernández, P.; Mendoza- Domínguez, A. y Caballero- Mata, P. (2012). Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicano reformulado con etanol. Departamento de Ingeniería Química Tecnológico de Monterrey. Revista Ingeniería Investigación y Tecnología. México,v.XIII, n.3. p. 293-306.
- [7] Camarillo Montero, J.A. (2011). Estudio de la combustión de un motor mono cilíndrico de ignición alimentado con mezclas gasolina- etanol anhidro e hidratado a distintas concentraciones. Tesis de grado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Veracruzana. México.
- [8] Albani Siqueira, D ;Albani Siqueira, A. (2004). Estudo e Avaliação da Tecnologia Flex Fuel. XI CREEM .Instituto Politécnico, IPRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.
- [9] Ribeiro Lima, P.C.2009. Nota Técnica: OS CARROS FLEX FUEL NO BRASIL. Brasilia, Brasil.
- [10] Empresa Flex Fuel México International TM. Disponible en <http://www.fuelflexmexico.com.mx>
- [11] Solari, A; Gosi, J.; Maydana, J. (2007). Desarrollo de la Bioenergía en Argentina. Observatorio de las políticas públicas. Disponible en http://www.sgp.gov.ar/contenidos/ag/paginas/opp/docs/2007/16_OPP_2007_BIOCOMBUSTIBLES.pdf
- [12] ASTM D 6304-07 (2007). Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer
- [13] ASTM D4052- 95. (1995). Standard Test Method for Density and relative density of liquid by digital density meter
- [14]. ASTM D2015-96. (1996). Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter
- [15] ASTM D93 -02 (2002)Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester.
- [16]Ficha técnica de seguridad de etanol.(2012). Disponible en <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/12etanol.pdf>
- [17] Ficha técnica de combustibles automotor. (2015). Disponible en <http://www.ypf.com/ProductosServicios/Documents/Nafta-Super.pdf>
- [18] Horta Nogueira,L.A.; Abel Seabra,J.E; Best,G.; Verde Leal,M.R. y Khaled Poppe, M.(2008).Bioetanol de caña de azúcar- energía para el desarrollo sostenible.1ªEdicion. Rio de Janeiro.
- [19] Cortes Marín, E.; González Sánchez, H. y Álvarez Mejía, F. (2008).Colombia en la era del alcohol carburante. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, Colombia, v. 3, n. 2, pp. 120-132.
- [20] Torres, J.; Molina, Daniel M.; Pinto, C. y Rueda, F.(2002). Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades físico químicas. Revista Ciencia, Tecnología y Futuro, Colombia, v.2, n.3, pp 71-82.
- [21] Cáceres Oliveros, K.K. y Galezo Quinteros, J.(2007). Caracterización y análisis de mezclas de gasolina con el 20% de etanol (E20). Tesis de grado de la Universidad de

Santader. Facultad de Ingenierías Físico- Químicas. Escuela de Ingeniería Química
Bucaramanga, Colombia.



DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN COLECTOR DISCO PARABÓLICO

Dario Hernán Panaroni, CIC, dario.panaroni@gmail.com

Luis César Martorelli, Universidad Nacional de La Plata - CIC, lmoptica@yahoo.com.ar

Mayra Nahir Mujica, Universidad Nacional de La Plata, may.lp93@hotmail.com

Mercedes Abal Matos, Universidad Nacional de La Plata, morsis.93@gmail.com

Resumen— Actualmente los métodos de determinación de la eficiencia de concentradores tipo disco parabólico en energía solar térmica, se realizan evaluando por separado las absorbancia y reflectancia de los materiales ópticos del instrumento; conjuntamente con un análisis de la eficiencia óptica del sistema, pero no se contaba con un método más simple con el cual evaluar el conjunto de las variables.

En nuestro laboratorio de óptica (FCAG-UNLP) se construyeron diversos prototipos de concentradores tipo disco parabólico, compuestos por facetas planas, que alineadas de la forma correcta asemejan a una superficie parabólica. Éstas resultaban complicadas de tipificar por los métodos de análisis usados en otros colectores debido a su particular construcción. Ante esta situación se desarrolló un método empírico con el cual observar y medir la eficiencia total del artefacto.

En el presente trabajo se aborda la problemática descrita y se elabora un método experimental utilizando un calorímetro con el que mide la potencia entregada por la fuente solar; conjuntamente se analizan los datos meteorológicos junto con las pérdidas térmicas cuantificadas, logrando obtener una medida de la eficiencia del sistema.

Palabras clave— *energía solar de alta concentración, disco parabólico, eficiencia, heliotérmica.*

1. Introducción

El método de análisis investigado en el presente documento fue realizado para un colector disco parabólico que consta, principalmente, de una superficie reflectante conformada por un paraboloide de revolución o una aproximación del mismo. Cuando el eje óptico del colector se alinea con el Sol, los rayos incidentes se reflejan hacia una misma zona focal generando un área de gran concentración energética, en donde se alcanzan intensidades muy altas. (Con temperaturas desde los 400 °C hasta los 2000 °C)^[1]

Esta tecnología tienen diversas aplicaciones que se basan en la utilización de la energía térmica obtenida en la zona focal del instrumento, entre ellas se encuentran los hornos culinarios, hornos metalúrgicos, calentadores de agua, y producción de energía eléctrica a través de turbinas, motores a vapor, o del tipo Stirling.

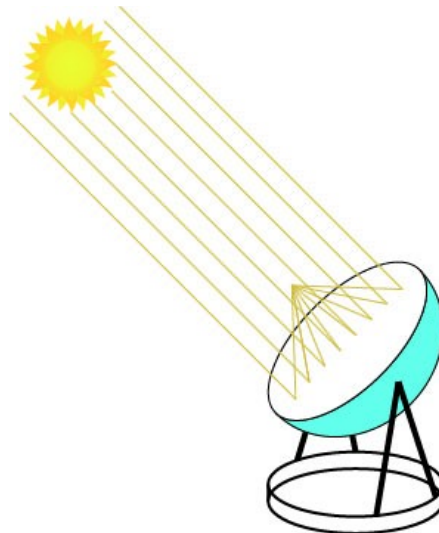


Figura 1. Esquema de la concentración de los rayos en un disco parabólico.
Elaboración Propia

La superficie del disco parabólico puede aproximarse de diversas formas, desde la simplificación de la cónica de revolución, pudiendo reemplazarse, por ejemplo, por una geometría esférica, hasta una suma de superficies que en el conjunto aproximan a la misma. Cuanto mejor sea la aproximación, mayor será la relación de concentración (R_{cr}).^[1]

$$R_{cr} = A_1 / A_2 \quad (1)$$

Donde A_1 es el área de apertura del colector principal, y A_2 es el área del plano focal de concentración. Esta relación denota cuánto se concentra la intensidad de energía en el foco del instrumento y tiene como máximo teórico de 11500, aunque en la práctica estos valores suelen encontrarse entre los 1000 y 4000.^{[1][4][5]}



Figura 2. Prototipo óptico de Concentración (CO1) desarrollado en el LOCE-UNLP.
Elaboración propia

Esta razón de concentración disminuye considerablemente si el colector no se encuentra correctamente alineado con la posición solar, y al disminuir ésta también lo hace la energía sobre la zona focal, generando un mal funcionamiento del artefacto.^[4]

Esta orientación, en nuestro sistema, será definida por los ángulos azimuth y altitud, los cuales pueden ajustarse mediante un sistema de rotación y elevación, denominado altazimutal, sobre el cual está colocado el disco parabólico (**Figura 2**).

En el laboratorio de óptica se fabricaron dos prototipos, el Concentrador Óptico 1 - CO1 y el Concentrador Óptico 2 - CO2, diferenciados solamente en la cónica de revolución construida sobre la superficie de vidrio concentradora y el tamaño de los espejos utilizados^{[2][3][4]}. Para ello se utilizó un programa de diseño óptico (ZEMAX-EE Optical Desing Program 2005). Se siguió el principio de trazado de rayos y el análisis de las principales aberraciones geométricas que en el plano focal pudieran tener injerencia, especialmente en la distribución de la energía solar que afecta en mayor o menor medida la generación de temperatura y aumento de la radiación en ese plano focal.

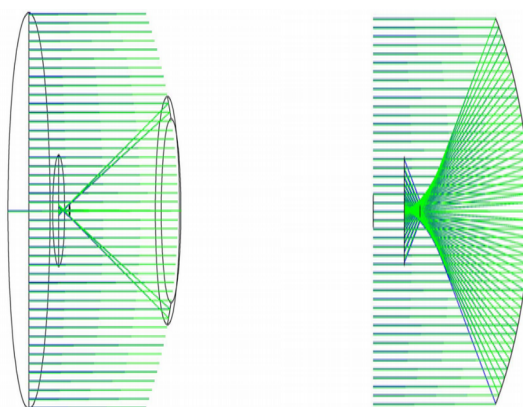


Figura 3.
Elaboración propia

El sistema CO1 se aproximaba a una esfera y con un círculo de máxima concentración teórico del orden de 130 mm de diámetro (**Figura 3**, izquierda) y el CO2 con un círculo de máxima concentración teórico de 60 mm de diámetro (**Figura 3**, derecha).

Ambos sistemas concentran en un foco ubicado sobre el eje óptico a una razón focal de 0,6, siendo este valor es el más adecuado en estos concentradores^{[9][1]}. El diámetro del disco parabólico es de 1,5 m, ocupando un área de apertura de 1.76 m². (**Figura 4**)

Cuando se ideó el instrumento, y se comenzaron a realizar las determinaciones calóricas en el plano focal, se observó que las temperaturas que se obtenían eran del orden de 400 °C para el CO1 y de 600 °C para el CO2. ^{[2][3][4]} Pero surgió la pregunta acerca de cuál sería la eficiencia que podría llegar a alcanzar y que potencia calórica era capaz de entregar. Debido a la particular geometría de la superficie reflectante (**Figura 4**) esta incógnita no pudo resolverse de forma teórica, puesto que cada espejo en sí mismo actúa como colector y está sujeto a su propio error de alineamiento. Es por ello que se abordó la problemática de forma experimental.

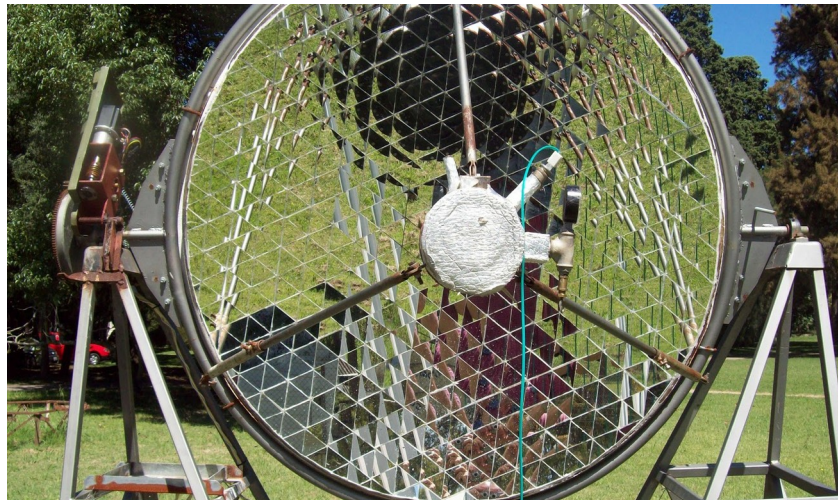


Figura 4. Vista frontal del dispositivo CO2.
Elaboración propia

Es importante destacar que tanto en la construcción del disco parabólico como en la realización del experimento de determinación de potencia en foco térmico, se utilizaron casi en su totalidad materiales nacionales, generando un precedente único en esta materia.

El principal objetivo del trabajo fue encontrar un método sencillo, de bajo costo y rápida implementación para evaluar la eficiencia de un colector disco parabólico, con distintos materiales y diseños en la realización de prototipos.

Se buscó también que el método sea lo suficientemente fiable para obtener resultados concluyentes con los que dimensionar los artefactos construidos y sus potencias entregadas.

2. Materiales y Métodos

El método propuesto consta de interponer en la zona focal un receptor térmico, denominado calorímetro, que sea capaz de captar la energía térmica y, midiendo las diferencias de temperatura en el mismo, cuantificar la potencia que entrega el sistema.

Se asume el error de las expresiones utilizadas en el presente documento como aquel asociado al cálculo de propagación de errores definido para $f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ como:

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \right| \Delta x_1 + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \right| \Delta x_2 + \left| \frac{\partial f}{\partial x_3} \right| \Delta x_3 + \dots \quad (2)$$

Donde Δf es el error absoluto de la función $f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ y $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3$, etc, los errores absolutos de éstas variables.

2.1 El calorímetro

El calorímetro construido (**Figura 5**) consta de un reservorio revestido y aislado, al cual se le hicieron varios orificios: tres entradas para colocar termocuplas con las que medir la temperatura interior, una entrada ciega donde puede colocarse una termocupla de contacto para medir la temperatura exterior o del metal del calorímetro, y por último una entrada de agua, elemento fundamental del calorímetro y responsable de albergar la mayor cantidad de energía térmica, como se verá más adelante.

El dispositivo también cuenta con una válvula de presión y un manómetro para asegurar que los niveles internos de presión sean bajos y seguros.

En su frente, el dispositivo tiene una tapa compuesta por un anillo de hierro grueso de 18 cm de diámetro externo y con un orificio central de 9 cm de diámetro obturado por un vidrio de borosilicato de 11 cm de diámetro y 2 cm de espesor, el cual permite la entrada de los rayos de luz solar al interior del dispositivo. Esta tapa se encuentra firmemente adherida y sellada al cuerpo del calorímetro evitando así cualquier filtración.



Figura 5. Calorímetro ajustado en el foco del colector.
Elaboración propia

La superficie externa del calorímetro se encuentra cubierta por un aislante de espuma de polietileno de 10 mm de espesor. Este recubrimiento cuenta con su cara externa recubierta por una lámina de aluminio reflectante permitiendo así minimizar las pérdidas térmicas por convección y radiación del instrumento. Este aislante se encuentra fijado al metal por medio de un cemento de contacto. Más adelante se encuentra detallado su desempeño.

El cuerpo está constituido por 7720 ± 3 g de hierro y su tapa por otros 836 ± 3 g de hierro y 424 ± 3 g de vidrio (m_v), teniendo una masa total de hierro de (m_{tfe}) de 8556 ± 3 g. A su vez, el calorímetro es capaz de albergar 2655 ± 3 g de agua (m_{H2O}). Con estos datos podría obtenerse la capacidad calorífica mediante la expresión^[6]:

$$C = m_{tfe} c_{fe} + m_v c_v + m_{H2O} c_{H2O} \quad (3)$$

Dónde $c_{fe} = 0,450 \pm 0,001$ J/g°C es el calor específico del hierro, $c_v = 0,876 \pm 0,001$ J/g°C el calor específico del vidrio y $c_{H2O} = 4,181 \pm 0,001$ J/g°C es el calor específico del agua obteniéndose un $C = 15320 \pm 30$ J/°C.

2.1.1 Calorimetría

Es fundamental el análisis experimental de la capacidad calorífica del calorímetro para constatar las pérdidas térmicas del artefacto. Es por ello que se propuso realizar una experiencia analítica, para lo cual se colocó el calorímetro en un entorno controlado, con una temperatura ambiente de 18 °C. Se rellenó el volumen del artefacto con agua y se insertó en el mismo una resistencia conocida donde, con un termómetro electrónico Testo 735 y una termocupla tipo K, se realizó la medida de temperatura interna en intervalos de un segundo.

Así mismo, se realizaron diversas medidas con una cámara termográfica Testo 875i, la cual nos permitió visualizar de forma esquemática los puntos de pérdida térmica que tenía el calorímetro.

Se utilizó una resistencia (**R**) de $104 \pm 1 \, \Omega$ y un voltaje (**V**) de $216 \pm 3 \, \text{V}$ de una corriente alterna, dando como resultado una potencia (**P**) de $450 \pm 20 \, \text{W}$ entregada al calorímetro, dicho valor se obtiene utilizando la siguiente expresión.^[6]

$$P = V^2 / R \quad (4)$$



Figura 6. Calorímetro preparado para el experimento.
Elaboración Propia

Los datos obtenidos fueron analizados con el software OriginPro 2016, donde se dividió los datos en 2 etapas; la primera de calentamiento, en la que se le entregaba al instrumento la potencia antes descrita, y una segunda etapa de enfriamiento, en la que se desconectó la resistencia y se midió las pérdidas térmicas con el ambiente.

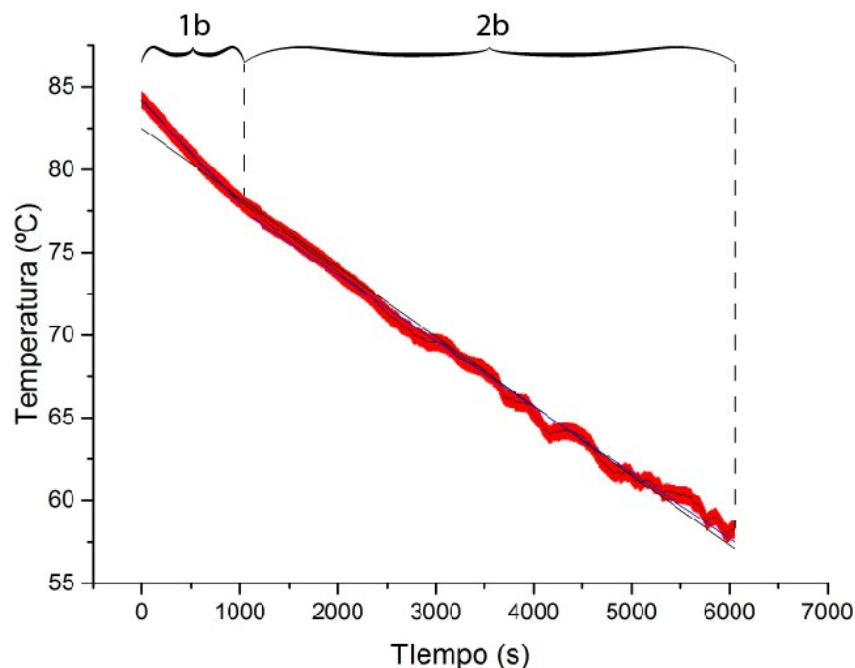


Figura 7. Se muestra la curva de datos durante el enfriamiento del calorímetro.
Elaboración propia

Los datos de temperatura, durante la curva de enfriamiento (**Figura 7**), pueden dividirse en 2 zonas; una zona caliente al comienzo (**1b**), donde las pérdidas térmicas con el entorno son predominantes y apartan los datos de un comportamiento lineal, y una zona de temperatura intermedia (**2b**), donde el comportamiento puede aproximarse al lineal. Se decide descartar

los datos de la zona **1b**, y se realiza una iteración de mínimos cuadrados obteniéndose una recta de la cual se extrae su pendiente (b_{perdida}). Utilizamos este valor y la capacidad calorífica teórica para determinar las pérdidas térmicas que tiene el artefacto utilizando la expresión:^[7]

$$P_{\text{perdida}} = C b_{\text{perdida}} \quad (5)$$

El cálculo nos indica que las pérdidas térmicas medidas son de $P_{\text{perdida}} = 61,0 \pm 0,2 \text{ W}$. Este valor nos será de utilidad a la hora de analizar los datos de calentamiento, puesto que allí utilizaremos la potencia neta (P_{neto}) que es igual a la diferencia de la potencia entregada (P) y la potencia perdida (P_{perdida}). Es decir $P_{\text{neto}} = 390 \pm 20 \text{ W}$.

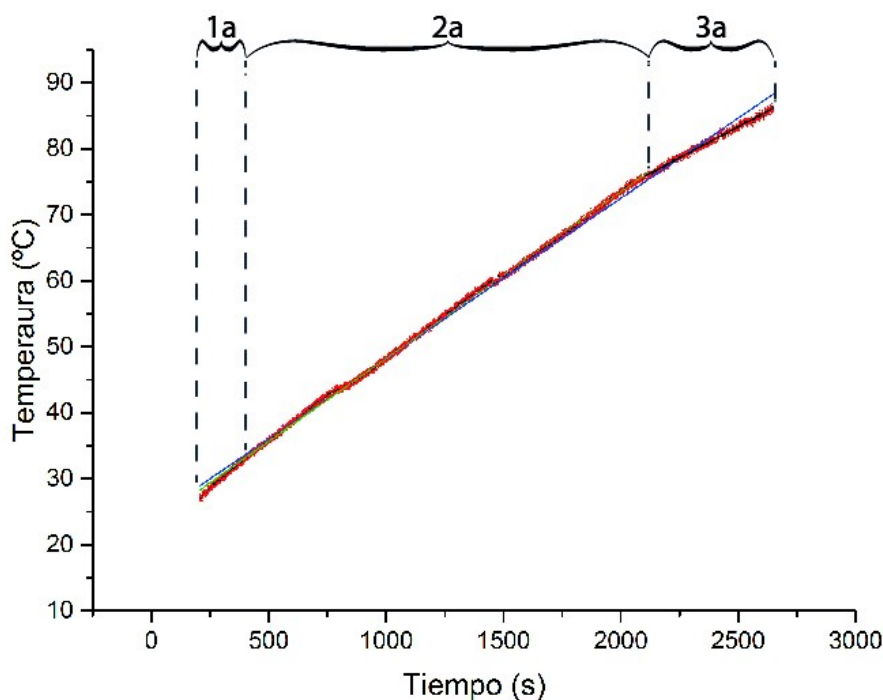


Figura 8. Se muestra la curva de datos para el calentamiento del calorímetro.
Elaboración propia

En la **Figura 8** se observan los datos de la experiencia del calentamiento donde pueden diferenciarse 3 zonas, una al comienzo que no tiene grandes pérdidas térmicas (**1a**) debido a que el sistema se encuentra a una temperatura muy próxima a la ambiente, luego una zona intermedia (**2a**) donde el comportamiento puede aproximarse lineal y las pérdidas pueden asumirse como las medidas anteriormente ($61,0 \pm 0,2 \text{ W}$). Por último se tiene un segmento (**3a**) en donde las pérdidas térmicas toman un papel predominante y el comportamiento se aparta de la linealidad.

Se analiza el segmento **2a** realizando una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, obteniéndose una pendiente $b_{\text{calentamiento}}$. Utilizando este valor y P_{neto} se obtiene de la expresión (5) el valor $C_{\text{experimental}} = 15500 \pm 800 \text{ J/}^\circ\text{C}$, corroborando así el valor teórico C .

2.1.2 Termografía

Como se mencionó anteriormente, también se realizaron medidas con una cámara termográfica Testo 875i para observar los puntos calientes del calorímetro.



Figura 9.Imagen termografica del calorímetro al comienzo del experimento.
Elaboración propia

Al comienzo del experimento, el calorímetro se encuentra a temperatura ambiente, teniendo pérdidas térmicas nulas.

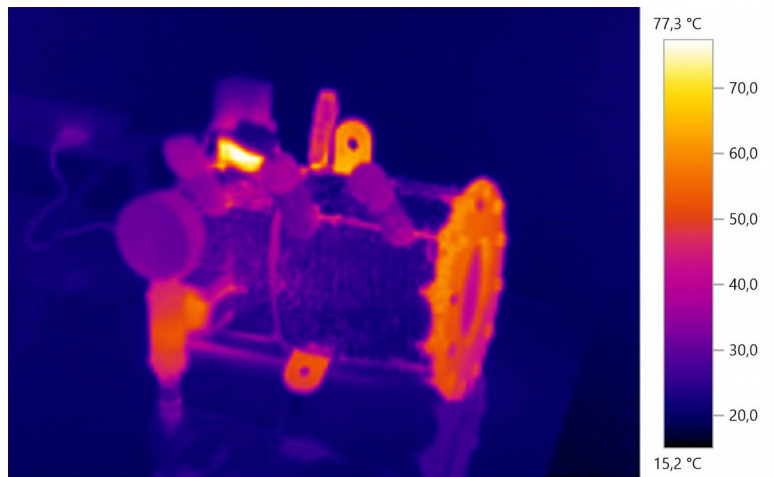


Figura 10.Imagen termografica del calorímetro avanzado el experimento.
Elaboración propia

Pasado un tiempo se observan diferentes puntos de fuga térmica, si bien el aislante trabaja correctamente, las múltiples zonas expuestas comienzan a calentarse y a emitir radiación. Se observa que la mayor área de pérdidas se encuentran en la tapa, lugar que se expone a los rayos solares, haciendo imposible cubrir ésta con el material aislante debido a la alta temperatura producida por la concentración del colector.

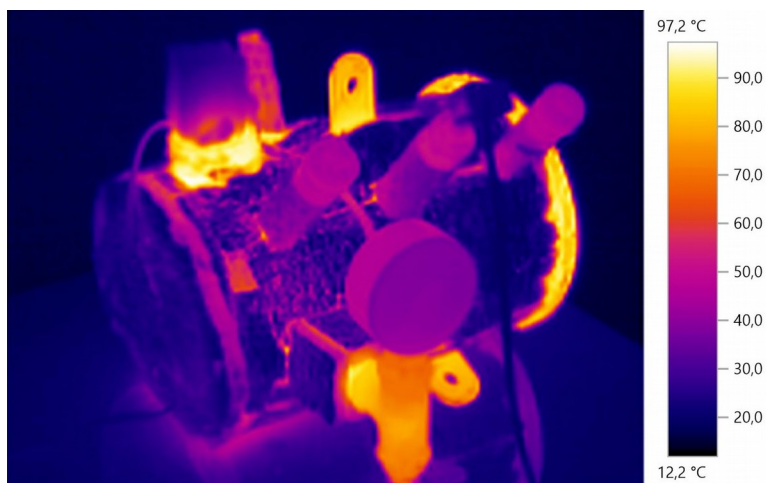


Figura 11. Imagen termográfica del calorímetro hacia el final del experimento.
Elaboración propia

Hacia el final del experimento se acentúan aún más esas pérdidas, igualando la temperatura interna con la temperatura de la tapa, lo que nos deja lugar a las pérdidas térmicas vistas en las mediciones del punto 2.1.1.

2.1.3 Datos del calorímetro

Para los futuros cálculos se utilizará $C=15320 \pm 30 \text{ J/}^\circ\text{C}$ en lugar de $C_{\text{experimental}}$ considerándose este valor más exacto que el obtenido. Así mismo, se tomará como valor constante de pérdidas térmicas de $61,0 \pm 0,2 \text{ W}$ detalladas en el apartado anterior.

Según lo visto en la experiencia en condiciones controladas, las pérdidas térmicas cobran un papel predominante cuando la temperatura interna sobrepasa los $75 \text{ }^\circ\text{C}$, alejándose del comportamiento lineal. Por esto se decide que el rango de temperaturas a evaluar no sobrepase el punto de conflicto.

Hay que realizar una corrección debido al factor de radiación reflejada por el vidrio de borosilicato ubicado en la tapa del calorímetro. Utilizándose como máximo ángulo de incidencia 46° y mediante el uso de las fórmulas de Fresnel y Snell^[8], se puede obtener que se refleja aproximadamente un 4.6 % de la potencia colectada en la primera cara del vidrio y 0.6 % en la segunda, con un total de 5.3 %. Por esto se calculará la potencia neta teniendo en cuenta que éste porcentaje de radiación se pierde en los procesos de reflexión.

Los procesos de absorción del vidrio no son tomados en cuenta debido a que estos contribuyen a aumentar la temperatura del artefacto, cambios que son medidos durante la experiencia y que contribuyen en la potencia finalmente obtenida.

Otro factor fundamental en el calorímetro será el diámetro de la ventana de ingreso de los rayos, ya que la eficiencia medida estará en función de ésta. Para nuestro caso, determinaremos la eficiencia a 9 cm ($e_{9\text{cm}}$). Mientras más grande sea esta ventana mayor cantidad de rayos entrarán en el calorímetro y mayor será la eficiencia medida, obteniéndose un valor máximo cuando se recolectan todos los rayos reflejados por el colector. Será recomendable utilizar el diámetro de apertura según la aplicación del concentrador, por ejemplo, si se utiliza éste con un motor tipo Stirling se tomará como diámetro de apertura el de la mufla colectora.

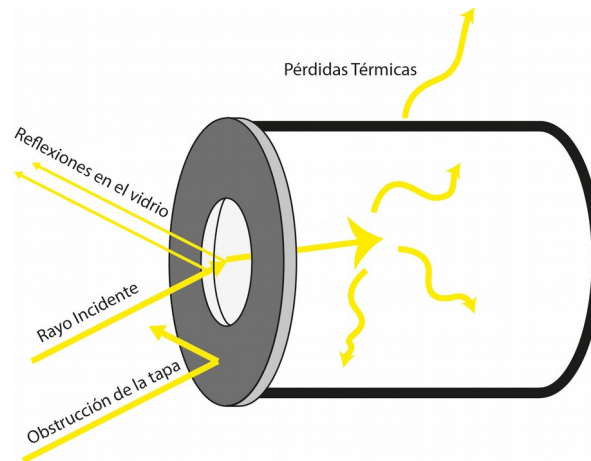


Figura 12. Diagrama donde se muestra el balance energético del calorímetro.
Elaboración propia

2.2 Evaluación del colector

Para observar la eficiencia de nuestro colector ubicamos el calorímetro de forma tal que su ventana coincidía con la zona de mayor concentración de rayos solares, es decir a 87 cm del ápice del colector (**Figura 13**), permitiendo así el ingreso de la mayor cantidad de radiación reflejada por el concentrador para esa diámetro de ventana.

Los días en los que se hicieron las muestras fueron despejados y sin ningún tipo de nubosidad, para que no haya interferencia en las mediciones. También se escogieron aquellos días que no tuvieran gran cantidad de humedad relativa para evitar la dispersión de los rayos solares que ésta produce.



Figura 13. Colector alineado, con el calorímetro a 87cm de su ápice, durante la realización de las medidas.
Elaboración propia

Para medir la temperatura interna se utilizó un multímetro Pro'sKit Mt-1860, el cual conectado a la termocupla tipo K, anteriormente utilizada, y mediante software, era capaz de registrar los datos obtenidos en intervalos de un segundo.

Al comienzo de cada medida, el calorímetro se rellenaba con agua a temperatura ambiente, hasta su tope, asegurándose que cumplía con su volumen máximo. Luego esto, se dejaba

reposar unos minutos para que la temperatura interna se estabilice. Cuando la lectura dejaba de oscilar, se apuntaba el colector al sol de forma tal que se alcanzaba la máxima concentración de rayos en la ventana del calorímetro. Luego con los mandos alta azimutales se alinea el colector con respecto a la posición solar cada 5 minutos. La medida terminaba cuando la temperatura sobrepasaba los 75 °C, por lo mencionado en el punto 2.1.3.

Se realizaron un total de 13 medidas entre los días 12 de marzo y 21 de abril, además se obtuvieron valores de radiación solar global en W/m² para los momentos de las experiencias de una estación meteorológica modelo Davis Vintage Pro 2, ubicada en el predio de observación. Estos datos fueron comparados finalmente con los valores de potencia obtenidos en la medición para calcular la eficiencia del colector utilizando:

$$e = P_{\text{Neta}} / (A_{\text{colector}} I_{\text{solar}}) \quad (6)$$

Donde **e** es la eficiencia, **P_{Neta}** es la potencia del colector medida experimentalmente con sus correcciones, **A_{colector}=1.76 m²** es el área de apertura del colector, e **I_{solar}** son el promedio de los datos de radiación medida por la estación meteorológica durante la toma de datos.

1. Resultados y Discusión

Se analizaron las distintas muestras y se observó una gran correspondencia con un comportamiento lineal, es por esto que a cada conjunto de datos se les realizó una regresión de este tipo, utilizando el software OriginPro 2016, en los cuales se observó correlaciones (**r**) muy cercanas a uno (**Figura 14**). Se tabularon todas las pendientes obtenidas por este método en la **Tabla 1**.

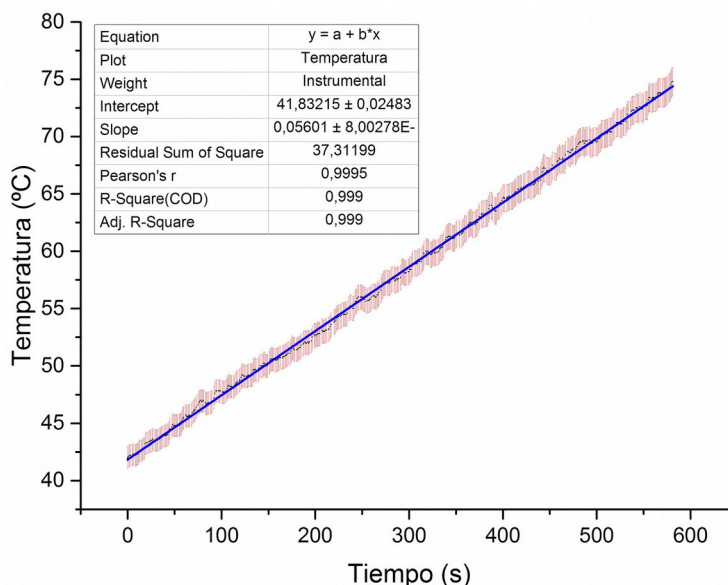


Figura 14. Curva de datos del calentamiento del calorímetro con su regresión lineal.

Elaboración propia

En la **Figura 14** se observa un gráfico típico de calentamiento con los datos de la muestra, además se marca en azul la regresión lineal para ese conjunto de datos. Se observa un buen emparentamiento con los valores experimentales.

Para el conjunto de datos obtenidos, observados en la Tabla 1, se calculó una eficiencia del **e_{cm}=76 ± 5 %** para el colector estudiado, con una desviación típica de 5%. Este dato será de gran utilidad para predecir las prestaciones del instrumento; por ejemplo, en el caso donde se tuviera una radiación solar directa de 1000 W/m² el equipo nos entregaría una potencia de 1343 W térmicos disponibles en su zona de máxima concentración.

Tabla 1. Se muestran los resultados finales de las experiencias realizadas.

Nº Medida	Potencia exp [W]	Potencia Neta [W]	Rad Ambiente [W/m ²]	Eficiencia [%]
1	927 ± 3	1043 ± 3	787 ± 10	75 ± 1
2	919 ± 3	1035 ± 3	809 ± 10	72 ± 1
3	942 ± 3	1059 ± 3	799 ± 10	75 ± 1
4	978 ± 4	1098 ± 4	756 ± 10	82 ± 1
5	820 ± 3	931 ± 3	756 ± 10	72 ± 1
6	861 ± 2	974 ± 2	713 ± 10	78 ± 1
7	893 ± 3	1008 ± 3	767 ± 10	71 ± 1
8	890 ± 3	1004 ± 3	799 ± 10	73 ± 1
9	918 ± 4	1034 ± 4	802 ± 10	72 ± 1
10	889 ± 3	1003 ± 3	792 ± 10	82 ± 1
11	855 ± 3	967 ± 3	632 ± 10	82 ± 1
12	867 ± 3	980 ± 3	675 ± 10	82 ± 1
13	912 ± 3	1028 ± 3	681 ± 10	83 ± 1
			Eficiencia Promedio	76± 5

Elaboración propia

2. Conclusiones y recomendaciones

Este método experimental nos ha permitido obtener la eficiencia de forma sencilla, para un diámetro de apertura preestablecido (9 cm). Su simple aplicación es conveniente para evaluar concentradores de foco puntual con relativa exactitud, teniendo una rápida aplicación en ensayos de construcción y dimensionamiento de estas tecnologías.

Para el concentrador CO2 se obtuvo, mediante este método, una eficiencia moderada comparada con los valores manejados por la bibliografía^{[9][10][11][12]}, aunque este valor aumentaría considerablemente si la apertura de la ventana fuera más grande.

Como limitaciones encontramos que la medida de radiación solar, con la cual se comparan los datos obtenidos en las experiencias, refiere a la radiación solar global. Esto nos introduce un error por defecto en la eficiencia, debido a que el colector sólo aprovecha la radiación solar directa, la cual junto a la suma con la radiación solar difusa conforma la radiación solar global. Se propone en futuras experiencias obtener esta medida mediante instrumental específico.

5. Referencias

- [1] William B. Stine, Richard B. (1994) *Diver. A Compendium of Solar Dish/Stirling Technology*. California State Polytechnic University.
- [2] Martorelli, L. et al. (2013). *Sistemas de Concentradores Ópticos para Energía Solar Evaluaciones Térmicas en Focos Calóricos Tridimensionales*. XXXVIII Jornadas IRAM Universidades.
- [3] Martorelli, L. et al. (2012.) *Análisis y Evaluación de Variables Ópticas en el Desarrollo de Concentradores Solares Ópticos para la Generación de Energía Eléctrica*. XXXVI Jornadas IRAM Universidades.
- [4] Keck, T., Schiel, W (2003). *EnviroDish and EuroDish System and Status*. ISES.
- [5] Dr. Manuel Romero Álvarez (2006). *Energía Solar Termoeléctrica*. Plataforma Solar de Almería.
- [6] Chang, R. (2002). *Química*. México, Mcgraw-Hill. p,212-222.
- [7] Santamaría, Germán (2009). «1». *Electrotecnia*. EDITEX, S.A. p. 31.
- [8] Hecht, Eugene (2002). *Optics* (4th ed.). USA, Addison Wesley. p, 100-102.
- [9] Winston R And Enoch J M Spie (1990). *Some Basic Ideas In Concentrators Optics*
- [10] Jorge Quinteros Grijalva, (2008). *Estudio teórico y experimental de colector solar parabólico para generación de energía eléctrica*. Chile
- [11] José E. Ruelas Ruiza, Nicolás Velázquez Limónb, Ricardo Beltrán Chacónc (2011). *Diseño de un Concentrador Solar Acoplado a un Motor Stirling Fijo*. México
- [12] Jorge Lozada San José (2009). *Análisis de un sistema de Disco parabólico con motor Stirling*. Tesina Universidad Carlos III de Madrid. Ingeniería Industrial.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DESARROLLADO EN ENERGÍAS RENOVABLES. APLICACIÓN A SISTEMAS DINÁMICOS Y BIOMÉDICOS

Carlos Alvarez Picaza, Universidad Nacional del Nordeste, cpicaza@gmail.com

María Inés Pisarello, Universidad Nacional del Nordeste, mainespisarello@gmail.com

Jorge Emilio Monzón, Universidad Nacional del Nordeste, jemonzon2@gmail.com

Resumen— En la constante búsqueda del método automático que mejor clasifique las señales que arrojan las distintas clases de energías renovables, ya sea un algoritmo que contemple los aspectos temporales o morfológicos de la señal, es inevitable la acumulación de gran cantidad de datos. Como solución a este problema surgen técnicas estadísticas capaces de reducir el número de variables necesarias. Una consecuencia directa es la obtención de datos normalizados y procesos más eficientes que agilizan los tiempos computacionales y además economizan en espacio de almacenamiento. El análisis y la clasificación de dichas señales pueden realizarse a partir de estudios temporales y morfológicos. El Análisis de Componentes Principales (PCA) es un método que reduce la dimensión de los datos realizando un análisis de covarianza entre factores. A partir del estudio de una central eléctrica compuesta por paneles solares y aerogeneradores, conformamos una matriz dinámica; a la cual aplicamos las técnicas de PCA. Como resultado obtuvimos, en la gran mayoría, reducciones de hasta el 50 % en el número de variables. De un total de diez (10) variables originales, se logró concentrar más del 96 % de la información en sólo cinco (5) componentes principales. Además su aplicación es compatible a cualquier clase de sistemas, inclusive lo biomédicos.

Palabras clave— PCA, Compresión de Datos, Factores.

1. Introducción

Cuando se recoge la información de una muestra de datos, lo más frecuente es tomar el mayor número posible de variables. Sin embargo, si tomamos demasiadas variables sobre un conjunto de objetos, tendremos que considerar muchos posibles coeficientes de correlación, y va aumentando, si consideramos un número aún mayor de variables.

Otro problema que se presenta es la fuerte correlación que muchas veces se presenta entre las variables, si tomamos demasiadas variables (cosa que en general sucede cuando no se sabe demasiado sobre los datos o sólo se tiene ánimo exploratorio), lo normal es que estén relacionadas o que midan lo mismo bajo distintos puntos de vista. Por ejemplo, en estudios médicos, la presión sanguínea a la salida del corazón y a la salida de los pulmones están fuertemente relacionadas.

Se hace necesario, pues, reducir el número de variables. Es importante resaltar el hecho de que el concepto de mayor información se relaciona con el de mayor variabilidad o varianza. Cuanto mayor sea la variabilidad de los datos (varianza) se considera que existe mayor información.

El Análisis de Componentes Principales o PCA (Principal Component Analysis), es una técnica estadística de síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables). En bancos de datos de muchas variables, la técnica de PCA permite reducir el número de tales variables, sin perder información substancial. Los nuevos *factores* o *componentes* serán una combinación lineal de las variables originales, e independientes entre sí. Un aspecto clave en el Análisis de Componentes Principales es la interpretación de los factores, que no viene dada a priori, sino que se deduce tras observar la relación de los resultados con las variables iniciales. El propósito fundamental de la técnica consiste en la reducción de la dimensión de los datos con el fin de simplificar el problema en estudio.

El impacto de la contaminación del ambiente en el calentamiento global y los cambios climáticos resultantes pueden tener consecuencias desastrosas a largo plazo. El desarrollo tecnológico para la generación de energía eléctrica se está orientando hacia las fuentes seguras y renovables como la eólica y la fotovoltaica.

Un tercio de la población en el mundo vive lejos de la red de suministro de potencia eléctrica. Para ellos la energía eólica y la energía fotovoltaica son una alternativa muy importante.

Uno de los problemas de la energía eólica es que su disponibilidad es variable, y, por lo tanto necesita ser respaldada por otras fuentes de potencia. Los sistemas fotovoltaicos tienen la ventaja adicional de ser estáticos y de casi no requerir mantenimiento ni reparaciones. Sin embargo, la potencia fotovoltaica es típicamente cinco veces más cara que la potencia eólica. Actualmente, existen investigaciones y esfuerzos por desarrollar paneles fotovoltaicos de bajo costo para aplicaciones generales. La eficiencia de la conversión de la potencia solar es típicamente de 37.8% para paneles solares sin concentrador [Spectrolab].

Existen programas computacionales específicos que ayudan a simplificar el desarrollo del trabajo (XLSTAT, MATLAB).

2. Materiales y Métodos

El PCA se empleó inicialmente en la psicología, las ciencias sociales y naturales. Sin embargo, desde hace ya algunos años se ha extendido su aplicación a las ciencias físicas, la ingeniería, la economía, el reconocimiento de patrones, la compresión de datos, etc. [1].

El Análisis de Componentes Principales es un método que reduce la dimensión de los datos realizando un análisis de covarianza entre factores.

En muchas aplicaciones científicas, un conjunto de n objetos se representan a través de una colección de m descriptores, índices o parámetros. En algunos casos m es un número lo suficientemente grande como para que sea difícil analizar el conjunto de datos en toda su dimensionalidad. En términos más abstractos, se puede decir que se consideran los n objetos como n puntos ubicados en el espacio de m dimensiones [2]. Entonces, el objetivo perseguido es el de clasificar esos objetos, representados en un espacio de dimensión menor $p < m$, de tal manera que esa proyección en ese espacio sea óptima desde algún punto de vista, es decir, que la reducción de dimensionalidad no sea gratuita sino justificada. Podríamos decir que los datos sufren una reducción en su dimensión (Haykin, 1.996).

Esta técnica tiene tres efectos a destacar:

- * Ortogonaliza los componentes de los vectores de entrada de tal modo que estén no-correlacionados entre ellos.
- * Reordena los componentes ortogonales (*componentes principales*) de modo que aquellos con mayor variación estén en los primeros lugares.

* Elimina aquellos componentes que contribuyen menos a la variación del conjunto de datos.

Antes de iniciar una descripción más detallada, vamos a introducir algunos conceptos estadísticos que se usan en PCA. Ellos son, la desviación estándar, la covarianza, los autovectores y los autovalores. Para la definición de estos conceptos, vamos a asumir el hecho de que trabajamos con muestras de una población.

Desviación Estándar

Sobre un conjunto de n datos es posible realizar infinitud de mediciones [3], entre ellas la media aritmética cuya fórmula es:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

La media nos da una idea de cuál es el punto medio, pero no nos dice nada acerca de la distribución de los puntos.

La Desviación Estándar (SD – Standard Deviation) de un conjunto de datos es la medida de cómo están dispersos los puntos. La definición formal es: *La distancia promedio desde la media del conjunto de datos a un punto*. Su fórmula es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2)$$

Varianza

Es otra medida de la dispersión de datos en el conjunto de datos. Es el cuadrado de la desviación estándar. Su fórmula es:

$$\text{var}(X) = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (3)$$

Covarianza

Las últimas dos mediciones son puramente unidimensionales. Sin embargo, muchos conjuntos de datos poseen más de una dimensión y el objetivo de un análisis estadístico de estos datos es ver qué relaciones existen entre las dimensiones, si las hubiera. La covarianza [4] siempre se mide entre dos dimensiones. Si se calcula la covarianza entre una dimensión y ella misma, se obtiene la varianza. La fórmula de covarianza es muy similar a la fórmula de varianza de la ecuación (3.3) si expandimos el término cuadrático y está dada por:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n} \quad (4)$$

Autovectores y Autovalores de una matriz

Sea \mathbf{A} una matriz $n \times n$ con coeficientes en el campo de los números complejos \mathbb{C} . Un escalar λ en \mathbb{C} es llamado “autovalor” de \mathbf{A} si existe un vector $\mathbf{x} \neq 0$ en \mathbb{C} tal que

$$\mathbf{Ax} = \lambda \mathbf{x} \quad (5)$$

Todo vector $\mathbf{x} \neq 0$ que satisface la ecuación arriba citada se denomina “autovector” de \mathbf{A} asociado al autovalor λ . Para hallar los autovalores de \mathbf{A} , escribimos $\mathbf{Ax} = \lambda\mathbf{x}$ como sigue

$$(\lambda\mathbf{I}-\mathbf{A})\mathbf{x} = 0 \quad (6)$$

Esta última ecuación tendrá una solución NO TRIVIAL, o sea $\mathbf{x} \neq 0$, si y solamente si el

$$\det(\lambda\mathbf{I}-\mathbf{A}) = 0 \quad (7)$$

Esto significa que un escalar λ es un autovalor de \mathbf{A} si y solamente si es una solución de

$$\Delta(\lambda) \triangleq \lambda\mathbf{I}-\mathbf{A} = 0 \quad (8)$$

donde, $\Delta(\lambda)$ es un polinomio de grado “ n ” en λ llamado “polinomio característico” de \mathbf{A} .

Dado que $\Delta(\lambda)$ posee grado “ n ”, la matriz \mathbf{A} $n \times n$ tendrá “ n ” autovalores (no necesariamente todos distintos).

Metodología

Este trabajo esta basado en la configuración de una central eléctrica compuesta por un panel fotovoltaico y un aerogenerador.

En la metodología de PCA se ordenan los descriptores en una matriz \mathbf{A} de dimensión $n \times m$. El criterio matemático utilizado para conseguir la reducción de la dimensionalidad es tal que, para un valor prefijado de p , se retenga en ese subespacio la máxima varianza estadística total de los datos originales. Esto conduce a especificar una nueva serie de ejes ortogonales entre si, los *componentes principales* (CP). Cada CP es una combinación lineal de las variables o descriptores originales.

El primer tratamiento numérico que debe hacerse es el de escalar las columnas de descriptores de la matriz \mathbf{A} . Esto es así porque cada columna (cada variable) puede estar especificada en un sistema de unidades distinto. De hecho, cada variable no tiene porqué ser de la misma naturaleza que las otras. Hay varias posibilidades de escalado. La más común consiste en obtener vectores columnas centrados y normalizados adimensionales, así pues cada columna \mathbf{a}_j de la matriz \mathbf{A} ,

$$\mathbf{A} = (\mathbf{a}_1 \quad \mathbf{a}_2 \quad \dots \quad \mathbf{a}_m) \quad (9)$$

Se le calcula su media

$$\bar{a}_j = \frac{1}{n} \sum_i a_{ij} \quad (10)$$

y las desviaciones estándar multiplicadas por n

$$s_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ij} - \bar{a}_j)^2}, \quad (11)$$

obteniendo la matriz de variables adimensionales siguiente:

$$\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{Z} = (\mathbf{z}_1 \quad \mathbf{z}_2 \quad \dots \quad \mathbf{z}_m), \quad (12)$$

donde cada vector columna \mathbf{z}_j se define a partir de la transformación

$$a_j \rightarrow z_j = \frac{a_j - \bar{a}_j}{s_j}, \quad (13)$$

La matriz de variables homogeneizadas adimensionales permite calcular la matriz de los coeficientes de correlación entre cada par de columnas de datos:

$$\mathbf{R} = \mathbf{Z}^T \mathbf{Z}, \quad (14)$$

esta matriz es de dimensión $m \times m$.

Los CP vienen dados por los vectores propios de la matriz \mathbf{R} :

$$\mathbf{R}\mathbf{X} = \mathbf{X}\mathbf{\Lambda}, \quad (15)$$

donde

$$\mathbf{X} = (\mathbf{x}_1 \ \mathbf{x}_2 \ \dots \ \mathbf{x}_m) ; \ \mathbf{\Lambda} = \text{Diag}(\lambda_1 \ \lambda_2 \ \dots \ \lambda_m) \quad (16)$$

Todos los valores propios son no negativos (recordemos que la matriz \mathbf{Z} se obtiene de tal manera que es definida no negativa). Precisamente los valores propios de esta matriz son los parámetros que indican qué fracción de la varianza total original retiene cada nuevo CP.

$$f_i = 100 \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^m \lambda_j} \% \quad (17)$$

Por ello, el ordenamiento, de mayor a menor, de los valores propios induce un orden de preferencia de los CP. A partir de ahora supondremos que

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m \quad (18)$$

Ahora

$$\mathbf{R} \rightarrow \mathbf{X} = (\mathbf{x}_1 \ \mathbf{x}_2 \ \dots \ \mathbf{x}_m) \quad (19)$$

donde \mathbf{x}_1 es el vector propio asociado a λ_1 , \mathbf{x}_2 a λ_2 y así sucesivamente hasta m . El primer Componente Principal, \mathbf{x}_1 representa la mayor cantidad de varianza de los datos originales, \mathbf{x}_2 retiene la segunda mayor varianza, y así hasta m . El conjunto de los m Componentes Principales genera una nueva matriz de coordenadas. A los coeficientes de cada vector propio \mathbf{x}_j se les llama pesos (*loadings*) e indican qué combinaciones lineales de las variables originales se deben construir para definir las nuevas coordenadas adimensionales [5].

Lo más usual, a efecto de reducir la dimensionalidad del problema, consiste en elegir $p = 2$ ó $p = 3$ primeros Componentes Principales. En nuestro caso $p = 5$.

XLSTAT

Cabe destacar que para nuestro análisis se tomaron las 24 horas de actividad de un día determinado. El objetivo es analizar las correlaciones entre las variables e identificar características que se distinguen fuertemente de los demás [6]. El análisis de Componentes Principales (PCA) es un método muy eficaz para el análisis de datos cuantitativos (continuos o discretos) que se presentan bajo la forma de cuadros de M observaciones / N variables.

Permite:

- Visualizar y analizar rápidamente las correlaciones entre las N variables
- Visualizar y analizar las M observaciones inicialmente descritas por N variables en un gráfico de dos o tres dimensiones, construido de tal forma que la dispersión entre los datos sea tanto preservada como posible.

- Construir un conjunto de P factores no correlacionados.

Señal electrocardiográfica

Se ha utilizado un extracto de 5 minutos de la señal N° 100 de la base de datos de arritmias del MIT-BIH. Esta señal pertenece al grupo de señales electrocardiográficas consideradas normales, es decir sin arritmias.

Algoritmo para la determinación de los puntos del QRS

La base de datos de Arritmias del MIT-BIH contiene 48 registros electrocardiográficos que corresponden a sujetos sanos y también sujetos con afecciones cardiacas. Cada señal en la base de datos es un complejo de tres señales, un archivo con extensión *.dat* que contiene los datos propiamente dichos, otro con extensión *.atr* que es un archivo de atributos, donde sólo aparecen como datos los complejos QRS detectados con el algoritmo de Jiapu Pan (1985) y un tercer archivo que permite visualizar la onda con la extensión *.hea* (header).

El algoritmo utiliza tanto la señal del electrocardiograma como el archivo de anotaciones extraído también de la base de datos de Arritmias del MIT-BIH correspondiente a esa señal. Este archivo de atributos contiene, en la primera columna, el tiempo en que sucede la onda Q en cada latido ventricular (lo que marca el comienzo del complejo QRS); en otra columna se indica el orden de la muestra que corresponde a ese dato; también se asienta el código de clasificación del latido ("N" si se trata de un latido normal). A continuación se ilustran las primeras dos filas del archivo.

0:00.194 70 N

0:01.005 362 N

.....

El algoritmo, diseñado con MATLAB® (The MathWorks, Natick, Massachussets, USA), combina los dos archivos, a partir de la concordancia entre el archivo de datos y el de anotaciones de la señal. Con los datos extraídos del archivo de datos propiamente dichos de la señal (*.dat*) generamos una matriz con los valores de muestras que corresponden al complejo QRS, una fila por cada latido. A continuación se muestra en la figura 1 el código mediante el cual carga la matriz mencionada. A continuación, el Código Fuente que carga la matriz de datos de los complejos QRS

```
*****
%% sqrs debe ser la señal de las anotaciones de la deteccion %%
%% de los qrs de la señal con el "sqrs.exe" del MIT-BIH. fs: %%
%% frecuencia de muestreo; 360 para las señales del MIT y 300 %%
%% para las IN-VIVO. %%
*****

[tiempo,x,tipo,y,z,w]=textread('100qrs.txt','%8c %u %c %u %u %u');

f=length(x); %longitud del vector que tiene los comienzos de los QRS
comfin(1:f,1:30)=0;
for i=1:f
    j=x(i);
    for k=1:30 %es como maximo la cantidad de muestras del QRS. Promedio 15
        h=j+k-1;
        comfin(i,k)=s(h); %comienzo del QRS
        if k>5
            if ((dl(h)<dl(h+1)) & (dl(h)<dl(h-1)))
                break
            end;
        end;
    end;
end;
end;
```

La matriz que contiene los datos que describen cada complejo QRS tiene un total de 30 columnas. En la mayoría de los casos los latidos no superan un promedio de 20 muestras, en el caso de latidos normales. Es decir que existe redundancia de datos. El método PCA pretende eliminar esa redundancia.

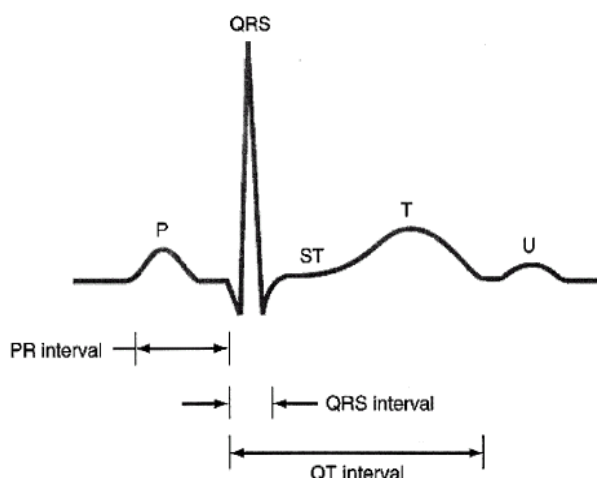


Figura a. Determinación del complejo QRS.

$$y(nT) = \frac{1}{2} [x(nT) + x(nT - T)] \quad (20)$$

Los límites del PCA vienen del hecho que es un método de proyección, y que la pérdida de información inducida por la proyección puede provocar interpretaciones erróneas. El buen discernimiento permite, sin embargo, evitar estos inconvenientes [7].

3. Resultados y Discusión

Incorporamos el Análisis de Componentes Principales realizados con el XLSTAT.

Tabla 1. Variables a lo largo de un día (elaboración propia)

Hour	Global Solar kW/m2	Incident Solar kW/m2	Wind Speed m/s	DC Primary Load kW	PV Power kW	SW AIR X kW	Excess Electricity kW	Bat Power kW	Bat State of Charge %	Bat Energy Cost \$/kWh
1	0	0	3,776	0,002	0	0,017	0,015	0	100	1
2	0	0	3,476	0,002	0	0,013	0,012	0	100	0
3	0	0	2,349	0,002	0	0,003	0,001	0	100	0
4	0	0	2,571	0,002	0	0,005	0,002	0	100	0
5	0	0	3,26	0,002	0	0,011	0,009	0	100	0
6	0	0	1,879	0,002	0	0	0	-0,002	99,92	0
7	0,014	0,005	3,012	0,011	0	0,008	0	-0,002	99,831	0
8	0,061	0,061	3,552	0,002	0,002	0,014	0,012	0,003	99,917	0
9	0,111	0,11	5,424	0,002	0,004	0,045	0,047	0,001	99,947	0
10	0,199	0,197	5,761	0,002	0,008	0,053	0,058	0,001	99,966	0
11	0,037	0,036	6,557	0,002	0,001	0,072	0,071	0	99,978	0
12	0,018	0,018	7,889	0,019	0,001	0,117	0,098	0	99,986	0
13	0,173	0,17	6,748	0,009	0,007	0,077	0,074	0	99,991	0
14	0,147	0,144	5,993	0,002	0,006	0,058	0,062	0	99,994	0
15	0,055	0,054	7,263	0,002	0,002	0,093	0,093	0	99,996	0
16	0,029	0,028	6,406	0,001	0,001	0,068	0,068	0	99,998	0
17	0,047	0,046	7,052	0,002	0,002	0,085	0,085	0	99,999	0
18	0,018	0,011	6,191	0,008	0	0,063	0,055	0	99,999	0
19	0	0	6,4	0,03	0	0,068	0,038	0	99,999	0
20	0	0	6,944	0,036	0	0,082	0,046	0	100	0
21	0	0	4,404	0,037	0	0,026	0	-0,012	99,553	0
22	0	0	3,525	0,038	0	0,014	0	-0,025	98,605	0
23	0	0	3,833	0,016	0	0,017	0,001	0	98,605	0
24	0	0	2,588	0,002	0	0,005	0	0,003	98,703	0

Análisis de Componentes Principales desarrollado en Energías Renovables. Aplicación a Sistemas Dinámicos y Biomédicos

XLSTAT 7.5.3 - Análisis de Componentes Principales (ACP) - el 24/10/2011 a 08:33:09 p.m.
 Tabla: libro = Ejemplo_1_XLSTAT.xls / hoja = Datos 24 hs / rango = \$B\$2:\$K\$25 / 24 filas y 10 columnas
 Ponderación uniforme (predeterminado)
 Ningún dato omitido detectado
 Coeficiente de correlación de Pearson (ACP normalizado, varianzas en 1/n)
 Sin rotación de los ejes
 Número de factores asociados a valores propios no triviales: 10

Prueba de esfericidad de Bartlett:

Chi-cuadrado (valor obse	491,322
Chi-cuadrado (valor crític	61,656
GDL	45
p-value unilateral	< 0,0001
Alpha	0,05

Conclusión:

Al umbral de significación Alfa=0,050 se puede rechazar la hipótesis nula de ausencia de correlación significativa entre las variables. Dicho de otro modo, la correlación entre las variables es significativa.

Media y desviación típica de las columnas:

	Media	Desviación típica
Global Solar kW/m2	0,038	0,058
Incident Solar kW/m2	0,037	0,058
Wind Speed m/s	4,869	1,813
DC Primary Load kW	0,010	0,012
PV Power kW	0,001	0,002
SW AIR X kW	0,042	0,034
Excess Electricity kW	0,035	0,034
Bat Power kW	-0,001	0,006
Bat State of Charge %	99,791	0,446
Bat Energy Cost \$/kWh	0,042	0,200

Tabla 2. Valor medio y desviación estándar (elaboración propia)

Tabla 3. Matriz de correlación (elaboración propia)

Matriz de correlación:

	Global Solar kW/m2	Incident Solar kW/m2	Wind Speed m/s	DC Primary Load kW	PV Power kW	SW AIR X kW	Excess Electricity kW	Bat Power kW	Bat State of Charge %	Bat Energy Cost \$/kWh
Global Solar kW/m2	1	0,999	0,412	-0,306	0,995	0,355	0,506	0,220	0,267	-0,136
Incident Solar kW/m2	0,999	1	0,411	-0,304	0,996	0,355	0,505	0,219	0,262	-0,133
Wind Speed m/s	0,412	0,411	1	0,164	0,412	0,982	0,933	0,162	0,359	-0,126
DC Primary Load kW	-0,306	-0,304	0,164	1	-0,283	0,141	-0,144	-0,651	-0,366	-0,130
PV Power kW	0,995	0,996	0,412	-0,283	1	0,362	0,505	0,206	0,251	-0,126
SW AIR X kW	0,355	0,355	0,982	0,141	0,362	1	0,950	0,190	0,379	-0,154
Excess Electricity kW	0,506	0,505	0,933	-0,144	0,505	0,950	1	0,288	0,458	-0,125
Bat Power kW	0,220	0,219	0,162	-0,651	0,206	0,190	0,288	1	0,494	0,051
Bat State of Charge %	0,267	0,262	0,359	-0,366	0,251	0,379	0,458	0,494	1	0,098
Bat Energy Cost \$/kWh	-0,136	-0,133	-0,126	-0,130	-0,126	-0,154	-0,125	0,051	0,098	1

En negrita, valores significativos (fuera diagonal) al umbral $\alpha=0,050$ (prueba bilateral)

Tabla 4. Valores propios (elaboración propia)

Valores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Valor propio	4,622	2,007	1,632	0,913	0,503	0,299	0,019	0,003	0,001	0,000
% varianza	46,224	20,072	16,319	9,134	5,027	2,992	0,190	0,034	0,005	0,001
% acumulado	46,224	66,297	82,616	91,750	96,777	99,769	99,960	99,994	99,999	100,000

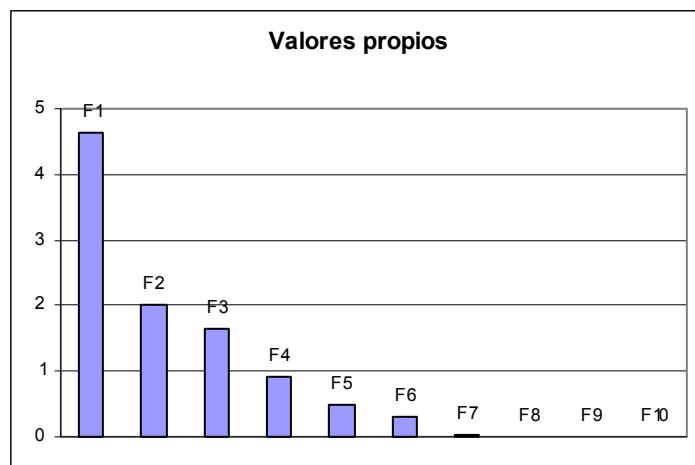


Figura 1. Valores propios (elaboración propia)

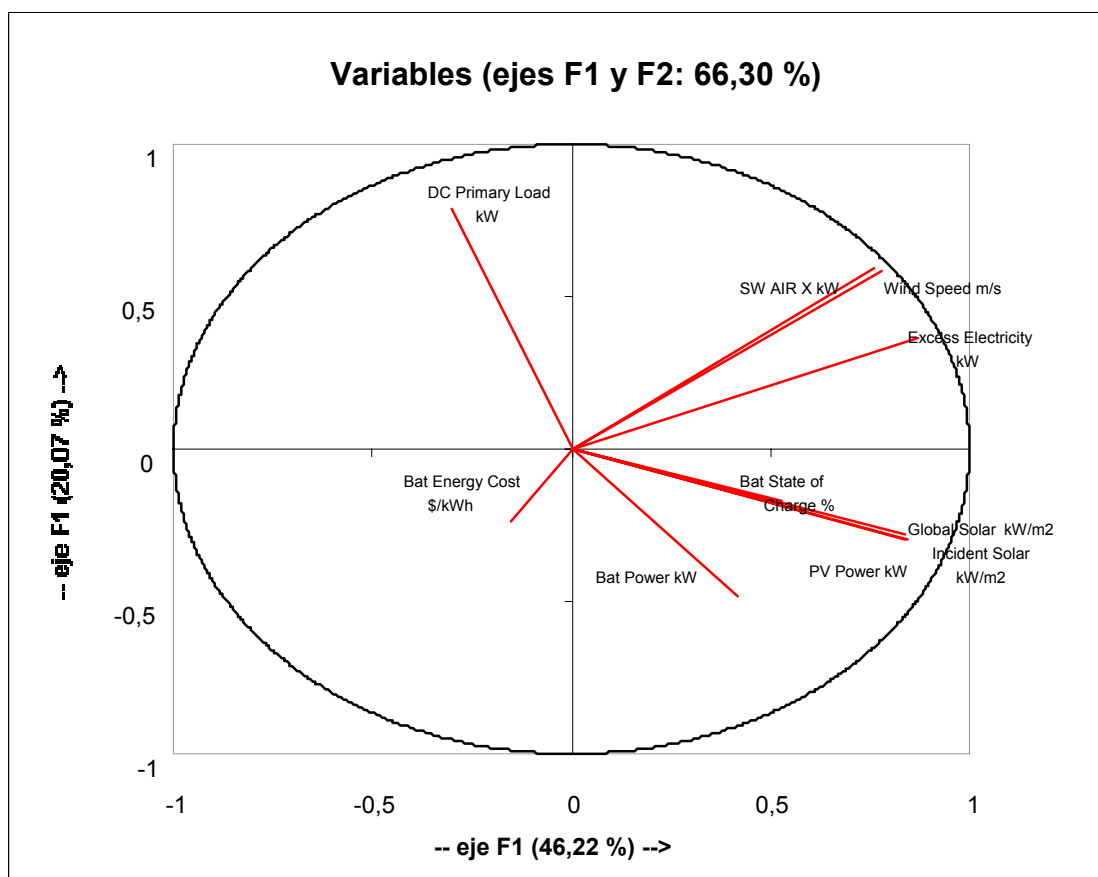


Figura 2. Coordenadas variables F1–F2 (elaboración propia)

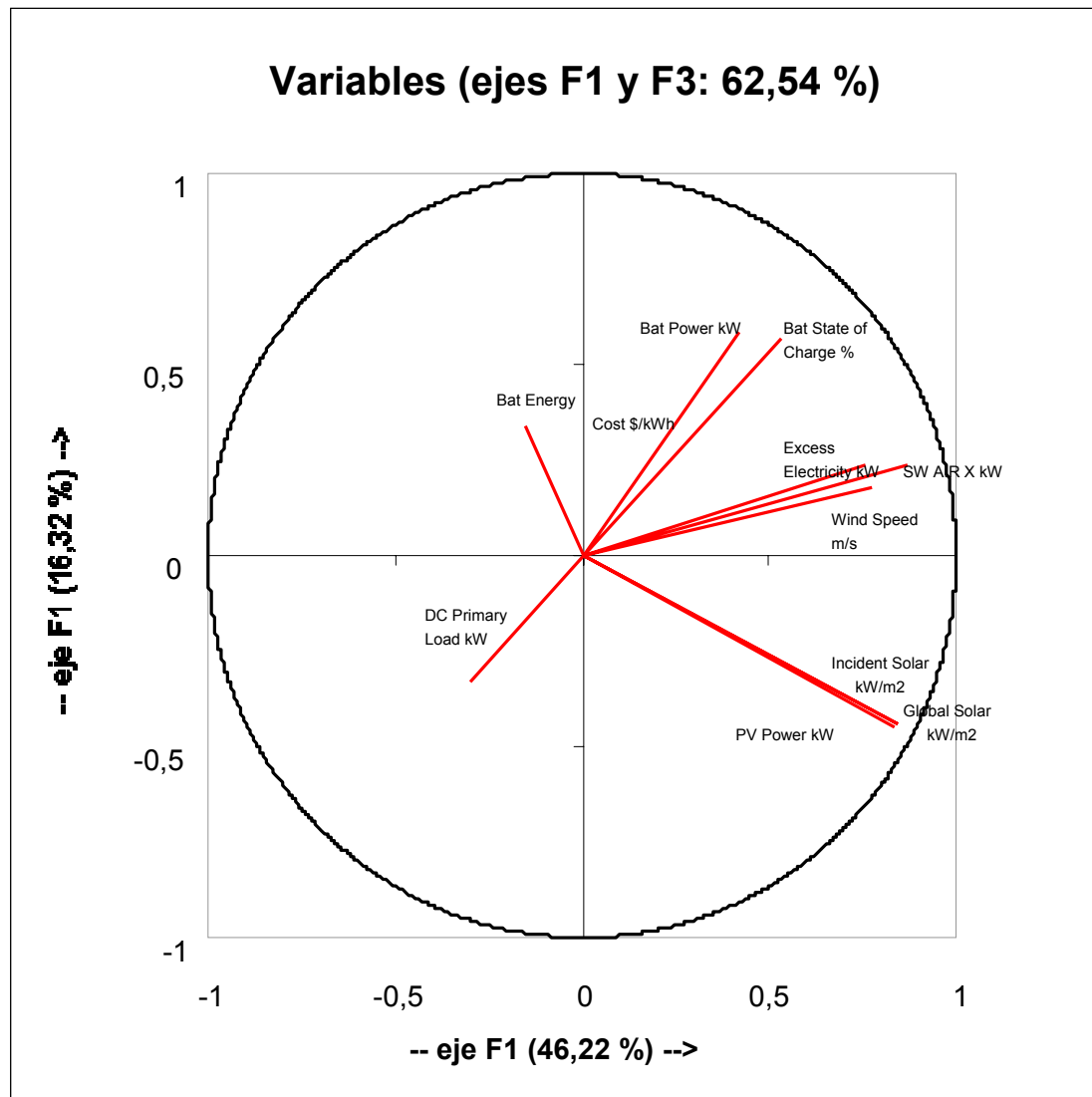


Figura 3. Coordenadas variables F1–F3 (elaboración propia)

DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es una técnica gráfica que clasifica los elementos desde el más frecuente hasta el menos frecuente. Exhibe visualmente el orden de importancia, es decir, la contribución de cada elemento al efecto total.

Procedimiento:

- Seleccionar los elementos que serán analizados.
- Seleccionar el período de tiempo de los datos.
- Listar los elementos de izquierda a derecha en el eje horizontal en orden de magnitud decreciente.
- Dibujar dos (2) ejes verticales, uno de cada extremo del eje horizontal.
- La escala de la izquierda se calibra en la unidad de medición y su altura debe ser igual a la suma de todos los elementos.
- Arriba de cada elemento se dibuja una barra cuya altura representa la magnitud de la unidad de medición para ese elemento.

- Se elabora una línea de frecuencia acumulada (eje vertical derecho) sumando las magnitudes de cada elemento de izquierda a derecha.

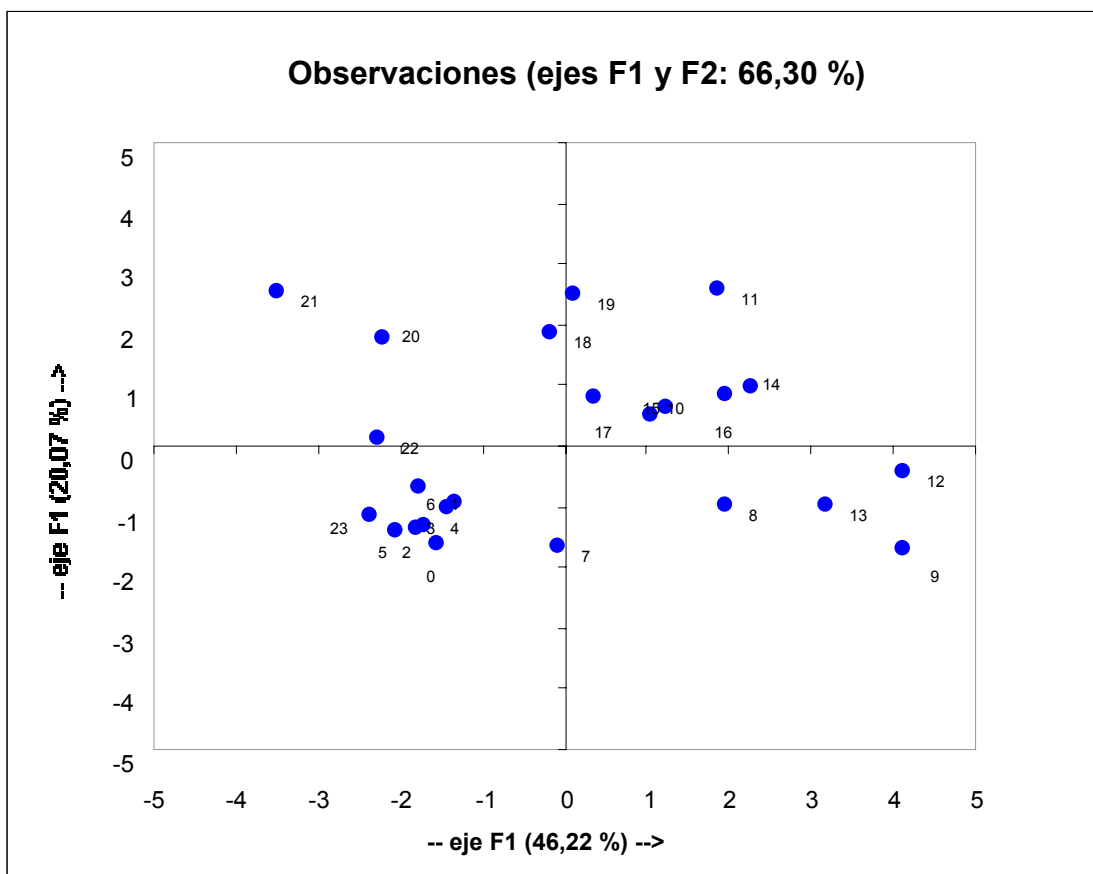


Figura 4. Coordenadas observaciones F1–F2 (elaboración propia)

Tabla 10. XLSTAT – Tabla de Pareto (elaboración propia)

X	Autovalor	% Acumulado
F1	4,622	46,224
F2	2,007	66,297
F3	1,632	82,616
F4	0,913	91,75
F5	0,503	96,777

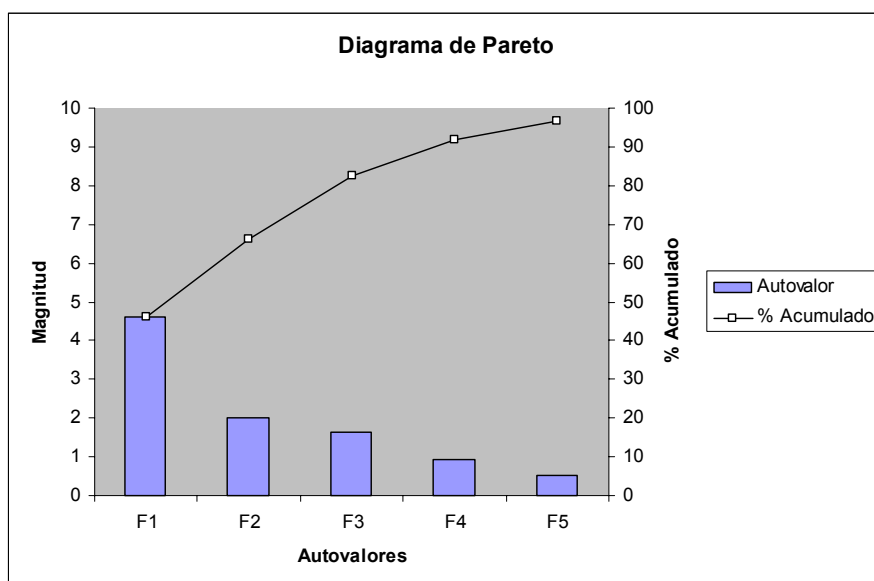


Figura 8. Diagrama de Pareto (elaboración propia)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Matriz de Correlación

El primer resultado interesante a analizar es la matriz de la correlación (Tabla 3). Observamos el resultado evidente que los índices de Global Solar kW/m² e Incident Solar kW/m² son perfectamente correlacionados ($r \approx 1$); idem con PV Power y Global Solar kW/m² e Incident Solar kW/m²; ocurre lo mismo con SW Air x kW y Wind Speed m/s. Las cinco variables son entonces redundantes; y por última, en menor medida, Excess Electricity kW con Wind Speed m/s y SW Air x kW. Observamos que Bat Energy Cost \$/kWh, es muy poco correlacionada con las otras variables, lo mismo que DC Primary Load KW y Bat State of Charge %.

Valores Propios

El siguiente cuadro y el gráfico asociado son vinculados a un objeto matemático, los valores propios (Tabla 4), que son vinculados a un concepto muy simple: la calidad de la proyección cuando pasamos de N dimensiones (N siendo el número de variables; en este trabajo 10) a un número más débil de dimensiones. En nuestro caso, observamos que el primer valor propio vale 4,622 y representa aproximadamente el 46% de la variabilidad. Eso significa que si representamos los datos en un sólo eje, tendremos entonces siempre 46% de la variabilidad total que será preservada. En la Figura 1 a cada valor propio corresponde un factor. Cada factor es en realidad una combinación lineal de las variables de inicio. Los factores tienen la particularidad de no ser correlacionados entre ellos. Los valores propios y los factores son ordenados en orden descendente de variabilidad representada. Idealmente, los dos primeros valores propios corresponden a un porcentaje elevado de la variabilidad, de manera que la representación sobre los dos primeros ejes factoriales es de buena calidad. En nuestro ejemplo, ese no es exactamente el caso, de donde se ve la necesidad de utilizar además de los gráficos de los factores F1 y F2, los gráficos en F1 y F3. Vemos aquí que el número de factores (descriptores) es 5, cuando teníamos al principio 10 variables. Eso es debido a las cinco variables redundantes. Se decidió utilizar un quinto descriptor (5 autovalores) para acumular en 96,777 % de información, igualmente su pudo haber eliminado una variable más

(Excess Electricity kW) y trabajar solamente con cuatro (4), pero la información acumulada sería solamente del 91,750 %.

Variables F1-F2

La Figura 2 es un gráfico que representa el círculo de las correlaciones (el círculo en los ejes F1 y F2). Corresponde a una proyección de las variables iniciales sobre un plano de dos dimensiones constituido por los dos primeros factores. Cuando dos variables se encuentran lejos del centro del gráfico, entonces si están: cercas unas de las otras, se dice que están significativamente correlacionadas en forma positiva (r cerca de 1); si se encuentran ortogonales unas de las otras, entonces están significativamente no-correlacionadas (r cerca de 0); si se encuentran simétricamente opuestas con respecto al centro, entonces están significativamente correlacionadas en forma negativa (r cerca de -1). Cuando las variables están relativamente cerca del centro del gráfico, entonces cualquiera interpretación es arriesgada, y es necesario referirse a la matriz de correlaciones o a otros planos factoriales para interpretar los resultados.

Observaciones F1-F2

El gráfico de la Figura 4 a continuación corresponde a uno de los objetivos del PCA. Permite representar los individuos en una carta de dos dimensiones, y así identificar tendencias. Así observamos para los horarios correspondientes, aquellos que poseen las mismas características. A la derecha del eje de ordenadas vemos para el horario matutino y vespertino, y a la izquierda para el horario nocturno (observación de F1 y F2). El Análisis de Componentes Principales es a menudo utilizado ante una regresión ya que permite evitar el uso de variables redundantes, o ante una clasificación ya que permite identificar la estructura de la población y eventualmente determinar el número de grupos a construir; consiste en expresar un conjunto de variables en un conjunto de combinaciones lineales de factores no correlacionados entre sí. Este método permite representar los datos originales (individuos y variables) en un espacio de dimensión inferior del espacio original, mientras limite al máximo la pérdida de información.

Diagrama de Pareto

Luego de aplicar las herramientas que proporciona XLSTAT para la determinación de los Componentes Principales se obtuvo la matriz de correlaciones, la cual fue transformada arbitrariamente en el vector **X** en orden ascendente en función de los pesos de los valores propios de la matriz. La Figura 8 muestra el diagrama de Pareto obtenido en función de los Componentes Principales (valores propios) seleccionados. El análisis de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación ayuda a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. La aplicación del mismo permite exhibir visualmente en orden de importancia, la contribución de cada elemento en el efecto total. En el gráfico sólo se visualizan los 5 primeros Componentes Principales debido a que los pesos de los 5 restantes son insignificantes respecto de los primeros, en los que se concentra más del 96 % de la información de la matriz original.

Señal Electrocardiográfica

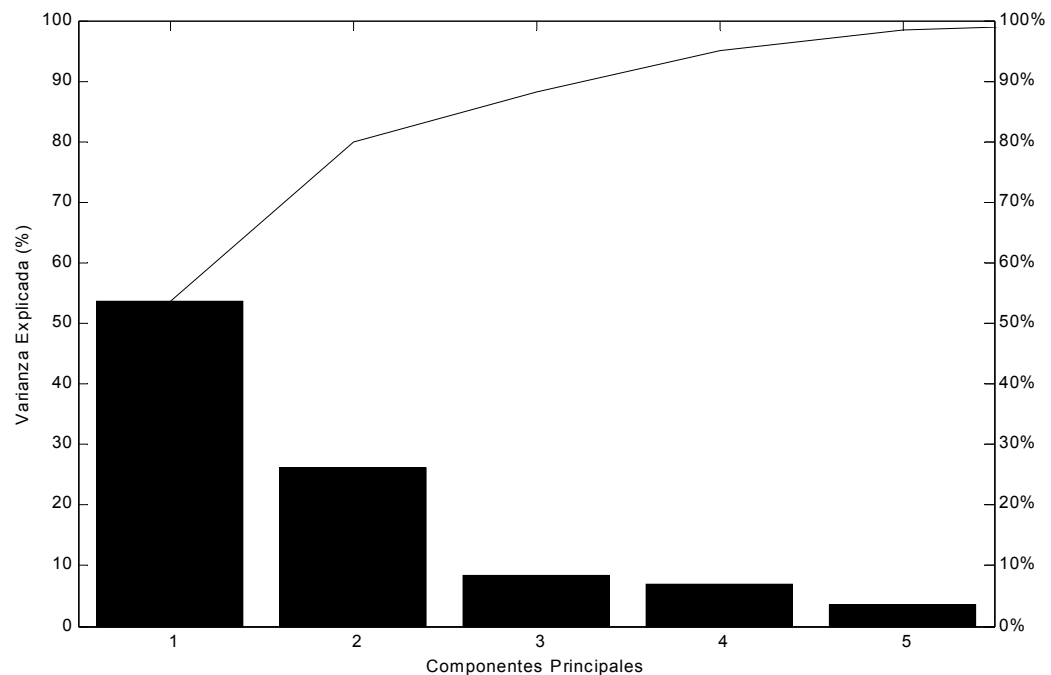


Figura 11. Diagrama de Pareto de los Componentes Principales.

Luego de aplicar las herramientas que proporciona Matlab para la determinación de los Componentes Principales se obtuvo la matriz de correlaciones que tiene una dimensión de 30 x 30, la cual fue transformada arbitrariamente en la matriz X en orden ascendente en función de los pesos de los valores propios de la matriz. La figura 11 muestra el diagrama de Pareto obtenido en función de los Componentes Principales (vectores propios) seleccionados. El análisis de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación ayuda a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. La aplicación del mismo permite exhibir visualmente en orden de importancia, la contribución de cada elemento en el efecto total. En el gráfico sólo se visualizan los 5 primeros Componentes Principales debido a que los pesos de los 25 restantes son insignificantes respecto de los primeros, en los que se concentra más del 98% de la información de la matriz original.

4. Conclusiones

El método de Análisis de Componentes Principales (PCA) es efectivo, y permitió cumplir con los objetivos mencionados anteriormente. Se logró reducir una matriz de datos de 10 variables a una matriz de 5 variables para el caso de las fuentes de energías renovables y de 30 en 5 para el caso del sistema QRS de la matriz cardíaca, en las que se concentra casi el 100% de la información. Con esta herramienta se eliminó la redundancia de datos para agilizar los tiempos computacionales, lo que constituye un objetivo primordial en el procesamiento de información.

5. Referencias

- [1] **Comon P.**, 1994. *Independent component analysis, A new concept?*. Signal Processing, Vol. 36, pp. 287–314.
- [2] **Pisarello MI, Álvarez Picaza C, Veglia JI**, *Compresión de Bio-Datos – Utilización del MATLAB aplicada al Análisis de Componentes Principales*. 1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería Prospectiva – Exposición Internacional de Ingeniería. Corrientes, 2005.
- [3] **Pisarello, MI**, *Wavelets, Bancos de Filtros y Análisis de Señales Biomédicas* (Tesis Doctoral) – Universidad Nacional del Nordeste – 2012.
- [4] **Anderson TW**, 1963. *Asymptotic Theory for Principal Components Analysis*. The Annals of Mathematical Statistics. Vol 34, Num 1, Pp 122-148.
- [5] **Pisarello MI, Álvarez Picaza C, Monzón JE**, *Reducción de Datos Electrocardiográficos a partir del Análisis de Componentes Principales*. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. SGCyT. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, 2005.
- [6] **Pisarello MI, Álvarez Picaza C, Monzón JE**, *Análisis de Componentes Principales para la Compresión del ECG*. Proceedings de la 5ta Conferencia Iberoamericana, Cibernética e Informática (CISCI 2006). Orlando - Florida - EE.UU.
- [7] **Hernandez M**, 1998. *Temas de Análisis Estadístico Multivariado*. Editorial Universidad de Costa Rica.

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COLECTOR SOLAR DE CONSTRUCCIÓN COMUNITARIA

Somoza, Juan Ignacio, Universidad Nacional de Tres de Febrero, jsomoza@untref.edu.ar
Tarditti, Omar, Universidad Nacional de Tres de Febrero, otarditti@untref.edu.ar
Montes, Sergio, Universidad Nacional de Tres de Febrero, smontes@untref.edu.ar
Gutiérrez, Omar, Universidad Nacional de Tres de Febrero, odgutierrez@untref.edu.ar
Poliszuk, Jorge, Universidad Nacional de Tres de Febrero, jpoliszuk@untref.edu.ar
Belogi, Agustina, Universidad Nacional de Tres de Febrero, agusbelogi@gmail.com
Sivo, Matías, Universidad Nacional de Tres de Febrero, matias.sivo@ gmail.com
Canto Trione, Dana, Universidad Nacional de Tres de Febrero, dannu.23@hotmail.com
Corrent, Mauro, Universidad Nacional de Tres de Febrero, mauro.corrent@ gmail.com
Prezzo, Matías, Universidad Nacional de Tres de Febrero, matiasprezzo@gmail.com
Soto, Ailén, Universidad Nacional de Tres de Febrero, ailenmfsoto@gmail.com
Sanchez Federico, Universidad Nacional de Tres de Febrero, feedexs@hotmail.com

Resumen— En los últimos años la energía solar térmica ha extendido su campo de aplicación, tanto en centrales de alta concentración para producción de energía eléctrica o calor de proceso, como también de forma distribuida para cocción de alimentos y producción de agua caliente sanitaria a nivel domiciliario o comunitario. Para esto último existen numerosos modelos comerciales, nacionales e internacionales, de diverso precio y calidad. Pero existen además prototipos de construcción sencilla, con materiales de fácil acceso y que admiten que el mantenimiento lo realice el mismo usuario. Éstos pueden ser usados como una herramienta de mitigación de pobreza en casos donde existen necesidades energéticas insatisfechas.

Desde la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Tres de Febrero se desarrolló un prototipo de colector solar de construcción comunitaria para uso domiciliario con materiales accesibles y de fácil manipulación, adquiridos en casas de sanitarios y ferreterías comerciales. Se priorizó que sea aplicable en zonas social y económicamente vulnerables y que la tecnología se pueda transferir a la comunidad. El primer prototipo ya está construido y actualmente se está evaluando su desempeño, al mismo tiempo que se está realizando una experiencia de transferencia tecnológica a una comunidad del Área Metropolitana de Buenos Aires.

Palabras clave— *Energía, Renovable, Transferencia Tecnológica.*

1. Introducción

Desde que los primeros sistemas de calentamiento solar de agua fueron desarrollados, se han llevado a cabo extensos estudios de investigación teórica y de pruebas de aplicación. Aunque

se ha convertido en una tecnología madura, el calentamiento solar de agua sigue siendo un ámbito de investigación.

Las numerosas investigaciones cubren varios aspectos de la tecnología, que pueden agruparse de la siguiente manera:

1. Sobre la estructura integrada y los componentes individuales, diseño, dimensionamiento y optimización: los trabajos consultados analizan las características de los calentadores solares de agua (CSA) en sus componentes individuales: los colectores solares, los revestimientos de la superficie de los colectores, sistemas de control, los tanques de almacenamiento y la optimización del sistema integrado. Estos trabajos tienen como objetivo ayudar a determinar y elegir la configuración específica más apropiada para una locación geográfica.
2. Simulación y predicción de rendimiento térmico: muchos trabajos teóricos han sido llevado a cabo para estudiar la eficiencia de la tecnología de los CSA y los procesos de transferencia de masa y calor. Estos trabajos pueden ser divididos en dos grupos: (1) modelos analíticos para abordar las transferencias de calor y los balances térmicos y (2) modelos energéticos para simular las características dinámicas del sistema.
3. Mediciones de laboratorio y comparación con predicciones de diseño: los objetivos de los estudios experimentales podrían ser resumidos como (1) identificar el rendimiento real del sistema bajo las condiciones de funcionamiento especificado; (2) examinar la fiabilidad y la precisión del modelo; y (3) establecer la correlación entre el análisis teórico y la aplicación práctica.
4. Evaluación de desempeño en tiempo real y medición in situ: tiene como objetivo examinar la precisión del modelo establecido en el análisis teórico y para predecir el rendimiento a largo plazo del sistema en diferentes condiciones climáticas y geográficas para el sistema de calentamiento solar de agua.
5. Ahorro energético, evaluación del rendimiento económico y medioambiental y análisis de aceptación social: los beneficios de los sistemas de calentamiento solar pueden evaluarse desde diversos aspectos: ahorro de energía, ahorros económicos y protección ambiental. Se han realizado estudios en diferentes regiones sobre el reconocimiento social de los sistemas de calentamiento solar.

A pesar de la cantidad significativa de trabajo realizado hasta la fecha, aún queda mucho por desarrollar en esta tecnología. Siguiendo una división similar a la planteada anteriormente, se pueden delinear los campos donde se necesita seguir avanzando:

1. El desarrollo de nuevos sistemas económicamente viables y energéticamente eficientes es un camino que aún hay que explorar, empleando tecnologías avanzadas (los conocidos como “loopheat pipes”, los colectores solares de doble propósito) o nuevos materiales (por ejemplo con materiales que cambian de fase) para remplazarlos sistemas convencionales. Las ventajas de estos sistemas aún requieren de validaciones a través de estudios teóricos y experimentales. También es un tema abierto la experimentación de nuevas configuraciones de sistemas.
2. Optimización de los parámetros estructurales y geométricos. Los principales desafíos son encontrar métodos de superar las dificultades que aún persisten, como los congelamientos durante el invierno y las bajas eficiencias entre otras.
3. Realización de medidas in situ y en tiempo real. Los ensayos de laboratorio no pueden imitar las condiciones reales de operación de los sistemas debido a limitaciones propias de los mismos. Por lo tanto es necesario más trabajo de campo para la evaluación de los sistemas en ambientes bajo condiciones climáticas naturales. También se deben realizar ensayos con

esquemas a largo plazo, por ejemplo estacional o anual. Con estos se podrá verificar los resultados de eficiencias calculados mediante modelos de diseño.

4. Ahorro energético, evaluación del rendimiento económico y medioambiental y análisis de aceptación social. Se deben llevar a cabo estudios para analizar la aceptación social y las influencias en materia energética, económicas y medioambientales, con el fin de demostrar el potencial de los sistemas de calentamiento solares. Así se podrán identificar los lugares donde el emplazamiento de estos equipos producirá el efecto más beneficioso y pudiendo promocionarse su uso. [1]

Vinculado con este último punto, existe un potencial en el uso de esta tecnología como herramienta de mitigación de pobreza urbana. Estos aspectos se encuentran íntimamente ligados entre sí ya que dentro de las necesidades básicas insatisfechas de los hogares pobres, se encuentran las energéticas: 2400 millones de personas todavía dependen de la quema de biomasa para satisfacer sus necesidades energéticas, no siempre de modo sustentable, y alrededor de 1600 millones de personas no tienen acceso a la electricidad. En la mayoría de los casos la infraestructura para el acceso a formas modernas de energía está presente en los alrededores de las zonas de pobreza, pero aún así no hay posibilidad de que estos habitantes accedan a ellas de forma estable. Además los ingresos de los pobres no sólo son bajos sino que son irregulares, por lo que la "calidad" de energía a la que pueden acceder varía de acuerdo a sus ingresos. La falta de reconocimiento legal de los asentamientos pobres urbanos, la casi inexistente posibilidad de movilidad social y el fenómeno de exclusión social que sufren, son factores que sólo pueden agravar esta situación, profundizándola con el paso del tiempo. [2]

Es en este contexto en el que las energías renovables pueden ocupar un rol significativo. Las tecnologías de la energía renovable de generación distribuida son diseñadas para el sitio en el que se van a instalar, teniendo en cuenta sus hábitos de consumo y los recursos disponibles. Muchas de estas formas de generación involucran tecnologías simples y existen prototipos de bajo costo de fabricación a lo largo de todo el mundo. Aquellos países que han mostrado políticas estables respecto a la implementación de energías renovables, como biodiesel, mini-hidroeléctrica, termosolar, eólica de baja potencia, etc., han mostrado grandes progresos. Aunque en general domina la generación de energía eléctrica, no deben ser desestimadas las formas de generación no-eléctricas como una forma valiosa de aliviar la pobreza, considerando que muchos hogares utilizan la quema de biomasa para calefacción y cocción de alimentos. [3]

Diferentes estudios informan que la existencia de la pobreza urbana en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) es una consecuencia de los mismos procesos de urbanización. Durante el proceso de migración del campo a la ciudad, para cubrir la demanda de mano de obra industrial, la expansión de las ciudades otorgaba condiciones laborales mejores que aquellas que solían tener los trabajadores en las áreas rurales de las que provenían. Con el aumento de población, el valor de la tierra se acrecentó al mismo tiempo que disminuía la demanda de mano de obra. Por tal motivo, la descendencia de los primeros migrantes tanto como las nuevas corrientes migratorias del campo a la ciudad, se encontraron con la falta de empleo regular y la imposibilidad de moverse de áreas marginales. Hoy en día, la falta de posibilidad de la tenencia legal de las tierras que habitan y poseer empleos regulares son dos asuntos estructurales de la raíz de la pobreza urbana. Como es esperable, los pobres en Buenos Aires se encuentran con toda una carga de necesidades básicas insatisfechas, entre ellas las energéticas. Aunque la electricidad y el LPG son popularmente usados, se suele dar en un contexto de irregularidades ya que la imposibilidad de pago y la falta de disponibilidad eléctrica constante, hacen que se recurra al carbón o a diferentes desechos sólidos como fuentes de energía, causando problemas de salud y accidentes. [4] Prototipos de generación de

energía no-eléctrica a partir de fuentes renovables podrían hacer un aporte significativo la mitigación de estas necesidades. En particular, los colectores solares de construcción comunitaria tienen un gran potencial por usar materiales de fácil acceso y construcción sencilla, favoreciendo mecanismos de transferencia tecnológica, de los desarrolladores a los usuarios. Estos procesos trascienden a la construcción del dispositivo ya que al hacerlo se transmiten una serie de saberes prácticos y conceptos asociados que permiten a los usuarios realizar el mantenimiento y mejoras del dispositivo, que podrán volcar en una construcción posterior. [5]

Desde la carrera de Ingeniería Ambiental de la UNTREF se realizó el desarrollo de un prototipo de colector solar de construcción comunitaria para ser aplicado en el AMBA mediante mecanismos de transferencia tecnológica.

2. Materiales y Métodos

En primer lugar se realizó un relevamiento de prototipos existentes de colectores solares de auto-construcción o construcción comunitaria. Se encontraron desarrollos de inventores particulares, destacándose el caso de José Alano en Brasil; trabajos de fundaciones u organizaciones ambientales y sociales, como es el caso de la Fundación Energizar o Colectando Sol en Argentina, y algunos pocos trabajos de extensión de Universidades Nacionales, como fue caso de un Programa llevado a cabo por la Universidad Tecnológica Nacional Regional Rosario, el Taller Ecologista y la Municipalidad de Rosario. Se seleccionó uno de estos diseños que es de amplia difusión, y un equipo de trabajo de docentes y estudiantes lo construyó en la Universidad. Esta experiencia permitió evaluar varias aristas:

- La facilidad en el acceso de los materiales propuestos: como la universidad se encuentra dentro del territorio que se quiere aplicar esta tecnología, el equipo de trabajo se encontró con dificultades o facilidades similares a las que se encontrará la comunidad en la que se quiere aplicar la tecnología.
- La complejidad de su construcción: el equipo de trabajo no tenía experiencia previa en construcción de equipos similares, por lo que fue una forma de evaluar la dificultad de las tareas que tendría que ejecutar la comunidad que lo arme.
- El desempeño del equipo: el prototipo construido se ensayaría en la misma región donde está pensada su aplicación.

A partir de los resultados obtenidos en esta experiencia, se realizó un diseño propio con el fin de mejorar algunos aspectos. Se construyó un segundo prototipo en donde se evaluaron los mismos aspectos que al anterior y se realizó una prueba de temperatura de estancamiento. La misma consiste en llenar totalmente de agua la placa colectora de sol, sin estar conectada al tanque de almacenamiento. Se expone la placa al sol y se ve a qué temperatura final se alcanza. Esta prueba se realizó en el patio de la sede “Caseros II” de la Universidad Nacional de Tres de Febrero el 27 de febrero de 2016 entre las 15:43 y las 16:20 hs. El día era soleado sin nubes, la inclinación de la placa era 45°C y la orientación respecto al sol se realizó de forma manual de modo tal que la placa quede alineada con el ángulo de azimut del sol. Se utilizó un sensor de temperatura digital marca Litz Instruments, modelo LZ-101.

Paralelamente al desarrollo del prototipo, se comenzó a trabajar con comunidades del AMBA donde esta tecnología podría ser aplicada con fines de mitigación de necesidades básicas. Actualmente se está trabajando con la comunidad de Barrionuevo, en el partido de Merlo. Allí se está articulando con un grupo de religiosas católicas pertenecientes a la organización de las Esclavas del Sagrado Corazón de Jesús, quienes desde hace aproximadamente 20 años tienen

en el barrio una comunidad inserta y se dedican a tareas de promoción de la educación, los derechos de las mujeres, violencia familiar y trabajo con inmigrantes. Junto con los vecinos y vecinas se está desarrollando un proceso de transferencia tecnológica en donde ya se realizó un diagnóstico de la situación energética del barrio, se presentó la tecnología de los colectores solares como una alternativa sustentable y se está haciendo la construcción comunitaria de un prototipo para el centro comunitario de la capilla del barrio.

3. Resultados y Discusión

Se eligió el prototipo desarrollado por Alano [6] y se construyó en la Universidad. La Figura 1.a muestra el prototipo construido. En este proceso se pudo verificar que este modelo es de muy bajo costo por los materiales que utiliza, pero su construcción no es sencilla ya que requiere un alto grado de trabajo artesanal que es difícil de adquirir sin tener que repetir los procesos un gran número de veces. Esto es una dificultad para el proceso de transferencia tecnológica ya que se busca que el armado lo pueda llevar a cabo la comunidad que lo va a usar, sin necesidad de contar con experiencia previa. Además, se detectaron otros aspectos puntuales:

- El uso del polipropileno para conducir el agua en la placa captadora de calor, es de bajo costo y fácil acceso, pero es un material aislante térmico, cuando debería ser conductor.
- Reutilizar botellas PET tiene beneficios ambientales, pero el estado de las botellas no siempre es óptimo. Además, se considera que el mejor destino para una botella PET es que sea reprocesada para convertirse nuevamente en botella PET.
- Las uniones entre las botellas PET no son lo suficientemente herméticas, por lo que se reduce el rendimiento del equipo.
- Con el tiempo las botellas comienzan a opacarse y van dejando de cumplir su función (permitir el paso de los rayos del sol para calentar el caño, transparencia), lo que hace que los usuarios tengan que cambiarlas cada determinado período de tiempo.

Tomando como punto de partida esta experiencia, se comenzó a desarrollar un nuevo prototipo bajo la premisa de que la calidad del producto final no sea tan dependiente del trabajo artesanal como en el caso anterior y se descartó el uso de las botellas PET por los motivos ya explicados. Los principales cambios propuestos fueron:

- Utilización de caños de aluminio para la conducción del agua dentro de la placa captadora de calor. El aluminio reúne las condiciones de tener buena conductividad térmica y bajo costo.
- Armado de la placa captadora con un cajón de madera aislado con poliestireno y cobertura superior de policarbonato alveolar transparente de 6 mm de espesor. De esta manera se garantiza una mejor aislación térmica, pero se incrementa el costo, aunque tanto la madera como el policarbonato puede ser conseguido como material sobrante de obra.

Estos cambios fueron incorporados en el desarrollo de un nuevo prototipo que se terminó de construir en febrero de 2016. La figura 1.b muestra el modelo terminado. La Figura 2 muestra imágenes del proceso de construcción del mismo en la Universidad. La Tabla 1 muestra el listado de materiales usados para su construcción.



a)



b)

Figura 1. Imágenes de los prototipos de colectores solares contruidos. a) Primer modelo construido, de diseño de popular. b) Segundo modelo construido de diseño propio.

Tabla 1. Materiales usados para la construcción del prototipo de diseño propio

Componente	material usado
CAJÓN	madera multilaminado fenólico 18 mm
	tornillos de madera
	cola de carpintero
AISLANTE	telgopor de 50 mm de espesor
PLACA CONDUCTORA	Aluminio gastronómico
CAÑOS	caño de aluminio de 22,2 mm de diámetro x 2mm de espesor roscado en los extremos con una terraja para acero.
MANIFOLDS	Té de reducción 1" x ½" polipropileno rosca
	enterrosca 1" polipropileno rosca
	Unión doble ½"
	enterrosca ½" polipropileno rosca
	llave esférica plástico ½"
	nipple de 1" x 10 cm polipropileno rosca
	unión doble 1" polipropileno rosca
PINTURA NEGRA	pintura negra mate sintético
PLACA TRANSPARENTE	policarbonato alveolar 6 mm
MARCO	perfil "L" aluminio 12,5 mm de ala
	cemento de contacto
	tornillos de madera
BURLETE	burlete común de puerta
SELLADOR	sellarosca para caños polipropileno agua

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2. Imágenes del proceso de construcción del prototipo de colector solar de diseño propio.

El colector construido consta de 10 caños de aluminio de 1 m de largo, conectados entre sí en paralelo. Para ello se utilizaron los accesorios detallados en la Tabla 1 en las siguientes cantidades: 20 Té de reducción, 10 unión doble de $\frac{1}{2}$ ", 10 enterrosca de $\frac{1}{2}$ ", 18 nipples de 1" x 10 cm, 2 llaves de 1", 2 enterrosca de 1", 2 uniones doble de 1". Se armó un cajón de madera de 1,2 x 1 x 0,15 m, aislando el fondo y los laterales con telgopor. Sobre éste se pegaron 2 capas de aluminio gastronómico que se pintó manualmente de color negro mate, y allí se apoyó el conjunto de caños, también pintado a mano color negro mate. El cajón se cerró con la placa de policarbonato montada en un marco de aluminio y usando un burlete como sello.

Para realizar la prueba de estancamiento se llenó la totalidad de la placa colectora con $(3,8 \pm 0,2)$ l de agua de red y se expuso la placa al sol. Los resultados de la prueba de estancamiento del prototipo se muestran en la Figura 3. Allí se puede observar que la temperatura del agua se elevó a razón de $0,9$ °C/min y que no alcanzó un valor de equilibrio durante el ensayo ya que a los 80 °C se detuvo porque por arriba de esa temperatura se puede producir un daño en los materiales de polipropileno.

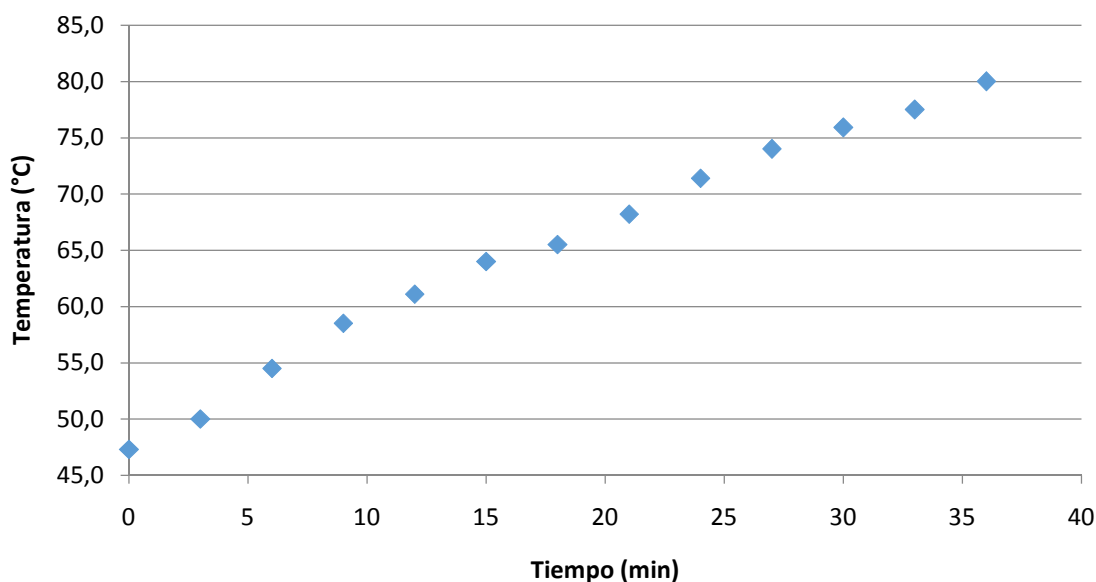


Figura 3. Temperatura del agua en la placa colectora en función del tiempo durante la prueba de temperatura de estancamiento del prototipo construido. La temperatura se midió con un error absoluto de $0,1$ °C el tiempo con un error de $0,2$ minutos.

En cuanto al proceso de transferencia tecnológica que se está realizando en Barrionuevo, Merlo, ya se llevaron a cabo 4 encuentros en el centro comunitario de la capilla. En el primer encuentro se realizó un relevamiento del mapa energético del barrio, junto con 40 vecinos aproximadamente. Se ratificó que pocos vecinos cuentan con red de gas y/o conexión formal a la red eléctrica. En muchos de los casos a ninguno de ambos o sólo a uno. Además, ningún hogar tiene agua corriente. En cuanto a la propuesta del armado de un colector solar, fue de gran interés la participación de algunos participantes que contaban con conocimientos de plomería, realizando acotaciones o preguntas específicas. Al momento de publicación de este trabajo ya se realizaron 3 jornadas de armado en donde se construyó e instaló un colector solar en el centro comunitario que aguarda ajustes finales para su uso. El costo total de los materiales usados en la instalación fue \$3.500 aproximadamente.



Figura 4. Imágenes del armado comunitario del colector solar en Barrionuevo, Partido de Merlo, Provincia de Buenos Aires.

4. Conclusiones y recomendaciones

La utilización de colectores solares tiene un gran potencial como herramienta de mitigación de necesidades energéticas por la posibilidad de desarrollar prototipos con materiales accesibles, de fácil construcción y susceptibles de ser transferidos a comunidades para que se apropien de la tecnología. Siguiendo estas premisas, se realizó un diseño para ser aplicado en el Área Metropolitana de Buenos Aires en casos de pobreza urbana.

El prototipo construido fue satisfactorio en términos de facilidad de construcción, ya que no exige conocimientos previos específicos ni herramientas o métodos sofisticados de construcción. Además, los materiales usados son de uso corriente en los rubros de construcción, plomería, gas, etc. En cuanto a su desempeño, la prueba de temperatura de

estancamiento mostró que en un día soleado del mes de febrero, este valor superaría los 80 °C en 40 minutos aproximadamente. Hay más ensayos que se pueden realizar para conocer más en detalle el funcionamiento del equipo. Para ello se espera poder contar con una plataforma de pruebas en la Universidad en un futuro cercano.

La experiencia de transferencia tecnológica que se está llevando a cabo en Barrionuevo, Merlo, ha mostrado que este tipo de tecnología es de gran interés y que se puede realizar una construcción comunitaria de un colector solar en donde la comunidad sea protagonista y se apropie de la tecnología. Quedan pendiente los ajustes necesarios del sistema para que comience a ser usado en el centro comunitario y allí se podrá evaluar su comportamiento en campo.

5. Referencias

- [1] Zhangyuan Wang, Wansheng Yang, Feng Qiu, Xiangmei Zhang, Xudong Zhao (2015). Solar water heating: From theory, application, marketing and research. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 41, p. 68-84.
- [2] GNESD, Clean Energy for the Urban Poor: an Urgent Issue, 2008.
- [3] GNESD, Can renewable Energy make a real contribution?, 2006.
- [4] Bravo G., Kozulj R., Landaveri R. (2010). Energy access in urban and peri-urban Buenos Aires, *Energy Economics Institute, Fundación Bariloche*.
- [5] Barros V., San Juan G. (2010). Evaluación de los Aspectos Involucrados en el Proceso de Transferencia Tecnológica, a través de la comparación de siete experiencias. Construcción de colectores solares para calentamiento de agua, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14*, Argentina
- [6] http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf, abril 2016.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

IMPACTO AMBIENTAL DE FUENTES DE ENERGÍA ALTERNATIVA. ESTUDIO DE CASO: GASIFICACIÓN SUBTERRÁNEA DE CARBÓN

Jorge Machalec, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda-
Departamento de Ingeniería Química, jorgemachalec@yahoo.com.ar

Cristina Speltini, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda-
Departamento de Ingeniería Química, cristinaspeltini@yahoo.com.ar

Rubén Gil, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Avellaneda-Departamento
de Ingeniería Química, rubenfgil@live.com.ar

Resumen— Existen diferentes fuentes de energía alternativa que encontrándose en fase experimental o de aplicación a escala intentan cobrar protagonismo toda vez que se produce un desabastecimiento o incremento desproporcionado en el costo del petróleo, algunas de estas fuentes de energía alternativa mostraron un desarrollo tecnológico significativo sugiriendo la posibilidad de ser utilizada como recurso estratégico, sin embargo los impactos ambientales derivados de su funcionamiento, ponen de manifiesto algunas incongruencias que demandan una realimentación tecnológica a fin de garantizar la sostenibilidad ambiental. La Gasificación Subterránea de Carbón (GSC) es un claro ejemplo de lo expuesto, esta tecnología transforma el carbón depositado en yacimientos subterráneos en gas de síntesis y cuenta con un amplio recorrido de desarrollo tecnológico, desde su implementación ha mostrado que en su evolución se lograron objetivos importantes desde el punto de vista de la seguridad operativa mostrando algunos interrogantes desde el punto de vista ambiental.

Palabras clave—energía alternativa, recurso estratégico, sostenibilidad ambiental.

1. Introducción

Las diversas experiencias realizadas, tanto en la fase experimental a escala de laboratorio como las de plantas piloto, incluyendo la tecnología CRIP (Controlled Retracting Injection Point) actualmente en etapa de investigación, han generado una gran expectativa sobre el carbón no explotable por procesos convencionales de minería, para ser transformado en gas de síntesis y posteriormente ser utilizado como recurso energético no convencional. La tecnología de explotación pasó por diversas etapas de desarrollo cuya aplicación mostró una gran variedad de impactos ambientales negativos propios del proceso de una explotación minera y presenta una serie de interrogantes sobre los desarrollos más innovadores.

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis comparativo de las tecnologías aplicadas y sus implicancias ambientales basado en la utilización de matrices de doble entrada como herramientas de análisis.

2. Materiales y Métodos

En una primera etapa se analizaron distintos impactos ambientales sobre el suelo, el agua, la atmósfera y los riesgos operativos relativos a la gasificación subterránea de carbón (GSC). Posteriormente se realizó una comparación entre la tecnología convencional y la tecnología de retracción en el punto de inyección denominada CRIP, por medio de una matriz cualitativa, para la fase operativa

1- Recurso suelo

1.1-Subsidencia

El proceso de gasificación subterránea implica el consumo de un sólido, el carbón, transformándolo en gases y cenizas. La desaparición del sólido por combustión da lugar a la formación de espacios vacíos (cavidades), que dependiendo de las características geológicas e hidrogeológicas del terreno pueden colapsar, provocando depresiones superficiales indeseadas denominadas subsidencias. El colapso es función de la profundidad, el tamaño y la geometría de la cavidad, las características de las rocas y sus fracturas, y la forma de llenado de la cavidad [1]. La Figura 1 muestra el colapso del techo de la cavidad y el desarrollo del hundimiento de la superficie, hecho que generalmente se presenta en las cavidades generadas en los procesos de GSC. El potencial colapso del techo se encuentra naturalmente influenciado por las fuerzas de tensión, la competencia de las rocas suprayacentes inmediatas a la cavidad y la naturaleza de la sobrecarga en la superficie. Si las rocas están articuladas y en capas delgadas se favorecerá el colapso estructural de los horizontes del suelo que se encuentran por encima de la cavidad. A consecuencia de ello los acuíferos también pueden verse afectados por el colapso. Si la profundidad y las condiciones de extracción permiten que las arcillas fluyan hacia la zona de colapso se producirá la depresión superficial.

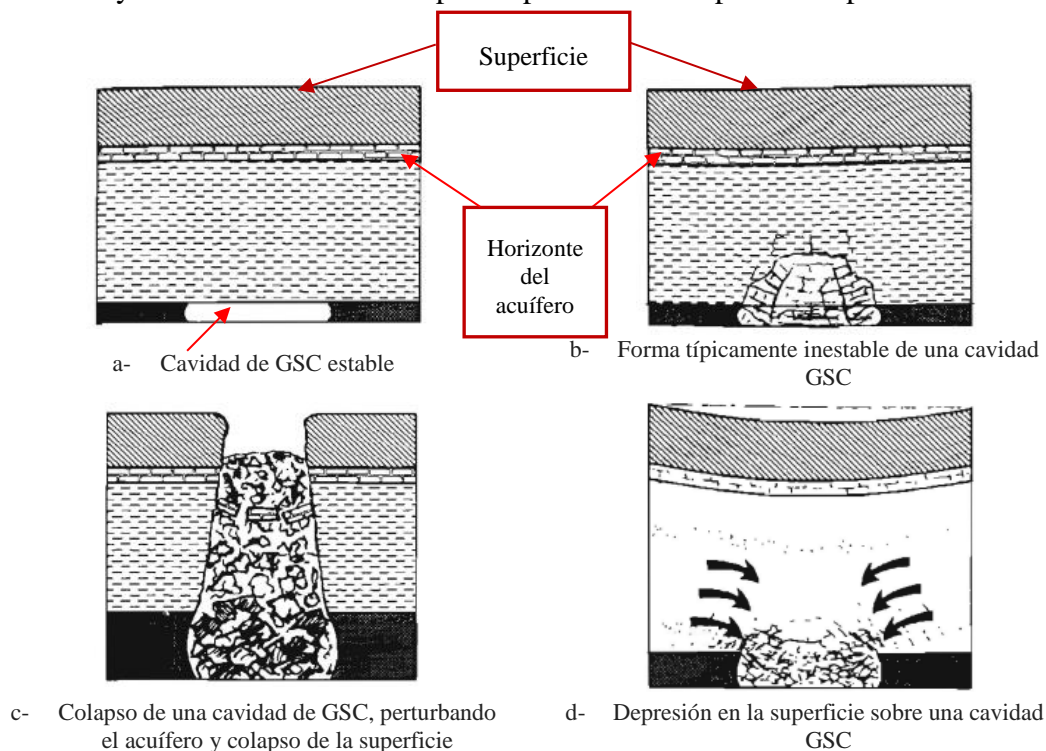


Figura 1. Estado de la cavidad durante la GSC.

Impacto ambiental de fuentes de energía alternativa. Estudio de caso: gasificación subterránea de carbón

Los estudios realizados han abarcado diferentes líneas de investigación entre ellas se encuentra el estudio de los efectos térmicos en el colapso del techo y el desarrollo de la subsidencia resultante derivada de la gasificación subterránea. La influencia del secado de las rocas circundantes fue considerada como un factor importante en la reducción de la subsidencia. Concluyendo que la carga térmica tiene una influencia menor sobre el hundimiento de la superficie debido a la baja conductividad térmica del medio.

1.2- Residuos peligrosos

Grandes cantidades de carbón parcialmente quemado y de hidrocarburos producidos durante la reacción quedarán en el subsuelo una vez finalizada la explotación del yacimiento. El efecto colateral de estos depósitos de residuos peligrosos es su lixiviación y consecuente contaminación del suelo circundante y de los acuíferos.

2- Recurso Agua

La contaminación de las aguas subterráneas es considerada por diversos autores [1] como uno de los más graves riesgos relacionados con los procesos de GSC.

2.1- Contaminación de las aguas subterráneas

Los contaminantes pueden afectar el agua subterránea durante el proceso de GSC, tanto en la etapa final del proceso como en los períodos posteriores al cierre de la explotación. La composición del gas producido está influenciada en gran medida por las características del yacimiento y por la tecnología de gasificación. El mecanismo de contaminación implica la difusión de los contaminantes generados en el proceso hacia las formaciones subterráneas que rodean al yacimiento. Los gases tales como CO₂, NH₃ y también los sulfuros, pueden afectar el pH del medio, la demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente) de las aguas subterráneas [2].

Los contaminantes que afectan el agua subterránea, producidos por la explotación GSC; pueden clasificarse en contaminantes orgánicos y contaminantes inorgánicos.

Contaminantes orgánicos

Los principales contaminantes orgánicos presentes en el agua subterránea en inmediaciones de una explotación de GSC son los compuestos fenólicos [3]. La planta piloto de gasificación de lignito cerca de Fairfield, Texas, USA, permitió realizar un análisis sistemático de la calidad de las aguas subterráneas. Los estudios mostraron que los contaminantes orgánicos que se encuentran en menor proporción son los PAHs y los compuestos heterocíclicos Tabla 1.

Tabla 1. Resultados analíticos sobre muestras de agua subterránea tomadas cerca de la planta piloto de GSC, Fairfield.

Compuesto	Contenido de compuestos orgánicos [µg/l]		
	Antes de la gasificación	Poco después de la gasificación	Un año después de la gasificación
Fenólicos totales	7	100000	20
Heterocíclicos totales	No detectado	2200	No detectado
PAHs, 2 anillos	2	105	9
PAHs, 3 anillos	1	22	5
PAHs, 4 anillos	No detectado	7	No detectado
PAHs, 5 anillos	No detectado	3	No detectado
Orgánicos totales	10	103	34

Fuente: STUERMER DH, NG DJ, MORRIS CJ.

La operación de la planta experimental situada en Hoe Creek, Wyoming, USA, condujo a detectar niveles similares de estos mismos contaminantes en los estudios de calidad de las aguas subterráneas. Estos estudios han identificado 135 compuestos producidos por el proceso de GSC en muestras tomadas desde pozos de monitoreo después de 15 meses de haber finalizado la operación de la planta de gasificación [4].

Contaminantes inorgánicos

Varios estudios han informado sobre cambios en las sustancias inorgánicas de las aguas subterráneas debido al proceso de gasificación. Los resultados de los estudios realizados en Colonia Tennessee, Texas, USA y mostrados en la Tabla 2, dan cuenta del incremento en la concentración de los componentes inorgánicos en el agua luego de haber finalizado el proceso de gasificación. Los compuestos solubles de las cenizas aumentan las concentraciones de sólidos disueltos totales en el agua.

Tabla 2. Cambios en la concentración de sustancias inorgánicas presentes en el agua subterránea.

Compuestos/elementos	Concentración [mg/l]	
	Antes de la GSC	Después de la GSC
SDT	293	1462
Na ⁺	78	136
Ca ⁺²	8	94
SO ₄ ⁻²	5	625
HCO ₃ ⁻	275	385
Cl ⁻	9	338
NH ₃	7	163
F ⁻	0,2	5,3
B	No detectado	2,2

Fuente: STUERMER DH, NG DJ, MORRIS CJ.

Durante la gasificación, el azufre presente en el carbón se convierte en H₂S y el Cl₂ en HCl, provocando la disminución del pH al disolverse en el agua [5].

2.2- Afectación de acuíferos

La inyección de grandes cantidades de agua para producir la reacción de gas de síntesis puede conducir a la depresión del acuífero, afectando su disponibilidad y provocando intrusión marina en caso de que el acuífero no se encontrara confinado. Este efecto es particularmente evidente en el caso de los acuíferos costeros que pueden llegar a la salinización de sus aguas por el avance del agua de mar. En estos acuíferos existe un equilibrio entre el flujo de agua dulce y el flujo de agua salada. Al modificarse este equilibrio por recargas artificiales o disminución debido a extracciones de grandes masas de agua, el equilibrio entre los flujos de agua salada y dulce se altera. Desde un punto de vista hidrodinámico, se produce intrusión marina cuando los niveles dinámicos y/o estáticos en el interior del continente se sitúan por debajo del nivel del mar. Estudios realizados muestran que una vez producido el aumento de salinidad en el acuífero, el proceso evoluciona rápidamente y revertir el equilibrio puede requerir mucho tiempo.

3- Recurso atmósfera

3.1-Emisión de compuestos orgánicos

Diversos estudios han mostrado que cantidades significativas de hidrocarburos tóxicos y carcinogénicos (fenoles, heterocíclicos, PAHs, etc.) son producidos como subproductos del proceso de gasificación. Muchos de ellos se transportan a la superficie con el gas de proceso y

se incorporan a la atmósfera. Durante la operación del yacimiento inevitablemente ocurren emisiones no controladas y combustión de gas de proceso.

3.2- Gases efecto invernadero

Durante el proceso de GSC se generan cantidades significativas de CO_2 , junto con NO_x , SO_x y CH_4 . Algunos autores como [6] analizan, para estos emprendimientos, la posibilidad de aprovechar o almacenar estos gases de forma de evitar su venteo a la atmósfera.

3.3- Emisión de mercurio, arsénico y selenio

Es bien conocida la presencia de estos elementos, en distintos estados de oxidación, en el carbón. La combustión y la gasificación de cualquier clase de carbón son fuentes potenciales de emisiones a la atmósfera de elementos peligrosos para el medio ambiente si no se diseña e instala un sistema adecuado de retención de contaminantes. El $\text{Hg}_{(g)}$ es la especie dominante del mercurio presente en los gases del proceso de GSC. El arsénico está presente en fases condensadas como As_2S_3 y As cuando la temperatura del gas disminuye al rango de 200-300 °C en la salida del pozo. Para el selenio, el $\text{H}_2\text{Se}_{(g)}$ es la principal especie gaseosa a temperaturas inferiores a 1200 °C.

Debe tomarse en cuenta que todos estos compuestos presentan serios riesgos para la salud humana.

3.4- Emisión de material particulado, MP_{10} y $\text{MP}_{2.5}$

El proceso de gasificación de carbón produce material particulado (MP) que se libera a la atmósfera, con los consiguientes daños al medio ambiente y a la salud de las personas, ya que recientes estudios concluyeron que la exposición tanto aguda como crónica a ambientes con $\text{MP}_{2.5}$ incrementa la mortalidad por cáncer. Este estudio no considera el efecto de adsorción de gases como NO_x y SO_x , que incrementan el riesgo para la salud de las personas ya que suman la acción ácida a la mecánica.

4- Riesgos operativos

Independientemente de los riesgos inherentes a cualquier industria y a cualquier central de generación, se destacan aquí algunos de los riesgos propios del proceso de GSC que se consideran críticos.

4.1- Explosiones y envenenamiento

En el proceso GSC se produce hidrógeno y gas metano, ambos son incoloros, inodoros y altamente explosivos. También se producen grandes volúmenes de monóxido de carbono, que es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones muy bajas puede matar a seres humanos y animales. El proceso también produce ceras y alquitranes que poco a poco se acumulan en los pozos y las tuberías, promoviendo la inestabilidad del mismo. Un gran número de plantas piloto han concluido su operación debido a las explosiones sufridas en los pozos y en las tuberías.

4.2- Ambientes de trabajo peligrosos

El número de puestos de trabajo creados por la industria de la GSC es pequeño comparado con la inversión económica necesaria. Los trabajadores desempeñarían sus tareas en áreas de alto riesgo ocupacional. Además debe consignarse que los trabajadores tienen un mayor riesgo de enfermedad profesional y de accidentes.

3. Resultados y Discusión

La matriz, cualitativa, evalúa los impactos de las actividades sobre los aspectos ambientales detallados en la matriz, según el código de colores mostrado a continuación, Figura 2.

Levemente positivo	Levemente negativo
Moderadamente positivo	Moderadamente negativo
Altamente positivo	Altamente negativo

		Físico				Socioeconómico			Laboral
		Aire	Suelo	Agua superficial	Agua subterránea	Uso y ocupación del suelo	Calidad de vida de la población	Economía	Salud y seguridad ocupacional
Tecnología convencional	Condiciones operativas (temperatura y presión)								
	Compuestos orgánicos								
	Emisión de material particulado								
	Generación de GEI								
	Sustancias volátiles (Hg, As, Se)								
	Incendio, explosión								
	Residuos peligrosos								
	Generación de puestos de trabajo								
Tecnología CRIP	Condiciones operativas (temperatura y presión)								
	Compuestos orgánicos	N/D	N/D		N/D				
	Emisión de material particulado								
	Generación de GEI								
	Sustancias volátiles (Hg, As, Se)								
	Incendio, explosión								
	Residuos peligrosos		N/D		N/D				
	Generación de puestos de trabajo								

Figura 2. Matriz de comparación. N/D: Impacto No definido

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Las matrices presentadas muestran resultados de forma clara, identifican aspectos centrales y permiten realizar el resumen del estudio abordado sobre las implicancias ambientales analizadas en la comparación de las tecnologías aplicadas para el proceso de GSC.

En este caso particular, la tecnología CRIP evidencia avances concretos en la etapa operativa. Las condiciones de presión y temperatura en la fase de explotación resultan ser menos rigurosas que en el proceso convencional, también muestra un mejor desempeño en materia de seguridad operativa minimizando el riesgo por incendio y explosión, aspectos que se encuentran ampliamente comprobados en las diversas experiencias realizadas. Asimismo, da cuenta de mejores resultados respecto de la emisión de gases de efecto invernadero a causa de sistemas de captura de carbono de mayor eficiencia, en este mismo sentido resultan menores las emisiones de sustancias volátiles que contiene Hg, As y Se. No obstante las ventajas descriptas queda un interrogante planteado para la tecnología CRIP que tiene que ver con el pasivo generado en el interior de la cavidad, dado que a la fecha no se han terminado de generar cavidades semejantes a las que se obtendrían en explotaciones a escala, en relación con las sustancias contaminantes generadas durante el proceso de gasificación y su impacto sobre los acuíferos.

5. Referencias

- [1] BROWN KRISTIN M. (2012). “IN SITU COAL GASIFICATION: AN EMERGING TECHNOLOGY”. *National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation*, Tupelo, MS. *Sustainable Reclamation* June 8 – 15, 2012. R.I. Barnhisel (Ed.) Published by ASMR, 3134 Montavesta Rd., Lexington, KY 40502.
- [2] SHUQIN LIU, YONGTAO WANG A, LI YU, JOHN OAKEY. (2006). “Volatilization of mercury, arsenic and selenium during underground coal gasification”. *Fuel* 85 1550–1558.
- [3] HUMENICK M J, MATTOX C F. (1980) “Organic groundwater contaminants from underground coal gasification. *In Situ*”, 4(2): 78–85.
- [4] STUERMER DH, NG DJ, MORRIS CJ. (1982) “Organic contaminants in groundwater near an underground coal gasification site in northeastern Wyoming”. *Environ Sci Technol*;16:582–7.
- [5] COLLOT, ANNE-GAELLE. (2006). “Matching gasification technologies to coal properties”. *International Journal of Coal Geology* 65 191– 212.
- [6] ABDUL WAHEED BHUTTO A, AQEEL AHMED BAZMI, GHOLAMREZA ZAHEDI. (2013). “Underground coal gasification: From fundamentals to applications”. *Progress in Energy and Combustion Science* 39 189e214

CINÉTICA DE SEPARACIÓN DE LIGNINA DE CASCARILLA DE ARROZ LIBRE DE HEMICELULOSAS

Silvia Adriana Luque, Centro de Investigación en Química Orgánica Biológica, Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica, IMIT (UNNE-UTN-CONICET),
silviaadluque@gmail.com

Ester Chamorro, Centro de Investigación en Química Orgánica Biológica, Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica, IMIT (UNNE-UTN-CONICET), mandhy@hotmail.com

Mariano José Sequeira, Centro de Investigación en Química Orgánica Biológica, Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica, IMIT (UNNE-UTN-CONICET),
marianojosequeira@gmail.com

Eliana Paola Dagnino, Centro de Investigación en Química Orgánica Biológica, Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica, IMIT (UNNE-UTN-CONICET),
epdagnino@gmail.com

Resumen— La agroindustria es una de las industrias más importantes de la Argentina, pero la misma es acompañada por la generación de grandes cantidades de residuos lignocelulósicos. Estos residuos pueden ser utilizados como materias prima para la obtención de diversos productos de mayor valor agregado. Mediante la aplicación de una biorrefinería es posible separar los componentes principales de la biomasa lignocelulósica (carbohidratos, hemicelulosas, lignina, extractivos e inorgánicos), con el objetivo de aumentar la eficiencia del proceso.

En este trabajo se estudió la cinética de la separación de lignina Klason de cascarilla de arroz libre de hemicelulosas, mediante la recuperación de la misma en el licor de un proceso soda-etanol-agua. La separación se llevó a cabo mediante precipitación por acidificación con ácido sulfúrico.

Los resultados indican que la cantidad de lignina recuperada del licor a los 3 min de reacción fue de 12%bs (lignina recuperada/lignina en el material de partida), luego aumenta en gran medida hasta los 50 min, con 48,6%bs de lignina recuperada. A partir de este tiempo la cantidad se mantiene prácticamente constante.

Palabras clave— *lignina Klason, soda-etanol-agua, cascarilla de arroz, biorrefinería.*

1. Introducción

La agroindustria es una de las industrias más importantes de la Argentina, pero la misma es acompañada por la generación de grandes cantidades de residuos lignocelulósicos. Estos residuos pueden ser utilizados como materias prima para la obtención de diversos productos de mayor valor agregado. Mediante la aplicación de una biorrefinería es posible separar los componentes principales de la biomasa lignocelulósica (carbohidratos, hemicelulosas, lignina, extractivos e inorgánicos), con el objetivo de aumentar la eficiencia del proceso.

En la región del Noreste argentino (Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Formosa y Chaco) se concentra la producción de arroz, una de las industrias agrícolas más importantes de la Argentina, según datos informados por el Indec [1] y el Ministerio de Agroindustria de la Nación [2]. La cascarilla de arroz (CA) es un residuo lignocelulósico muy abundante de esta

industria. “La producción de arroz paddy en el año 2015 fue de 1.558.100 toneladas” [2]. Alrededor del 20% de la producción de arroz es cascarilla.

La CA actualmente es utilizada como aditivo para ladrillera, cama de pollos, rellenos, entre otros. Según los resultados encontrados por Dagnino [3], la CA está compuesta aproximadamente por 48,7% de carbohidratos estructurales totales, 17,2% de lignina insoluble en ácido (Lignina Klason), 1,8% de lignina soluble en ácido, 15% de inorgánicos y 8,2% de extractivos solubles en alcohol-agua. Por lo tanto, mediante una biorrefinería, la CA puede ser utilizada para generar productos con mayor valor agregado.

De acuerdo a investigaciones realizadas por El Mansouri [4], después de la celulosa, la lignina se considera como el material orgánico de origen natural más abundante en el planeta. La lignina es un polímero tridimensional altamente ramificado con una gran variedad de grupos funcionales que proporcionan centros activos para interacciones químicas y biológicas. También se define como un material polifenólico, amorfo generado por la copolimerización de tres monómeros fenil-propánicos denominados alcohol coniferílico, alcohol sinapílico, y alcohol p-cumarílico. “El contenido en masa de la misma depende del origen de la especie vegetal” [5]. “Su heterogeneidad depende de la especie de la planta del que se obtiene la lignina, el proceso de separación del material lignocelulósico, y el método empleado para su recuperación del licor negro” [6].

El Mansouri [4] también afirma que el potencial de utilización de las ligninas está lejos de ser aprovechado ya que la mayoría de ellas se incineran para generar energía y reciclar agentes químicos para el propio proceso. Actualmente la lignina se aprovecha en la formulación de adhesivos, principalmente las resinas fenol formaldehído (PF) y urea-formaldehído (UF). “Sólo una cantidad limitada (1-2%) ha sido utilizada para diferentes aplicaciones” [7].

Estudios realizados por Vázquez [6] y Fernández [8] se han enfocado en la producción de lignina con altas funcionalidades, que significa alta reactividad, que puede ser deseable para la mayoría de las aplicaciones en el mismo proceso de pulpeo optimizando las condiciones de operación para obtener a la vez una pasta con alta calidad y lignina con alta reactividad. Estos estudios [6,8], han confirmado que un tratamiento en condiciones muy severas contribuye a la producción de lignina con alta funcionalidad acompañado con una extensiva degradación de la celulosa.

Lin [9] afirma que se han utilizado varias técnicas para la separación y purificación de la lignina de licores negros comerciales. Las técnicas se basan en los cambios de solubilidad de la lignina, las diferencias entre el peso/tamaño molecular de la lignina o una combinación de ambos. “Los criterios utilizados para los métodos de separación son: (1) la lignina debe ser aislada con un alto rendimiento, (2) la lignina aislada debe estar libre de contaminantes, y (3) el procedimiento debe ser simple y fácil de realizar” [7].

Mussato y col. [10], encontraron que la precipitación ácida es el método más común usado para recuperar lignina de los licores, siendo capaz de causar una completa precipitación de lignina, cuando el pH es reducido a rangos de 2-3. Hernández Yzarra [11], realizó un estudio teórico y experimental de los agentes precipitantes utilizados para obtener lignina de los licores y luego de evaluarlos determinó que el ácido que presenta las mejores características para precipitar lignina es el ácido sulfúrico. En este trabajo se utilizó una concentración menor a la utilizada por otros investigadores, como Mussato y col. [10], quienes utilizan ácido sulfúrico concentrado (98% p/p). Esto se estableció con el objetivo de ensayar la recuperación de lignina del licor minimizando los costos así como también los residuos.

En trabajos de investigación anteriores llevados a cabo por Dagnino y col. [3,12], se realizaron las optimizaciones de los procesos de separación de hemicelulosas, ligninas e

inorgánicos de CA. Como continuación, en el presente trabajo se estudió la cinética de la separación de lignina Klason de CA libre de hemicelulosas, mediante la recuperación de la misma en el licor de un proceso soda-etanol-agua (SEA) modificado a partir del realizado por Dagnino [12]. Este proceso resulta de suma importancia para encontrar métodos óptimos de fraccionamiento de la biomasa lignocelulósica para el aprovechamiento integral de la misma.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia prima

Se utilizó el producto líquido obtenido del fraccionamiento soda-etanol-agua de cascarilla de arroz libre de hemicelulosas, proceso modificado a partir del realizado por Dagnino y col. [3].

2.1.1 Pretratamientos

La CA utilizada en el proceso, de variedad *epagri*, fue sometida a dos etapas de pretratamiento para la separación de sus componentes principales, en base a una biorrefinería de la biomasa.

La primer etapa fue un tratamiento ácido, en el cual la cascarilla de arroz original fue pretratada con solución de ácido sulfúrico de 0,3%p/v, a 152°C según proceso optimizado para cascarilla de arroz [3].

La segunda etapa fue un tratamiento soda-etanol-agua, que consistió en la mezcla del sólido con una solución de etanol-agua 54:46 y 8% sobre peso seco de NaOH, se efectuó una modificación del proceso optimizado por Dagnino y col. [12] para cascarilla de arroz libre de hemicelulosas. Se colocó 150 ml de esta mezcla en un reactor de acero inoxidable AISI 316 de 180 ml en una proporción del 10% de sólidos y se calentó en un baño de silicona termo resistente a 160°C y presión autogenerada. Luego de transcurrido el tiempo de reacción asignado, se detiene la misma por inmersión del reactor en baño de agua fría.

En ambos fraccionamientos, se separó el líquido del sólido mediante filtración en tamiz de malla 100. El sólido pretratado se lavó repetidas veces con agua y luego con solución 0,25 N de NaOH y el líquido (materia prima para este trabajo) se reservó a 4°C hasta su procesamiento.

2.2. Separación de lignina

Para la separación de lignina del licor obtenido del proceso SEA se efectuó una modificación del método de precipitación realizado por González [13], con ácido sulfúrico al 5% v/v. El licor producto del tratamiento SEA de CA libre de hemicelulosas se diluyó en una proporción 1:2 con agua destilada. Luego se calentó la mezcla a 50°C en un baño de agua, con agitación constante de 10 rpm utilizando un agitador magnético. Posteriormente, se acidificó la solución, con el agregado gota a gota de ácido sulfúrico al 5% v/v y constante agitación, hasta pH 3. Inmediatamente se enfrió la solución en un baño de agua a temperatura ambiente (25°C) y se filtró la misma al vacío con embudo Büchner y papel de filtro previamente tarado. El sólido se secó a temperatura ambiente en un desecador por 24 h y luego se almacenó en frasco de vidrio hasta su posterior caracterización.

Se evaluó la cinética de reacción a través de la precipitación de lignina Klason a distintos tiempos de reacción (entre 3 y 120 min), determinando el porcentaje de lignina recuperada. Para lo cual se realizaron ensayos de separación de lignina soda-etanol a diferentes tiempos de reacción, un ensayo para cada diferente tiempo.

2.2 Caracterización de la Materia Prima y del Producto

El porcentaje de Lignina Klason (LK) recuperada se determinó por análisis gravimétrico, y se calculó teniendo en cuenta la concentración de lignina en la CA libre de hemicelulosas y la masa de lignina recuperada, según la ecuación (1).

$$\%LK = (\text{peso de LK recuperada} / \text{peso de LK en CA libre de hemicelulosas}) * 100 \quad (1)$$

La determinación de lignina ácido insoluble en la cascarilla de arroz original y libre de hemicelulosas se llevó a cabo en trabajos previos por Dagnino [12], según procedimiento NREL/TP-510-42618.

Se caracterizaron las ligninas obtenidas mediante la determinación de inorgánicos y humedad. La composición de inorgánicos se determinó a partir de la muestra sólida, según procedimiento especificado por NREL/TP-510-42622, utilizando un horno mufla. La humedad o sólidos secos se determinó según procedimiento NREL/TP-510-42621, utilizando un horno a convección.

3. Resultados y Discusión

3.1 Caracterización de Materia Prima y el Producto

La cascarilla de arroz en estado original presenta 17,2%bs de lignina Klason. Luego del pretratamiento ácido el sólido residual se encontró prácticamente libre de hemicelulosas y su composición fue de 24,1%bs lignina Klason. Estos resultados fueron obtenidos en trabajos previos por Dagnino [12].

Los resultados de la cuantificación de lignina recuperada del licor producto del proceso SEA y su caracterización en función del tiempo de reacción se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje, composición de inorgánicos (I) y humedad (H) de Lignina Klason (LK) recuperada vs. tiempo de reacción.

Ensayos	Tiempo (min)	LK (%bs)	I (%bs)	H (%)
C1	3	11,9	0,7	6,2
C2	30	36,1	0,5	5,7
C3	40	45,5	0,5	6,5
C4	50	48,3	1,3	6
C5	60	50,5	1,2	5,5
C6	100	52,3	1,3	5,8
C7	120	51,7	1,8	5,5

Como puede observarse en la Tabla 1, el porcentaje de lignina recuperada aumenta en función al tiempo de reacción. Este aumento es significativo hasta los 50 min de reacción y luego crece en forma poco significativa hasta los 100 minutos.

El porcentaje de inorgánicos extraído del sólido es muy pequeño, entre 0,5 y 1,8%bs para los distintos tiempos de reacción. Por lo tanto, la mayor proporción de los inorgánicos permanecen en el sólido tratado. Por otro lado, la humedad de la lignina recuperada es relativamente constante entre 5 y 6%, indicando una humedad de equilibrio.

3.2 Cinética de la Separación

Se determinó el porcentaje de recuperación de lignina a partir del licor obtenido por el proceso SEA aplicado a cascarilla de arroz a diferentes tiempos de reacción. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

El porcentaje de lignina separada y recuperada aumenta al aumentar el tiempo de reacción, desde 11,9%bs de lignina Klason recuperada para 3 minutos hasta 52,3%bs para 100 minutos. Entre los 3 y los 50 minutos de reacción se presenta un aumento brusco, con 48,6%bs de lignina recuperada, tiempo a partir del cual permanece prácticamente constante.

Entre los 100 y los 120 minutos, hay una pequeña disminución en el porcentaje de lignina recuperada, esto puede deberse a que, a partir de los 100 minutos de reacción no puede extraerse una mayor cantidad de lignina en las condiciones de reacción establecidas. Por otro lado, las condiciones más severas de reacción favorecen la extracción de lignina del material lignocelulósico hasta un límite superior a partir del cual las moléculas de lignina comienzan a degradarse en gran medida. Estos cambios en la estructura provocan una disminución del peso de la lignina obtenida y dificultan su recuperación.

En la Figura 1 se muestra gráficamente este comportamiento.

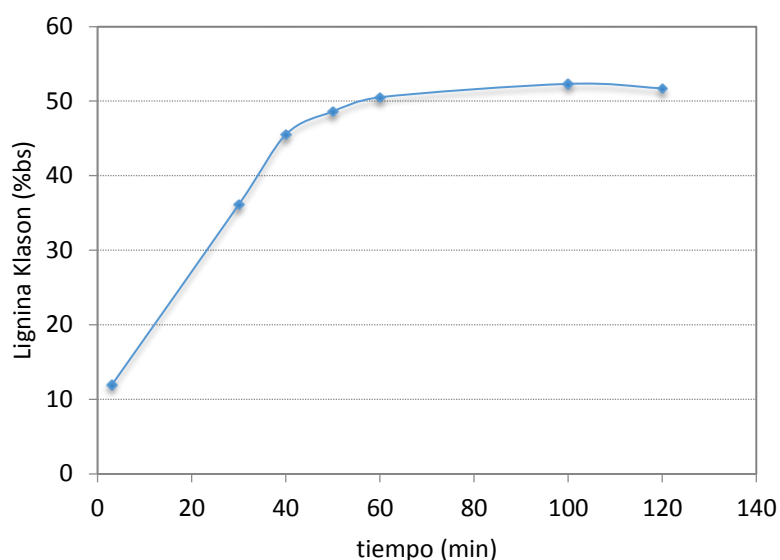


Figura 1. Porcentaje de Lignina Klason vs tiempo.

Fuente: elaboración propia

La mayor cantidad de lignina precipitada a pH 3 fue de 1,89 g para 100 min de reacción. Este resultado se traduce a 52,3% de lignina recuperada respecto a la lignina presente en el sólido libre de hemicelulosas y 70% de recuperación respecto de la lignina presente en el licor debido al tratamiento soda-etanol.

Mussato y col. [10] emplearon el método de precipitación utilizando ácido sulfúrico concentrado, para precipitar lignina del licor de un proceso soda, a partir de granos de una fábrica de cerveza. Estos autores [10] estudiaron la influencia del pH en la precipitación de lignina y obtuvieron entre 2,40 y 2,33 g de lignina a pH entre 2,6 y 3,2, para el mismo volumen de licor utilizado en este trabajo (150 ml). Los resultados obtenidos en este trabajo fueron levemente menores a los presentados por Mussato y col. [10]. Esta diferencia puede deberse a la materia prima utilizada, la cual posee en su composición un mayor porcentaje de lignina, 27,8%, contra 17% en CA original. Por otro lado, el tratamiento aplicado también fue diferente. En el proceso SEA, a diferencia del proceso soda, se utiliza etanol. La presencia de este alcohol en el licor puede aumentar la solubilidad de la lignina. No obstante, la diferencia en la cantidad obtenida es muy pequeña (21%) en comparación con la diferencia en la cantidad de lignina en el material original (61%), esto demuestra que el método SEA es una excelente alternativa para obtener lignina a partir de CA.

Según la cinética evaluada, 50 min sería el tiempo óptimo de reacción debido a que la cantidad de lignina recuperada entre los 50 y los 120 min no aumenta en gran proporción, en comparación con el aumento que se presenta entre los 3 y los 50 min.

En la Figura 2 se muestra el sólido obtenido luego de la precipitación para 50 min de reacción. En esta Figura se observa el aspecto terroso de la lignina Klason obtenida del licor soda-etanol-agua de cascarilla de arroz.



Figura 2. Lignina Klason de CA

Se estudió la velocidad de separación de lignina del licor, ajustando una cinética de primer orden a los datos obtenidos.

Para la reacción entre lignina e hidróxido de sodio, agua y etanol a 160°C, se considera la variación en la concentración de lignina, manteniendo la de los demás reactivos constante.

La velocidad de separación de lignina puede expresarse como:

$$-r = -dL/dt = -k \cdot L \quad (2)$$

Donde:

$-dL/dt$ = Velocidad de reacción

k = Constante de velocidad

L = Concentración de lignina (%bs)

Por integración de la ecuación (2), entre L y L_0 , se obtiene:

$$\ln L = \ln L_0 + k \cdot t \quad (3)$$

Donde:

L_0 = Concentración inicial de lignina en CA pretratada

Se grafica el logaritmo natural del porcentaje de lignina separada, en función del tiempo, entre 0 y 50 minutos, tiempo en el cual se obtiene la máxima recuperación de lignina. En la Figura 3 se presenta la gráfica mencionada.

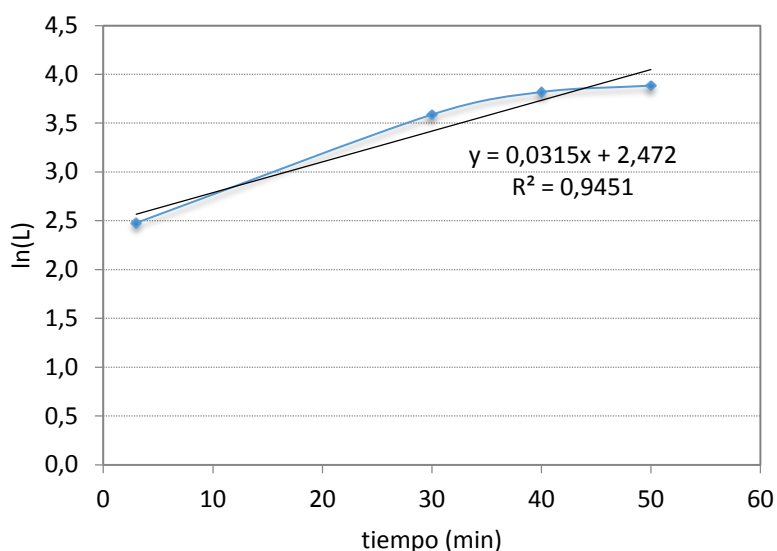


Figura 3. Cinética de la separación de lignina de CA libre de hemicelulosas.

En la Figura 3 se presenta la ecuación de la recta de ajuste, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0,9451$. Es importante mencionar que cada tiempo de reacción es un proceso separado, por lo cual este coeficiente R^2 es muy bueno. La relación entre el logaritmo natural del porcentaje de lignina separada y el tiempo se expresa con la siguiente ecuación:

$$\ln C = 0,0315C_0 + 2,472 \quad (4)$$

A partir de la ecuación (4) se obtiene una constante cinética $k = 0,0315 \text{ min}^{-1}$, que está representada como la pendiente de la recta.

4. Conclusiones y recomendaciones

Como resultado de este trabajo se encontró que la separación de lignina por acidificación del licor producto del proceso soda-etanol-agua de cascarilla de arroz libre de hemicelulosas presentó una velocidad de separación concordante a una cinética de primer orden entre los 0 y 50 min de reacción, con una constante cinética $k = 0,0315 \text{ min}^{-1}$.

La cantidad de lignina recuperada del licor a los 3 min de reacción fue de 12%bs, luego aumenta en gran medida hasta los 50 min, con 48,6%bs de lignina recuperada. A partir de este tiempo la cantidad se mantiene prácticamente constante. Además, la lignina obtenida es de alta pureza ya que presenta muy bajas proporciones de inorgánicos y humedad.

En este trabajo no se realizó una evaluación del efecto de la temperatura. Se recomienda, como continuación de este trabajo, un estudio que incluya esta variable.

Este proceso permite separar efectivamente lignina de CA y presenta la ventaja de ser menos agresivo con el medio ambiente, en comparación con los procesos convencionales. Es también interesante desde el punto de vista económico, ya que permitiría darle valor agregado a un producto, a partir de un residuo.

5. Referencias

- [1] Producción agropecuaria: Cuadro estadístico de producción de cereales por cultivo. Recuperado de:
http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=89
- [2] Informe de Coyuntura. Cadena del arroz. N°1 Junio 2016. Recuperado de:
http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/_archivos/160600_Informe_ARROZ.pdf
- [3] DAGNINO E.P, CHAMORRO E., ROMANO S.D., FELISSIA F.E., AREA M.C. (2013). Optimization of the acid pretreatment of rice hulls to obtain fermentable sugars for bioethanol production. *Industrial Crops and Products*. 42, 363– 368.
- [4] EL MANSOURI N.E., SALVADÓ J. (2006). Structural characterization of technical lignins for the production of adhesives: Application to lignosulfonate, kraft, soda-anthraquinone, organosolv and ethanol process lignins. *Industrial Crops and Products*. 24, p. 8-16.
- [5] DENCE C.W., LIN S.Y. (1992). General structural features of lignin. In: Lin, S.Y., Dence. C.W. (Eds.), *Methods in Lignin Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 3-6.
- [6] VÁZQUEZ G., FREIRE S., RODRÍGUEZ-BONA C., GONZÁLEZ J., ANTORRENA G. (1999). Structures, and reactivities with formaldehyde, of some acetosolv pine lignins. *Journal of wood chemistry and technology*. 19(4), 537-378.
- [7] LORA J.H., WOLFGANG G.G (2002). Recent Industrial Applications of Lignin: A Sustainable Alternative to Nonrenewable Materials. *Journal of Polymers and the Environment*.
- [8] FERNÁNDEZ A., OLIET M., GUILARRANZ M.A., ALONSO M.V., RODRÍGUEZ F. (2004). Caracterización de Ligninas Organosolv procedentes de Kenaf (*hibiscus Cannabinus L*). *Congreso Iberoamericano de Celulosa y papel*.
- [9] LIN S.Y. (1992). Commercial Spent Pulping Liquors. In: Lin, S. & Dence, C. (Ed.) *Methods in Lignin Chemistry*. Springer Berlin Heidelberg.
- [10] MUSSATO S., FERNANDEZ M., ROBERTO I. (2007). Lignin recovery from brewer's spent grain black liquor. *Carbohydrate polymers Journal*. vol 70, p. 218- 223.
- [11] HERNÁNDEZ YZARRA A. E. (2007). Precipitación de lignina a partir de licores negros nacionales.
- [12] DAGNINO E.P., CHAMORRO E., FELISSIA F.E., AREA M.C. (2015). Optimization of the Soda-ethanol delignification in the biorefinery of rice husk. *3er Congreso Iberoamericano sobre Biorrefinerías (CIAB), 4to Congreso Latinoamericano sobre Biorrefinerías y 2do Simposio Internacional sobre Materiales Lignocelulósicos*, p.1-2. Ciudad: Editorial.
- [13] GONZÁLEZ A.M., HERRERA J.P., RODRÍGUEZ M.A. (2007). Caracterización de fracciones de lignina extraídas del licor negro con solventes orgánicos. *Rev. For. Lat.* N° 42/2007. p. 5164.

El análisis de los productos de combustión y su uso en el cálculo de la máxima presión de combustión en motores de ciclo Otto.

Diego C. Caputo, Universidad de la Marina Mercante, dcaputo@udemmm.edu.ar

Rodolfo O. Berberi, Universidad de la Marina Mercante, rodolfo.berberi@gmail.com

Nestor A. E. Ferré, UTN FRBA, nesferre@gmail.com

Alberto Puriccelli, UTN FRBA, copimagen5@gmail.com

Verónica Fonteriz, UTN FRBA, vero_fonteriz15@hotmail.com

Romina Ferreira, UTN FRBA, roelizabeth_15@hotmail.com

Rodolfo N. Aguirre, UTN FRBA, aguirre.rodolfo@gmail.com

Blas E. Calvo, UTN FRBA, blascalvo88@hotmail.com

José M. Bruno, UTN FRBA, maurojbruno@yahoo.com

Resumen— El presente trabajo se encuentra inserto en el proyecto de investigación denominado “Modelo físico matemático del ciclo previsto para motores de combustión interna” (CIPREV). El grupo de investigación CIPREV persigue como objetivo la actualización de los modelos de cálculo para los ciclos de los motores de combustión. En este sentido se han desarrollado ensayos que permiten obtener datos reales de parámetros inherentes al ciclo de trabajo, para usarlos luego como parámetros de diseño. Este estudio tiene por objeto mostrar la técnica seguida para obtener el valor de la máxima presión de combustión desarrollada en el interior del cilindro de un motor que opera según el ciclo Otto de cuatro tiempos, utilizando para ello un análisis tradicional de gases de combustión. El valor así determinado se convierte en un factor fundamental para resolver la indeterminación que plantean los ciclos teóricos a este respecto. También completa el estudio del ciclo previsto como mejor aproximación a los ciclos reales. Esto se realiza mediante determinaciones paramétricas, ya que en ningún momento se introducen sensores de temperatura o presión dentro del cilindro del motor para mediciones directas.

Palabras clave— *motor, ciclo previsto, presión de combustión, potencia, análisis gases de combustión.*

1. Introducción

Como es suficientemente sabido el ciclo de trabajo de los motores de combustión interna se suele representar en su forma más convencional en diagrama cartesianos donde se representan en ordenadas los valores de presión que el fluido de trabajo alcanza en el interior del cilindro y en abscisas el volumen observado para cada posición del eje motor.

La conveniencia del estudio del ciclo en este tipo de diagramas se explica fácilmente, ya que el área representada por las transformaciones termodinámicas del ciclo representa el trabajo del mismo. Al trabajo así obtenido se lo suele llamar trabajo indicado. Esto es así, en virtud del aparato mecánico que antaño se utilizaba para trazar el ciclo en los grandes y lentos motores diesel como único medio para conocer dicha magnitud y la potencia. En la actualidad la incorporación de sensores de presión de respuesta casi lineal y en tiempo real, alta repetitividad, y con capacidad de soportar las rigurosas condiciones producidas en el interior del cilindro permiten obtenerlo en forma digital. El concepto de parámetros indicados quedó reservado a aquellos que son obtenidos directamente como consecuencia de las transformaciones termodinámicas del fluido. Es decir, que en ellos no se toman en cuenta las pérdidas mecánicas del motor.

Será entonces, una aproximación al ciclo indicado, lo que el proyectista de motores puede desarrollar en sus cálculos previos al diseño del motor. Para ello se servirá de diversos modelos entre los que podemos mencionar el ciclo teórico de aire, donde evoluciona como fluido de trabajo solamente aire en una máquina ideal y el calor es aportado por una fuente caliente externa, el ciclo límite, etc.

Estos modelos han sido desarrollados en la primera mitad del siglo XX. La incorporación de la tecnología digital en la medición y procesamiento de la información, los métodos numéricos y de elementos finitos hacen posible la obtención de información que puede ser utilizada como parámetro de diseño. El grupo CIPREV trabaja desde hace más de dos años con el objeto de actualizar los modelos tradicionales con datos obtenidos de mediciones paramétricas. Tomando el concepto propuesto por Giacosa [1] al ciclo se lo ha denominado ciclo previsto. Este intenta representar la mejor aproximación al ciclo indicado real durante la fase de proyecto.

Sin embargo, una mirada rápida a los modelos tradicionales de cálculo para el ciclo de trabajo de los motores de combustión interna, permite apreciar algunas dificultades que suelen conducir a indeterminaciones insalvables. La dificultad más frecuente suele darse en la determinación de los parámetros asociados al punto de máxima presión y temperatura durante el proceso de combustión. El presente trabajo intenta proponer la utilización del diagrama Rosin – Felhing combinado con un método experimental basado en la medición de los productos de combustión durante un ensayo de banco a plena carga, a los efectos de salvar esta indeterminación frecuente. También se podrán sacar conclusiones sobre cómo utilizar los datos obtenidos como parámetros de diseño.

2. Modelo propuesto para la determinación de la máxima presión de combustión.

Asumiendo que el combustible utilizado es octano C_8H_{18} , se presumirá conocida la demanda estequiométrica de aire, la cual se representará con el símbolo α y corresponde al cociente entre la masa de aire m_a requerida en condiciones de combustión perfecta y la unidad de masa de combustible m_c .

$$\alpha = \frac{m_a}{m_c} \quad (1)$$

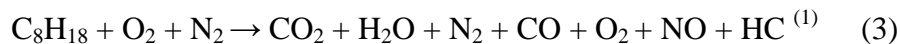
La relación α para el octano indica que la demanda de aire vale 15,25 kg de aire por cada kg de combustible que interviene en el proceso de combustión. Esto equivale a suministrar 3,508kg de O_2 por cada kg de combustible, asumiendo que la proporción de O_2 presente en el aire es del 23% en masa. El poder calorífico teórico será de aproximadamente 10.520 kcal/kg de C_8H_{18} , y su masa molecular de 114kg/kmol. Si bien estos datos se encuentran tabulados, también es posible calcularlos. Se asumen conocidos por un criterio de economía y practicidad a los efectos de no desviar la atención del tema central.

En el motor real el proceso de combustión se realiza con un determinado exceso de aire λ que asegura las mejores condiciones de combustión con los más bajos niveles de emisiones posibles. De este modo la masa total de fluido m_t que interviene en cada ciclo será:

$$m_t = m_c \cdot (\lambda \alpha + 1) \quad (2)$$

En la etapa de diseño el valor λ resulta desconocido, pero su impacto en los cálculos posteriores es determinante. Así pues, el factor de exceso de aire con que se realiza la combustión determina la temperatura de la misma y la cantidad de energía que se puede obtener, el nivel de emisiones, la posibilidad de que aparezcan productos de la combustión indeseados, el rendimiento de la combustión, etc. Excesos de aire importantes provocan una mezcla pobre con disminución de la temperatura y energía disponible. Al mismo tiempo, si el exceso de aire resulta muy grande, hay tendencia a la aparición de óxidos de nitrógeno en los productos de combustión. Por otro lado, si λ es excesivamente pequeño o en defecto ($\lambda < 1$), la mezcla se denomina rica. El motor aumenta inicialmente su potencia pudiendo quemar con humo negro (presencia de inquemados en los productos de combustión), el rendimiento también disminuye y se produce un aumento importante de las emisiones de CO.

Para este estudio la ecuación de combustión que se propone es la siguiente:



Antes de avanzar en el análisis estequiométrico de la ecuación será necesario aclarar lo siguiente:

- Todos los hidrocarburos contienen pequeñas porciones de azufre, que durante el proceso de combustión se combinan con el oxígeno formando óxidos de azufre. En este cálculo no han sido tenidos en cuenta ya que se parte del supuesto de un combustible teórico y general a los efectos de probar el modelo. De contarse con el análisis químico completo del combustible real a utilizar puede incorporarse la cantidad correspondiente entre los productos entrantes que participan de la combustión, y calcular la cantidad correspondiente de productos de la combustión que genera.
- ⁽¹⁾ Se asumirá la aparición de inquemados, generalmente bajo la forma de humos en el escape. Su composición se asociará bajo la forma de C_8H_{18} no quemado, aunque su formulación resulta extremadamente heterogénea.
- En la práctica se dan una gran cantidad de variantes de óxidos de nitrógeno, no obstante los más comunes son el NO, NO_2 y N_2O ; con preponderancia del primero. A los efectos de simplificar el modelo se asumirá que los óxidos de nitrógeno se agrupan bajo la forma de óxido nítrico (NO).

Para establecer la cantidad total de productos de combustión se utilizarán las ecuaciones fundamentales de la estequiometría.

La demanda teórica de oxígeno para la combustión completa en función de los compuestos presentes en el combustible se calcula de la siguiente manera:

$$O_{ov} = 1,86C + 5,6 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 0,7S \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (4)$$

La cantidad de aire que es necesario aportar para obtener el oxígeno estequiométrico puede calcularse como sigue:

$$A_{ov} = \frac{O_{ov}}{0,21} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (5)$$

La cantidad de aire con exceso incluido que efectivamente participa de la combustión será entonces:

$$\text{Aire } \lambda = A_{ov} \cdot \left(\frac{\lambda(\%)}{100} + 1 \right) \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (6)$$

La cantidad de gases totales será la suma de los gases secos con el exceso de aire con que se realiza la combustión y los gases húmedos. Estos pueden obtenerse como:

$$G_{sv} = 1,86C + 0,7S + 0,79A_{ov} + 0,8N \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (7)$$

$$G_{sve} = G_{sv} + A_{ov}(\lambda - 1) \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (8)$$

$$G_{hv} = 11,1H + 1,24H_2O \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (9)$$

$$G_t = G_{sve} + G_{hv} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad (10)$$

Donde:

G_{sv} : cantidad de gases secos de la combustión en volumen.

G_{sve} : cantidad de gases secos de la combustión con exceso de aire en volumen.

G_{hv} : cantidad de gases húmedos de la combustión en volumen.

G_t : cantidad de gases totales de combustión en volumen.

El método propuesto consiste en realizar un balance de masas. Por un lado ingresa al cilindro una mezcla de aire y combustible, y por otro se obtiene como producto de la combustión en el tubo de escape una diversidad de compuestos que se muestran en la ecuación (3). La cantidad de materia entrante debe ser igual en masa a la cantidad que abandona el cilindro por el tubo de escape.

El analizador de gases de combustión realiza determinaciones volumétricas expresando los resultados en porcentaje o ppm de cada compuesto. Para realizar el balance de masas entrantes y salientes será necesario convertir los porcentajes volumétricos observados a masa.

Para ello se utilizarán las ecuaciones de la ley de Amagat, que establece que el producto de la presión del sistema por la suma de los volúmenes parciales de cada componente es igual y proporcional al producto de la suma de moles de cada componente por la constante universal de los gases y la temperatura del sistema.

$$p \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot V_3 = n_3 \cdot R \cdot T \quad (11)$$

Sumando miembro a miembro se obtiene:

$$p \cdot (V_1 + V_2 + V_3) = (n_1 + n_2 + n_3) \cdot R \cdot T \quad (12)$$

Si la ley de Amagat se cumple la suma $(V_1 + V_2 + V_3) = Gt$ (cantidad de gases totales de combustión en volumen, según 10) que representa el volumen total del sistema. Mientras que la suma $(n_1 + n_2 + n_3) = n$ cantidad total de moles de la mezcla. El analizador de gases de combustión utilizado solamente es capaz de determinar tres gases: O_2 libre en los productos de combustión, CO_2 y CO ; por lo que el resto de los productos se estimarán por diferencias en el balance de masas. El valor T de las ecuaciones (11) y (12) corresponde al parámetro TH indicado en el protocolo de análisis de gases de combustión y representa la temperatura a la que fue tomada la muestra en el tubo de escape. La constante R se asume con el siguiente valor $R = 848 \text{ kgm/ kmol.K}$ [3]. La presión en el tubo de escape es tan baja que a los efectos prácticos se toma como presión absoluta, la presión atmosférica de 1 atm o su equivalente de 1 kg/cm^2 .

En el balance de masas, la cantidad Gt de gases de combustión en volumen, será el volumen equivalente a la masa m_t de productos ingresantes al cilindro.

Conociendo la participación de cada uno de los compuestos en los productos de combustión y tomando como dato su masa molecular será posible obtener la fracción molar parcial y total. Tanto el análisis de los productos de combustión como el exceso de aire, en el procedimiento experimental, se registrarán con la ayuda del analizador de gases de combustión durante un ensayo de funcionamiento a plena carga.

De esta manera:

$$h_c = \frac{P_c}{G_t} \quad (13)$$

Donde h_c (kcal/Nm^3) representa la entalpía de los gases de combustión, G_t (Nm^3/kg de C_8H_{18}) la cantidad de gases totales de combustión en volumen y P_c (kcal/kg de C_8H_{18}) el poder calorífico del combustible empleado. Luego con la ayuda del diagrama de Rosin – Felhing será posible conocer la temperatura teórica de la combustión y la presión desarrollada en el interior del cilindro.

El valor G_t puede obtenerse por aplicación directa de la ecuación (10), o bien conociendo la fracción molar parcial y total de los productos de la combustión:

$$G_t = f_{m_t} \cdot 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol} \quad (14)$$

El valor f_{m_t} representa la fracción molar total de la mezcla y $22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$ es el volumen que ocupa, en la teoría de los gases ideales, un kmol de gas en condiciones normales de presión y temperatura. Para el presente trabajo, que se propone como un aporte a los modelos tradicionales, se utilizará el valor de G_t obtenido por aplicación de la ecuación (10), ya que el cálculo de las fracciones molares está sujeto a los supuestos arbitrarios de la ecuación (3).

3. Procedimiento experimental.

Con el objeto de verificar el modelo se procedió a realizar la medición de los productos de combustión. Para ello se realizó una prueba de banco a plena carga a un régimen de rotación similar al que el motor tiene el mayor momento motriz.

En la tabla 1 pueden observarse los resultados experimentales. En la sección 3.1 se observan los resultados obtenidos en el freno dinamométrico hidráulico, y en la sección 3.2 la composición de los gases de combustión obtenida mediante la utilización de un analizador marca Testo, modelo T310.

Tabla 1. Resultados experimentales: composición en volumen de los productos de combustión y condiciones del ensayo en el freno dinamométrico.

3.- MEDICIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN				
Código	EP 003	Nº ensayo	EP 003-003/15	Fecha: 11/08/2015
Duración	9,5 min	Laboratorio	Termofluidos.- F.I.- UdeMM.-	
3.1- CONDICIONES DE ENSAYO.-				
Vel. De rotación (RPM)		2116,87	Caract. Teórica del combustible	
Fuerza (kg)		18,84		
Potencia (CV)		39,88	C8H18	
Par Motor (kgm)		13,49	Masa molecular	
Cons. Específico (kg/CV.h)		0,1628	114 kg/kmol	
Cons. p/ciclo de trabajo (kg)		1,02226 x10 ⁻⁴	Aire estequeométrico	
Pc teórico del comb. (kcal/kg)		10.526,30	15,25kg/kg combustible.	
3.2- RESULTADOS EXPERIMENTALES.-				
Variable medida				Valor medido
orden	Magnitud	Abreviatura/ Símbolo	Unidad	
1	Oxigeno libre	O2	%	1
2	Monóxido Carbono	CO	ppm	4297
3	Exceso de aire	λ	-----	1,05
4	Dióxido de Carbono	CO2	%	14,76
5	Pérdida por humos	pA	%	14,7
6	Tiro	*****	hPa	*****
7	Temp. Ambiente	TA	°C	21,1
8	Temp. de los productos de Combustión	TH	°C	386,4
9	Rendimiento de la combustión	Ren	%	85,2
15	OBSERVACIONES			
	Carburación: Aire 1º boca = 220, Alta 1º boca = 110 / Aire 2º boca = 200, Alta 2º boca = 102.-			
3.3- INSTRUMENTO UTILIZADO.-				
16	Equipo Utilizado	Marca	Testo	
		Modelo	T 310	
		nº serie	4281 8294	

4. Aplicación del modelo y resultados obtenidos.

El análisis de los productos entrantes que muestra la ecuación (3) pueden resumirse en combustible C_8H_{18} (formado por carbono e hidrógeno) y aire (formado por oxígeno y nitrógeno). Considerando el exceso de aire medido durante el ensayo $\lambda = 1,05$ y expresando en masa el resultado, los productos ingresantes resultan ser:

- Carbono: 0,8421 kg/kg de C_8H_{18} .
- Hidrógeno: 0,1579 kg/kg de C_8H_{18} .
- Oxígeno: 3,6834 kg/kg de C_8H_{18} .
- Nitrógeno: 12,327 kg/kg de C_8H_{18} .

Total productos ingresantes: 17,01 kg/kg de C_8H_{18} .

El cálculo estequiométrico muestra que la masa total de fluido que ingresa al cilindro para tomar parte del proceso de combustión en cada ciclo operativo es igual a 17,01 kg/kg de C_8H_{18} .

Las mismas reglas estequiométricas permiten determinar la cantidad total de gases en volumen. Esto se muestran en la tabla 2 y resulta de utilidad ya que las determinaciones experimentales, al ser volumétricas, representan cantidades parciales del valor total G_t mostrado en la tabla 2. Tal situación permite determinar los volúmenes parciales V_1 , V_2 y siguientes de cada compuesto, por aplicación del porcentaje de lectura directa en el instrumento al valor G_t .

Tabla 2. Determinación de la cantidad de gases totales de combustión en volumen aplicando las ecuaciones 4 a 10.

PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN EN FUNCIÓN DE LA COMPOSICION DEL COMBUSTIBLE													
Composición del combustible (C_8H_{18}). Porcentajes en masa						Oxígeno teórico en volumen	Aire teórico en volumen	Gases secos de combust. en volumen	Exceso de aire	Cantidad de aire c/exceso en volumen	Gases secos comb. + exceso aire	Gases húmedos	Gases Totales
C	H	S	N	O	H ₂ O	O _{ov}	A _{ov}	G _{sv}	λ	Aire λ	G _{sve}	G _{hv}	G _t
%	%	%	%	%	%	(Nm ³ /kg)	(Nm ³ /kg)	(Nm ³ /kg)	decimal	(Nm ³ /kg)	(Nm ³ /kg)	(Nm ³ /kg)	(Nm ³ /kg)
						Formula (4)	Formula (5)	Formula (7)	medido	Formula (6)	Formula (8)	Formula (9)	Formula (10)
0,8421	0,1579	0	0	0	0	2,450546	11,669	10,785	1,05	12,2527	11,368	1,753	13,121

Fuente: elaboración propia.

La tabla 3 muestra el resultado final que expresa las concentraciones de cada compuesto de producto de combustión en masa, así como su participación porcentual. Además se determina la fracción molar de cada compuesto y la cantidad total de moles por kg de combustible para la mezcla resultante.

El análisis de los productos de combustión y su uso en el cálculo de la máxima presión de combustión en motores de ciclo Otto.

Tabla 3. Cantidad total de moles de mezcla de los productos de combustión.

PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Productos de la combustión propuestos.	Gases totales de combustión en volumen	% en volúmen	Presión	Volúmen	Constante universal	Temperatura	Número de moles	Masa molecular	masa productos de la combustión	% en masa prod. Combustión
	Gtv	% volumen	P	V	R	T	n1	M1	m1	% masa
	calculado	medido	convención	calculado	dato	medido	calculado	dato	calculado	calculado
	(Nm ³ /kg comb)	(%)	(kg/m ²)	(Nm ³ /kg comb)	(kgf.m/kmol.K)	(K)	(kmol/kg comb)	(kg/kmol)	(kg/kg comb)	(%)
O ₂	13,121	1	10000	0,1312	848	659,55	0,00235	32	0,0751	0,441
CO ₂	13,121	14,76	10000	1,9367	848	659,55	0,03463	44,01	1,5239	8,959
CO	13,121	0,4297	10000	0,0564	848	659,55	0,00101	28,01	0,0282	0,166
N ₂	13,121		10000		848	659,55	0,38247	28,016	10,7152	62,992
H ₂ O	13,121		10000		848	659,55	0,04006	18,016	0,7218	4,243
NO	13,121		10000		848	659,55	0,11513	30	3,4540	20,305
HC (como C ₈ H ₁₈ no quemado)	13,121		10000		848	659,55	0,04098	12,01	0,4921	2,893
TOTALES							0,61662		17,0104	100

Fuente: elaboración propia.

En la columna 10 de la tabla 3 se puede apreciar que la cantidad de productos de combustión en masa (kg de producto por kg de combustible) es igual a la de los productos ingresantes, lo que verifica el balance de masas. En la columna 8 se muestra la fracción molar de cada compuesto y la cantidad total de moles de la mezcla.

La entalpía de los gases de combustión puede obtenerse por aplicación de la ecuación (13), donde el valor Gt puede hallarse con la (14), o bien utilizando directamente el valor dado por (10).

Para ambos casos los valores de entalpía varían entre 762kcal/Nm³ y 802kcal/Nm³, lo que representa una variación del 5% aproximadamente en la temperatura de los productos de combustión.

En la figura1 se muestra el diagrama Rosin Fehling para combustiones con muy bajo exceso de aire, donde puede apreciarse las temperaturas correspondientes a los valores de entalpía obtenidos.

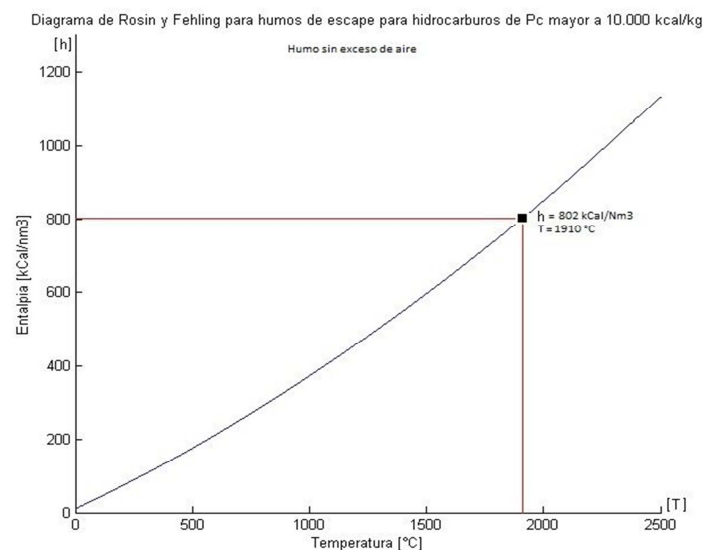


Figura 1. Diagrama Rosin Fehling para entalpía y temperatura de los gases de combustión con diferentes excesos de aire. Fuente: elaboración propia.

5. Discusión de resultados y conclusiones.

Asumiendo que en el motor de ciclo Otto la transformación en la que se produce aporte de calor se realiza aproximadamente a volumen constante se puede asumir que se cumple:

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \quad (15)$$

Siendo:

- P_2 : presión máxima de compresión.
- P_3 : presión máxima de combustión.
- T_2 : temperatura máxima de compresión.
- T_3 : temperatura máxima de combustión, obtenida del diagrama Rosin Fehling por aplicación de la (13) al cálculo de la entalpía de los productos de combustión.

De aquí puede deducirse que:

$$P_3 = \frac{P_2 \cdot T_3}{T_2} \quad (16)$$

Basándonos en resultados de trabajos anteriores [4] y [5] se puede asumir para el motor en estudio que:

$$T_2 = 530,01\text{K} (256,86^\circ\text{C})$$

$$P_2 = 14,75\text{kg/cm}^2$$

Y aplicando (16), el valor de la máxima presión desarrollada por el ciclo durante la combustión será:

$$P_3 = 60,75\text{kg/cm}^2$$

Valor que resulta congruente con lo expresado por Giacosa [1] p.76. El valor de P_3 así obtenido permite salvar la indeterminación que se plantea en el estudio de los ciclos cuando se asume la condición de reversibilidad.

Para el cálculo del ciclo previsto será necesario determinar siempre con antelación el tipo de combustible que se utilizará y conocer los parámetros asociados al punto de máxima compresión.

Como la mayoría de los hidrocarburos derivados del petróleo que se utilizan como combustible en los motores mantienen similares relaciones carbono hidrógeno en sus composiciones, su poder calorífico y la demanda de aire estequiométrico resulta similar. Esto permite que se pueda utilizar el diagrama de Rosin Fehling como herramienta para relacionar la temperatura esperada durante la combustión y la entalpía de los gases. Además, pruebas realizadas a plena carga y distintas velocidades de rotación permitieron observar que el exceso de aire se mantiene por debajo del 10% para casi todo el régimen de rotaciones del motor. Esto permite señalar que la entalpía de los gases de combustión sufrirá pequeñas variaciones, impactando de la misma forma en la temperatura de los gases de combustión, y por consiguiente en el valor de la máxima presión de combustión.

Durante el proceso de combustión en motores, la oxidación del nitrógeno produce NO, NO₂, N₂O y otros óxidos de nitrógeno. Este trabajo no persigue como objetivo modelar el proceso de combustión en sí mismo, sino determinar parámetros del ciclo operativo del motor que permitan completar el modelo del ciclo previsto. Es por eso que en el proceso de determinación de los denominados NO_x, solo se ha tenido en cuenta la formación de NO por la combinación del N₂ y O₂ molecular durante el proceso térmico a alta temperatura. Lapuerta

y Ballesteros [7] p.419, sostienen que en la práctica el proceso de combinación térmica es poco frecuente debido a los fuertes enlaces triples de las moléculas de nitrógeno que retardan la combinación. El proceso real de combinación se presenta como una reacción en cadena cuya mecánica fue estudiada inicialmente por Zeldovich. El valor de los NO_x utilizando el modelo de combinación térmica aparece aumentado respecto de los valores observados en la práctica, de modo que los resultados parciales de H_2O , NO y N_2 mostrados en la tabla 3 no deben tomarse taxativamente, sino solo a título informativo. En la práctica se esperaría una disminución de los NO_x , con un aumento del N_2 y el H_2O .

6. Referencias.

- [1] GIACOSA DANTE (1998). *Motores endotérmicos*. Barcelona: OMEGA. p.57 – 78.
- [2] MARTINEZ DE VEDIA H. (1997). *Teoría de los motores térmicos*. Buenos Aires: ALSINA. p.245 – 256.
- [3] GARCÍA C.A. (2006). *Termodinámica técnica*. Buenos Aires: ALSINA. p.10 – 12.
- [4] CAPUTO, D; BERBERI, R.O. y otros (2015). *Aplicación del ciclo previsto basado en la determinación experimental del exponente politrópico en el diagrama de fuerzas resultantes sobre el cojinete de biela*. VIII Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería EnIDI 2015. San Rafael.
- [5] CAPUTO, D; BERBERI, R.O. y otros (2015). Caracterización del fluido de trabajo para motores de ciclo Otto a cuatro tiempos y su utilización en el ciclo indicado previsto. *Extensionismo, Innovación y Transferencia tecnológica, claves para el desarrollo*. UNNE Resistencia, v.2, p.80.
- [6] THEIM, M.(1974). *Termotecnia, manual del ingeniero técnico*. Bilbao: URMO. p.206 – 211.
- [7] LAPUERTA, M; BALLESTEROS, R. (2014). Emisiones contaminantes. In: PAYRI, F; DESANTES, J.M. (Ed.) *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: REVERTÉ. p.419 – 424.
- [8] BARILÁ, D; BUGNA, L; VIGNOLO, F y otros (2008). *Obtención del diagrama indicado en motores de combustión interna sin necesidad de referencia angular*. I Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica CAIM 2008. Bahía Blanca.
- [9] SOTO PAU, F; SILVA, J.A; DOS SANTOS, A.M. (2002). *Ingeniería Mecánica. Cálculo de la temperatura en el interior de la cámara de combustión en motores de combustión interna*. La Habana, v.5, n.2, p.7 – 15.
- [10] LAPUERTA, M. (2002). *Study of the compression cycle of reciprocating engine through the polytropic coefficient*. Valencia: ELSEVIER SCIENCE.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SEGURIDAD EN APARATOS ELÉCTRICOS: ASPECTOS TÉCNICOS Y LEGALES

Edgardo Cámara, CYSE – LAMYEN, UTN – FRFSF, ecamara1950@yahoo.com.ar

Juan Marcos Banegas, CYSE – LAMYEN, UTN – FRFSF, jmbanegas@frsf.utn.edu.ar

Javier Acosta, CYSE – LAMYEN, UTN – FRFSF, jaacosta@frsf.utn.edu.ar

Matías Orué, CYSE – LAMYEN, UTN – FRFSF, morue@frsf.utn.edu.ar

Resumen— Se realiza un análisis sobre aspectos inherentes a la fabricación y comercialización de aparatos eléctricos, desde el punto de vista de la seguridad. En la región, nuestro país ha sido pionero en legislar las condiciones que deben reunir los aparatos que se comercializan, para minimizar riesgos.

Las resoluciones y disposiciones legales que se dictaron a partir de 1998, llevaron a la aplicación de normas nacionales o internacionales, que tienen en cuenta conocimientos y experiencias que existen a nivel mundial sobre cada tipo de aparato: ventilador, amoladora por citar algunos ejemplos. En este sentido se ensayan los equipos, atendiendo al uso, la construcción, y otro aspecto cada vez más relevante cual es la compatibilidad electromagnética (CEM), dado que los aparatos eléctricos en general han ido incorporando más componentes electrónicos, y por ello debe analizarse cuan inmunes son a las perturbaciones que pueden recibir de la red y hasta qué punto pueden a su vez emitir perturbaciones hacia la misma.

Palabras clave— *seguridad, aparatos eléctricos, legislación.*

1. Introducción

La Resolución 92 del año 1998, de la ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería de la Nación [1], marcó un antes y un después en lo que hace al control que el Estado ejerce en nuestro país, en relación a la seguridad del equipamiento eléctrico que se comercializa. Como se mencionó, Argentina fue pionera en la región en lo que hace a implementar este tipo de controles. Los mismos permitieron detectar falencias que por ese entonces se daban, sea por la ausencia de fusibles, instrucciones inadecuadas (o ausencia total de las mismas), como también peligros mecánicos derivados del uso, que representaban causas potenciales de accidentes.

La Resolución 508/15 de la Secretaría de Comercio [2] reemplazó a la 92/98 y sus disposiciones complementarias. Según esta nueva norma, el equipamiento eléctrico de baja tensión que se comercialice en la República Argentina deberá contar con una certificación que acredite el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad. La Resolución alcanza todo el equipamiento eléctrico de baja tensión: artefactos, aparatos o materiales eléctricos destinados a una instalación eléctrica o que formen parte de ella, que tengan una tensión nominal de hasta 1000 volts en corriente alterna eficaz, o hasta 1500 volts en corriente continua, y una corriente de hasta 63 amperes.

Son responsables de cumplir con la certificación, tanto los fabricantes nacionales como los importadores.

En un contexto global, se advierte que tanto en los países de la Comunidad Europea, como en EEUU, actualmente se ha llegado a un control adecuado del equipamiento eléctrico, a través de distintas formas de gestión, y basándose en estándares como los definidos por el Comité Electrotécnico Internacional (IEC) o similares. Pero en los países de nuestra región, este tipo de controles no se daban, y en algunos siguen sin darse, quedando expuesta su población a los peligros consiguientes.

Los estándares de seguridad, elaborados por comisiones calificadas y en función de la experiencia recogida a nivel mundial, permiten clasificar el equipamiento eléctrico en función de distintos criterios que tienen que ver con el tipo de aparato, el uso y el entorno en el que se utiliza. En función de esta clasificación, se analizan distintos aspectos que el equipo debe cumplir, y los ensayos a que debe ser sometido para ello. De cada uno de estos aspectos debe rescatarse el criterio o el espíritu que motivó la consideración del mismo en la norma, dado que al regir para todos los equipos de ese tipo que se fabrican en el mundo (por ejemplos: planchas, amoladoras), algunos pueden resultar no aplicables en ciertos equipos, o no contemplar algunas peculiaridades del mismo. Esto hace que quien “juzga” la competencia deba estar capacitado para decidir sobre su aplicabilidad, como también para descubrir aspectos o particularidades no contempladas por la norma (como sucede con las leyes que debe aplicar un juez).

Las connotaciones que esto tiene sobre el mercado local e internacional son variadas. Así, los fabricantes locales se han visto en la obligación de desarrollar productos “seguros”, con el mayor costo que ello puede representar, pero con el beneficio que reporta a la población por un lado, y a ellos mismos por otro lado (dada la cobertura legal que les proporciona dentro del país y con la posibilidad de exportar a cualquier lugar del mundo). En cuanto a los fabricantes extranjeros, aquellos que no se atenían a las normas, se han visto en la necesidad de hacerlo si querían mantener el mercado Argentino.

Los participantes de cualquiera de las etapas de la cadena de comercialización deben exigir las certificaciones de los productos alcanzados por esta norma.

En el presente trabajo se realiza el siguiente análisis:

- materiales y métodos: la Resolución 508, objetivos generales y el sistema de gestión implementado (aunque sin profundizar en este aspecto).
- las normas. su filosofía, estructura y evolución.
- experiencias de su aplicación.

2. Materiales y métodos: la Resolución 508/2015, el sistema de gestión implementado, y el análisis de la misma.

En los “considerandos” de la Resolución, se justifica la misma como una reformulación de la Resolución 92/98, dado el tiempo transcurrido, la experiencia acumulada, los cambios operados en hábitos, tecnologías y la necesidad de reunir en un solo cuerpo las numerosas medidas reglamentarias existentes.

De los considerandos relacionados con la gestión y la seguridad, podemos citar:

- Fundar los criterios de seguridad eléctrica que rijan en el país en las pautas y requisitos establecidos por las normas elaboradas por IRAM.

- La obligatoriedad de la certificación bajo la modalidad de marca de conformidad para determinados productos destinados a instalaciones eléctricas, sistemas de iluminación y uso masivo por parte de consumidores inexpertos.
- En función del propósito de las normas de seguridad de proteger los bienes de sus usuarios, además de su integridad, la necesidad de legislar sobre ciertas modalidades de comercialización de los productos eléctricos de baja tensión.
- Favorecer el acceso del consumidor a toda información inherente a las condiciones de seguridad de los productos, y los medios a través de los cuales se garantizan.

En función de ellos se resuelve lo que se estipula en 43 artículos y 3 anexos, de los cuales aquellos más intrínsecamente relacionados con el tema que nos ocupa son:

- El equipamiento eléctrico de baja tensión que se comercialice en la República Argentina deberá contar con una certificación que acredite el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad. Se entiende por equipamiento eléctrico de baja tensión, a los fines de la presente resolución, los artefactos, aparatos o materiales eléctricos destinados a conectarse a una instalación eléctrica (o que formen parte de ella), que tengan una tensión nominal de hasta 1.000 V en corriente alterna eficaz o hasta 1.500 V en corriente continua.
- Los participantes de cualquiera de las etapas de la cadena de comercialización deberán exigir las certificaciones de los productos alcanzados por esta norma a quienes se los provean.
- Las certificaciones exigidas por la presente resolución deberán acreditar que los productos alcanzados por la misma cumplan los requisitos de seguridad establecidos por la Norma IRAM correspondiente. En caso de inexistencia de Norma IRAM, o de no encontrarse ésta vigente, las certificaciones citadas deberán acreditar el cumplimiento de la Norma IEC aplicable.
- Para los productos alcanzados por la presente medida, serán válidas las certificaciones por Sistema N° 4 (de tipo); Sistema N° 5 (de marca de conformidad) o Sistema N° 7 (de lote) según lo definido por el Artículo 1° de la Resolución 197/2004 de la ex Secretaría de Coordinación Técnica del ex Ministerio de Economía y Producción. La Resolución 197 mencionada conlleva a la utilización de los símbolos que se muestran en las figuras 1 y 2, para acreditar la certificación.
- Las certificaciones de productos deberán ser otorgadas por un organismo de certificación reconocido por parte de la Dirección Nacional de Comercio Interior.
- Los productos certificados según lo establecido en la resolución, deberán exhibir, sobre sí o en sus envases o envoltorios, un sello indeleble que permita identificar inequívocamente la certificación conforme a la legislación vigente, indicando el tipo de certificación al que ha sido sometido (figuras 1 y 2)."



Cert N°

Figura 1 Certificación de tipo
Fuente: Res. 197/2004



Lote N°
Cert N°

Figura 2 Certificación de lote
Fuente: Res. 197/2004

- La certificación mencionada estará a cargo de una entidad certificadora y los ensayos serán efectuados por un laboratorio, ambos reconocidos por la Secretaría de Comercio del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.
- Al menos una vez al año deberán efectuarse controles, por medio de un laboratorio reconocido, sobre dos muestras de al menos un producto, por cada familia de productos certificada.

En el Anexo I de la Resolución se establecen los requisitos esenciales de seguridad:

- El equipamiento eléctrico deberá contener información acerca de las características fundamentales de cuyo conocimiento y observancia dependa su utilización acorde con el destino y el empleo seguro. Esta información figurará sobre el producto o, cuando esto no sea posible, en la nota que lo acompañe, en ambos casos redactada en idioma nacional.
- El equipamiento eléctrico deberá contener la siguiente información: el país de origen, la razón social del fabricante o la marca comercial registrada, su domicilio legal, la razón social y domicilio legal del importador y del distribuidor en el país y el modelo del producto.

2.1 Otras resoluciones relacionadas.

Resolución N° 731/87 [3]. Refiere a etiquetas que deben colocarse sujetas al cable de conexión a la red de alimentación del aparato, en un contraste de colores y tamaño de caracteres que aseguren su correcta visibilidad:

- Anexo I: en los aparatos de clase I, que poseen espigas planas con toma a tierra, para aumentar su seguridad se debe indicar: “NO la elimine colocando un adaptador o reemplazando la ficha por otra de dos espigas. Para su seguridad, su instalación debe estar provista de conductor de tierra. De no ser así, realizar la adecuación con personal especializado.”
- Anexo II: los aparatos de clase II, que poseen espigas planas sin toma a tierra, para aumentar su seguridad deben indicar: “los aparatos de clase II, que se identifiquen con el símbolo correspondiente, poseen fichas de dos espigas planas sin toma a tierra, pues poseen doble aislación reforzada en todas sus partes. No la elimine colocando un adaptador o reemplazando la ficha por otra de dos espigas cilíndricas, ya que la misma es compatible con los toma corrientes con toma a tierra. Para su seguridad, su instalación debe estar provista de conductor de tierra. De no ser así, realizar la adecuación con personal especializado.”

Resolución N° 524/98 [4]. Establece la obligatoriedad del uso de fichas del formato adoptado por las normas IRAM 2063 y 2073. Dichas fichas son las que se mencionan en la Resolución N° 731/87.

3. Las normas, su filosofía, estructura y evolución.

3.1 Consideraciones generales sobre la normativa.

Se tienen en cuenta aspectos relacionados con las normas utilizadas, y la filosofía que han aplicado los comités que redactaron dichos estándares, tanto a los efectos de clasificar y caracterizar el equipamiento eléctrico y poder realizar ensayos ad hoc a cada equipo; como para prever las situaciones que se pudieran presentar ante la falla de algunos componentes.

En las normas se destaca tanto el cuidado puesto de manifiesto en brindar al usuario la información adecuada para el uso seguro de los aparatos (operación, limitaciones, limpieza), como el prever cuestiones que van más allá del aparato en sí, como ser las relacionadas con

las instalaciones eléctricas, el entorno probable en que se operan los equipos, y el realizar un desecho acorde a los peligros de contaminación inherentes a los mismos.

Los estándares utilizados son casi en su totalidad, las normas IRAM e IEC. Mayoritariamente esta última institución es la que mantiene un conjunto de normas actualizadas, aplicables a la seguridad de los distintos tipos de aparatos eléctricos.

Como se ha mencionado, se clasificó y caracterizó el equipamiento eléctrico. En lo que puede considerarse una clasificación primaria de los aparatos eléctricos, y por citar ejemplos, se han elaborado estándares para:

- Aparatos Electrodomésticos (IRAM 2092-1[5], - IEC 60335 -1).
- Aparatos electrónicos para uso doméstico, de audio, video y similares (IRAM 4029 - IEC 60065).
- Seguridad de equipos para tratamiento de información (IEC 60950-1).
- Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) (IEC 62040-1).
- Seguridad de herramientas eléctricas de mano (IEC 60745-1).
- Seguridad de herramientas eléctricas semifijas (IEC 61029-1).
- Seguridad de máquinas – Equipo eléctrico de las máquinas (IEC 60204).
- Seguridad en transformadores de energía, unidades de suministro de energía y similares (IEC 61558-1).
- Máquinas eléctricas rotantes (IEC 60034-1).
- Aparatos de soldadura por arco (IEC 60974-1).
- Luminarias. Requisitos Generales y Ensayos. (IEC 60598-1).
- Requisitos de seguridad para módulos LED para alumbrado general (IEC 62031).
- Lámparas LED con balasto integrado para iluminación general con tensión mayor a 50 V (IEC 62560).
- Dispositivos de control para lámparas. (IEC 61347-1).

Existen para muchas de ellas, una norma “general” (cuya denominación termina en “-1”) y normas “particulares” que modifican la norma general, adaptándola a cada producto (y cuya denominación termina en “-2-xx”, donde xx representa un número de uno a tres dígitos). A título de ejemplo, para un taladro eléctrico los ensayos de seguridad deben realizarse aplicando la norma particular IEC 60745-2-2, la cual modifica y referencia a la norma general IEC 60745-1. A los efectos de su aplicabilidad, se debe emplear la norma general y la particular. Esta última define, en relación a la norma general, agregados, modificaciones o la no aplicabilidad de algunos ítems.

Las normas se basan en niveles de protección internacionalmente aceptados, contra peligros eléctricos, mecánicos, químicos, térmicos, de fuego o radiación, sea cuando los aparatos se operan en uso normal, de acuerdo a instrucciones del fabricante, o en situaciones anormales que son de esperar en la práctica (por ejemplo ante la falla de un componente).

Se asume que los aparatos deben estar contruidos de forma tal que en uso normal, no causen daños a los operadores, ni a otras personas o mascotas situadas en el entorno de trabajo, aún en el caso de faltas de cuidado que se pueden dar en dicho uso normal.

Dado que los estándares han sido realizados para abarcar todos los aparatos de un tipo que se puedan fabricar a nivel mundial (por ejemplo, todos los modelos de planchas), no se garantiza que si un equipo cumple con todos los ensayos de la norma sea seguro, dado que son ensayos que los comités de estudio que generaron las normas previeron en función de la tecnología y usos del momento. Por ello en las normas se estipula que el operador del laboratorio que

realiza los ensayos, debe estar capacitado para detectar, eventualmente, toda otra característica o particularidad que pueda resultar peligrosa.

3.2 Condiciones generales para los ensayos.

Se mencionan a continuación las premisas comunes a todas las normas, para la realización de los test.

- En la medida de lo razonable, se tratan los riesgos comunes que presentan los aparatos. Sin embargo en la planificación de los ensayos, no se tiene en consideración el uso de los aparatos por parte de niños o adultos cuyas capacidades físicas, sensoriales, mentales; o falta de experiencia y conocimiento les impidan operar con seguridad aparatos eléctricos sin supervisión o instrucción. Tampoco que los aparatos sean usados como juguete por niños.
- Los ensayos sobre una muestra dada se realizan en el orden que fija la norma (siempre y cuando se consideren aplicables). Esto debe ser así, dado que las normas están estructuradas para que las consecuencias de un ensayo realizado sobre la muestra, no afecte a los ensayos posteriores, y que cuando ello no sea posible, se utilice otra muestra.
- El aparato o sus partes móviles se ubican de la forma más desfavorable, y tal como van a funcionar (fijos o empotrados, si es el caso).
- También los controles o ajustes que pueda manipular el usuario, se disponen en su posición más desfavorable. Las variables que hacen al funcionamiento (tensión, frecuencia o potencia si es el caso) se fijan en aquellos valores contemplados en el marcado (etiqueta) que representen la situación más crítica.
- La temperatura ambiente debe ser normalmente de 20 ± 5 °C, y el ambiente estar libre de corrientes de aire. También eventualmente se determinan condiciones para la humedad relativa del ambiente.

3.3 Clasificación y marcado de los distintos aparatos.

A efectos de adaptar los distintos ensayos a cada aparato, los mismos se caracterizan atendiendo a clasificaciones como las que se especifican a continuación.

A. De acuerdo al tipo de aislación. Los aparatos pueden tener una aislación denominada básica, que es la aislación de las partes activas (con tensión) destinada a asegurar la protección básica contra los choques eléctricos. Pueden contar con la adición de una aislación denominada suplementaria, que consiste en una aislación independiente (además de la básica), con el fin de asegurar la protección contra el choque eléctrico en el caso de una falla de la aislación básica. Para referirse al conjunto de ambas se habla de doble aislación, o sea el sistema de aislación que incluye tanto una aislación básica como una aislación suplementaria.

Otra alternativa es que el equipo posea una aislación única, pero equivalente (por su espesor por ejemplo) a la doble aislación. Esta se denomina aislación reforzada.

En función de ello el tipo de aislación se identifica como clase 0, 0I, I, II, o III. En la práctica solo se permiten las clases:

- I, que es el aparato en el cual la aislación básica se complementa con el hecho que las partes accesibles conductoras están conectadas al conductor de tierra (que la instalación eléctrica debe tener). Para ello la ficha de los mismos debe tener 3 patas planas y un conductor de protección en el cable de alimentación.
- II, que es el aparato que cuenta con aislación básica y suplementaria (doble aislación), ó una aislación reforzada equivalente. En ellos la ficha tiene 2 patas planas y el cable de alimentación no tiene conductor de tierra. En la etiqueta del aparato se les coloca el símbolo de la figura 3.

- III, que es el aparato en el cual no se generan tensiones mayores a 24 V entre conductores, ni entre conductores y tierra.



[Símbolo 5072 de IEC 60417]

Figura 3 Símbolo de clase II

Fuente: IRAM 2092-1[5]

B. De acuerdo al grado de protección contra el ingreso de agua o polvo (IP). Los grados de protección contra los efectos nocivos del ingreso de agua y partículas se indican en la norma IEC 60529 [6], y se deben especificar en la etiqueta con las letras “IP” seguidas de dos caracteres alfanuméricos que definen la protección contra el ingreso de partículas y contra el ingreso de agua, en ese orden. Cuando corresponde la clasificación “IPX0” se puede obviar su inclusión en la etiqueta.

C. De acuerdo al peso. Si el equipo pesa más o menos de 18 kg. Esto se relaciona con la posibilidad o no, de accederlo desde la parte inferior.

D. De acuerdo a si al funcionar requiere o no la presencia de un operador. Esta clasificación apunta a si el equipo funciona desatendido (ventilador, estufa) o en presencia de personas (atendido, p.e. licuadora), y en este último caso se distinguen también los que al funcionar son sostenidos en la mano (manuales, p.e. secador de pelo) o no. Todo ello desde el punto de vista de los peligros que un funcionamiento en condiciones de falla puede generar y la prontitud con que dicha falla se puede detectar y neutralizar.

E. Otras clasificaciones: Si el equipo está permanentemente conectado a la instalación eléctrica o no lo está, si esta empotrado o no.

Los ensayos que se le realizan a cada aparato están fuertemente influenciados por la forma en que el mismo se encuadra en estas clasificaciones.

En las etiquetas debe figurar:

- la tensión nominal, o la gama nominal de tensiones en volt;
- el símbolo de la clase de corriente (continua o alterna), excepto que esté marcada la frecuencia nominal;
- la potencia nominal en watt o la corriente nominal en ampere;
- nombre del fabricante, marca registrada o marca de identificación del fabricante o del vendedor responsable;
- referencia del modelo o del tipo;
- símbolo 5072 de IEC 60417 (figura 3), sólo para los aparatos de clase II;
- el número de IP, según el grado de protección contra el ingreso de agua, cuando sea distinto a IPX0.

Podemos agregar que los símbolos están normalizados, y para las etiquetas se prevén ensayos que apuntan a verificar que sean indelebles y adheridas adecuadamente al aparato.

Las instrucciones de uso se deben suministrar con el aparato de manera que se lo pueda utilizar sin peligro, y deben estar en el idioma nacional.

3.4 Ensayos incluidos en las normas “generales”.

Potencia y corriente: se verifica que los valores de la etiqueta se correspondan con la realidad, dentro de tolerancias especificadas. Las normas especifican pormenorizadamente las condiciones en que se realizan los ensayos.

Calentamiento: se verifica que los aparatos y su entorno no alcancen temperaturas excesivas durante su utilización normal. Se determinan las condiciones del ensayo, las termocupas que deben utilizarse para evaluar las temperaturas, y el lugar donde se acondiciona el aparato para realizar el ensayo. Asimismo cada componente tiene un rango de temperaturas de funcionamiento, con lo cual es necesario determinar el calentamiento de los componentes cuya falla pueda producir un cortocircuito, establecer un contacto entre las partes activas y partes metálicas accesibles, cortocircuitar la aislación, o simplemente reducir líneas de fuga o distancias en aire.

Corrientes de fuga y tensión resistida: estos ensayos guardan relación con las corrientes que fugan a través de la aislación del aparato, especialmente a través de las manos del operador. Esto reviste particular importancia, dado que aun cuando el aparato en sí no sea peligroso para el usuario, la conexión en paralelo (a la instalación fija) de varios equipos con corrientes de fuga significativas haría accionar los interruptores de corriente diferencial (disyuntores), haciendo que el uso de estos equipos sea incompatible con este importante elemento de protección. En estos ensayos, se aplican también tensiones superiores a la nominal que pueden oscilar entre 1000 y 3000 V a fines de controlar la aislación.

Resistencia a la humedad: el aparato se acondiciona durante 48 horas en un recinto húmedo que contenga aire con una humedad relativa de $93 \pm 3 \%$. La temperatura del aire se mantiene dentro de 1 K de cualquier valor de temperatura conveniente, entre 20 °C y 30 °C. Antes de colocar la muestra en el recinto húmedo, se lleva a una temperatura ligeramente superior a la que tendrá en el mismo (4 °C). Inmediatamente después de retirarlo, el aparato debe soportar ensayos de corriente de fuga y tensión resistida.

Funcionamiento anormal: en este tipo de ensayos se prevé que la falla de un componente (no más de uno, en forma simultánea) no conduzca a un funcionamiento riesgoso. Para prevenir esta situación el equipo debe contar con elementos de protección ad hoc. Un ejemplo típico sería la falla del termostato de una plancha: si el mismo queda en cortocircuito, la placa de planchado puede fundirse y dar lugar a un incendio. Por tal motivo las planchas deben contar con un fusible térmico que actúe adecuadamente en ese evento. También se contempla lo que puede ocurrir en una operación descuidada del aparato.

Estabilidad y peligros mecánicos: los aparatos que no sean fijos ni manuales, destinados a ser utilizados sobre una superficie como el piso o una mesa, no deben volcarse. Para el ensayo se coloca en cualquier posición de uso normal sobre un plano inclinado que forma un ángulo de 10° o 15° (según el caso) con la horizontal.

Resistencia mecánica: los aparatos deben resistir los esfuerzos mecánicos que se pueden producir en uso normal. Para verificarlo se colocan (por ejemplo) de manera fija sobre un soporte rígido y se aplican tres golpes en cada punto de la cubierta que se presume débil, con una energía de 0,5 J.

Construcción: este capítulo de la norma incluye 52 ítems, de los cuales se citan algunos de los más representativos, a título de ejemplos.

- Si el aparato está marcado con la primera cifra del sistema IP se deben satisfacer los requisitos correspondientes de la IEC 60529. En este ensayo se somete el aparato a la acción del agua o el polvo.
- Para los aparatos estacionarios se deben proveer los medios para asegurar la desconexión de todos los polos de la alimentación.
- Los aparatos provistos con espigas destinadas a ser introducidas en tomacorrientes (fuentes de alimentación) no deben ejercer esfuerzos excesivos sobre los mismos. Los medios para

retener las espigas deben soportar las fuerzas a las que puedan estar sometidas las mismas en uso normal.

- Aparatos con cable y ficha de alimentación no deben presentar riesgos de choques eléctricos provenientes de capacitores cargados (en su interior) cuando se desconecta y se tocan las espigas de la ficha.
- La aislación eléctrica no debe ser afectada por el agua que se pueda condensar en las paredes frías o por líquidos provenientes de fugas de depósitos, mangueras, acoples y partes similares del aparato.
- No deben tener bordes ásperos o cortantes (excepto los necesarios para la función del aparato), que puedan ocasionar peligro para el usuario o el operador de mantenimiento.

Conductores internos y componentes: se verifica que los conductores no estén expuestos a bordes filosos y que los componentes críticos resistan un determinado número de ciclos de funcionamiento.

Conexión a la red de alimentación y cables flexibles exteriores: este capítulo se ocupa extensamente del tema (25 ítems), de los cuales se puede extractar:

- Las aberturas de entrada para el cable de alimentación se deben construir para que la vaina del mismo pueda ser introducida sin riesgo de daño. Se debe proveer un revestimiento no desmontable o un pasacables para la aislación suplementaria.
- Los aparatos con cable de alimentación, que se desplazan mientras están en funcionamiento se deben construir de manera tal que el cable esté adecuadamente protegido contra las flexiones excesivas en la entrada.
- Los aparatos provistos con un cable de alimentación deben tener un dispositivo de anclaje. El mismo debe liberar a los conductores de esfuerzos de tracción y/o torsión en los bornes, y debe proteger la aislación de los conductores contra la abrasión. Eventualmente, el conductor de tierra debe ser (por su longitud) el último en soltarse.
- No debe ser posible empujar el cable al interior del aparato, hasta tal punto que el mismo o las partes internas del aparato puedan ser dañadas.

Disposiciones para la puesta a tierra: la norma contempla que las partes metálicas accesibles de los aparatos clase I, que puedan quedar bajo tensión si falla la aislación, deben estar conectadas permanentemente y de manera segura a un borne de tierra colocado en el interior del aparato. Se evalúa asimismo la resistencia que presenta la conexión de tierra.

Tornillos y conexiones: las fijaciones, cuya falla puede comprometer la conformidad con la norma, las conexiones eléctricas y las conexiones que proveen continuidad de tierra, deben resistir los esfuerzos mecánicos derivados de su uso normal. Los tornillos no deben ser de metales blandos o de fácil deformación plástica, como el zinc o el aluminio. Si son de material aislante deben tener un diámetro nominal de 3 mm como mínimo y no se deben utilizar para ninguna conexión eléctrica o conexión que provea continuidad de tierra.

Resistencia al calor y al fuego: deben ser suficientemente resistentes al calor las partes exteriores de material no metálico, como también las partes de material aislante que soportan partes activas.

La conformidad se verifica sometiendo la parte considerada a una temperatura de $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ más la temperatura máxima determinada durante el ensayo de calentamiento, pero no menor que $75^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para las partes externas; o $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para las partes que sostienen en su posición a las partes activas.

Para aparatos que funcionan bajo supervisión durante su uso, las partes de material no metálico que soportan conexiones que conducen corriente y partes de material no metálico

ubicadas a una distancia de 3 mm de dichas conexiones, se someten a un ensayo con un alambre incandescente para determinar su inflamabilidad. Las temperaturas del alambre oscilan entre 650 y 750 °C.

Resistencia a la oxidación: las partes de material ferroso cuya oxidación pueda causar que el aparato se torne inseguro deben estar adecuadamente protegidas contra la oxidación.

Radiaciones, toxicidad y peligros similares: Los aparatos no deben emitir radiaciones nocivas o presentar toxicidad o peligros similares.

3.5 Evolución.

Siguiendo la evolución de estas normas durante la última década, no se puede dejar de destacar las mejoras que se han realizado en cuanto a los requerimientos que deben cumplir los manuales. Se destaca el cuidado puesto de manifiesto en brindar al usuario la adecuada información para el uso seguro de los aparatos (forma de operarlos, limitaciones, limpieza), además de aclarar el significado de los símbolos. En los mismos se prevén cuestiones que van más allá del aparato en sí, como ser las relacionadas con las instalaciones eléctricas, el entorno probable en que se operan los equipos (otras personas, en particular niños o ancianos, como también mascotas), y la necesidad de capacitación en algunos casos. Se destaca asimismo la forma en que el aparato debe ser desechado al final de su vida útil para no contaminar el ambiente, respetando la normativa de cada región.

Como ejemplos:

- Para los taladros: no cambiar las mechas estando enchufados, no llevarlos colgando del cable.
- En general, la necesidad que el tomacorriente deba estar accesible si el aparato no posee interruptor bipolar u otro medio de desconexión.

Hay otro aspecto como la compatibilidad electromagnética (CEM), que se ha incorporado a los estándares en función de la evolución registrada en los equipos en sí (incorporación cada vez mayor de componentes electrónicos y software), y en el entorno en que operan los mismos.

Por un lado los aparatos son más sensibles a perturbaciones que les pueden llegar desde la instalación fija, sea por descargas atmosféricas o emisión de ruido eléctrico por parte de otros equipos. Esto puede traducirse en alteraciones del funcionamiento que pueden resultar peligrosas. Así por ejemplo, puede citarse el caso de hornos pirolíticos con hardware y software que al recibir perturbaciones las puertas se abrían accidentalmente, estando a temperaturas y presiones elevadas en su interior.

Por otra parte, debe prestarse atención a que el aparato en sí no emita perturbaciones hacia la red.

4. Experiencias de su aplicación

La experiencia recogida en más de 15 años de realización de ensayos a equipos que se comercializan en el país, permite puntualizar algunos problemas que se han detectado y han sido resueltos por los fabricantes, redundando en equipos más seguros.

Planchas: en los primeros años de aplicación de la Resolución 92/98 se observó que en algunos casos los fusibles térmicos no eran los adecuados, o no estaban fijados correctamente, con lo cual en el ensayo anormal en el que se simulaba la falla del termostato, la placa se derretía (con el riesgo inherente de prenderse fuego y/o generar un cortocircuito).

Ventiladores: las normas establecen condiciones para las rejillas de protección, tendientes a evitar que por accidente se puedan introducir los dedos. También en relación a que la parrilla de protección no se pueda retirar sin herramientas y a la estabilidad de ventiladores de pie (ensayo en un plano inclinado). Estos aspectos han ido evolucionando favorablemente.

Cafeteras: en algunas, de clase I, se detectó que no todas las partes metálicas accesibles estaban conectadas al cable de tierra.

Amoladoras: giran a elevada velocidad (hasta 11000 vueltas por minuto), por ello la guarda de protección es crucial para evitar gravísimos accidentes al operador en caso de rotura del disco. Las normas prevén ensayos en los que se provoca la rotura y se verifican los impactos en un recinto de ensayo. En algunos casos se detectaron fallas de diseño, o roturas de las guardas de protección.

Cortadoras de césped: se detectó que en algunos casos el diseño de la cubierta no era suficiente para evitar que el pie del operador pudiera ser alcanzado por las cuchillas, o que se proyecten partículas hacia el entorno.

5. Conclusiones y recomendaciones.

El control por parte del estado de los aparatos eléctricos que se comercializan ha redundado en un gran avance en cuanto a la prevención de accidentes eléctricos, aunque este logro no suele ser reconocido en su verdadera dimensión: a los accidentes evitados la sociedad en su conjunto no los exalta como debiera. Por ello es importante valorar el impacto social que ha tenido esta legislación, y difundir el significado de los símbolos de las figuras 1 y 2, para que los consumidores puedan tenerlos en cuenta a la hora de adquirir un equipo.

Como se puede concluir del análisis de las normas de seguridad, las mismas son muy exhaustivas, contemplan pormenorizadamente los distintos aspectos inherentes al uso de los equipos. Como es de destacar, el estudio de la seguridad es integral, no se limita a los peligros eléctricos. A pesar de la innumerable diversidad de aparatos, las normas se adaptan a esa diversidad, quedando muy poco en la práctica, librado a lo que el laboratorista que realiza los ensayos deba descubrir, dicho sea esto en función de la amplia experiencia en esta actividad.

Más allá de las Resoluciones y/o Disposiciones legales, y de las normas de ensayo se considera necesario realizar campañas de divulgación para crear una cultura al respecto. Aunque el fabricante cumpla con todos los requisitos, los equipos requieren cuidados y mantenimiento que no siempre el usuario los tiene en cuenta.

Como ejemplos, es dable observar por un lado, amoladoras que son utilizadas sin guarda de protección para el operador, o en lugares donde el mismo está rodeado de otras personas (transeúntes en muchos casos), a las que la guarda inevitablemente no puede proteger. También es frecuente observar, por otro lado, operarios cortando el césped o malezas en lugares públicos, proyectando innumerables partículas hacia los alrededores, con el consabido peligro para motociclistas, automovilistas o transeúntes. Algo muy común es el uso de adaptadores que anulan la toma de tierra.

6. Referencias.

[1] Resolución 92/98 Ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería. LEALTAD COMERCIAL. Equipamiento eléctrico de baja tensión. Requisitos esenciales de seguridad para su comercialización. Procedimientos y plazos para la certificación de productos.

Disponible en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=424F8B83B095BC6519FAA499B82BC80F?id=49285>

[2] Resolución 508/15 de la Secretaría de Comercio. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Equipamiento eléctrico de baja tensión. El equipamiento eléctrico de baja tensión que se comercialice en la República Argentina deberá contar con una certificación que acredite el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad que se detallan en el anexo I que con tres (3) hojas forma parte integrante de la presente Resolución.

Disponible en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=253700>

[3] Resolución N° 731/87. Secretaría de Comercio Interior (SECI). Comercio Interior. Identificación de mercadería. Información que deberá suministrarse al público consumidor sobre los aparatos electrodomésticos y electrónicos.

Disponible en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=168142>

[4] Resolución N° 524/98. Secretaría de Industria, Comercio y Minería. Lealtad Comercial. Condiciones mínimas de seguridad -tomacorrientes-precisiones sobre las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir los tomacorrientes combinados bipolares con toma de tierra de 250 V de corriente alterna, para uso en instalaciones fijas domiciliarias.

Disponible en:

<Http://servicios.infoleg.gob.ar/infoleginternet/vernorma.do?id=52535>

[5] Norma IRAM 2092-1 (2006). Seguridad de los aparatos electrodomésticos y similares. Parte 1: Requisitos generales.

[6] IEC 60529 (2013) Degrees of protection provided by enclosures (IP code).

FIN DEL DOCUMENTO

ESTUDIO SOBRE LA PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Horacio P. Hollman, UTN-Reg. Paraná, hhollman@arnet.com.ar

Daniel C. Zapata, UTN-Reg. Paraná, conradozap@gmail.com

Hernán M. Solier Z., UTN-Reg. Paraná , hmsolierz@frp.utn.edu.ar

Waldo, Kuhn, UTN-Reg. Paraná, waldokuhn01@gmail.com

Gabriel, Zapata, UTN-Reg. Paraná, galezapata@hotmail.com

Resumen— Este trabajo consiste en el estudio de un modelo que represente el Sistema de Energía Eléctrica de la Provincia de Entre Ríos, donde se identifican los aspectos relevantes de consumo y producción de energía eléctrica. El modelado comprende la formulación de escenarios energéticos y ambientales, basándonos en balances integrales sobre la forma en que se consume, convierte y produce la energía en la Provincia, según una gama de hipótesis alternativas de población, desarrollo económico, tecnología, precios y otras características que sirvan para la planificación de mejoras y ampliaciones de infraestructuras para satisfacer el incremento de la demanda.

Palabras clave— Energía eléctrica, planificación, demanda, modelado

2. Introducción

El comportamiento de la sociedad en cuanto a la demanda de energía siempre se encuentra en constante evolución, no solamente por el crecimiento de la población sino también por el cambio de hábitos de consumo, tales como alimentación, transporte, salud, educación, comunicación, información, etc. Además, los hogares disponen también de mayores niveles de confort debido a una mayor cantidad y diversidad de electrodomésticos que permiten alcanzar mejores niveles de ambientación y seguridad.

Según los resultados del censo realizado por el INDEC durante el año 2010, en la provincia de Entre Ríos habitan alrededor de 1300000 de personas con una tasa de crecimiento de 6,7%.

El desarrollo económico se basa en actividades ligadas a la producción de bienes y servicios. Dentro de la producción de bienes podemos nombrar por orden de importancia la agricultura, la ganadería, la industria y la minería.

La agricultura se caracteriza por el cultivo de arroz, soja, trigo, maíz, cítricos y la forestación de eucaliptus. En la ganadería sobresale la producción vacuna, avícola. En menor escala se encuentra la producción porcina y ovina.

El sector industrial posee un fuerte vínculo con el sector agropecuario, destacándose la elaboración de alimentos y bebidas, molinos harineros, molinos arroceros y frigoríficos. También existen industrias relacionadas con la madera, los productos químicos, la metalurgia y las maquinarias.

En cuanto a la producción de servicios podemos citar por orden de importancia el comercio mayorista y minorista, el turismo, y logística.

Inevitablemente, todas estas actividades que se han convertido en necesidades básicas de la sociedad actual, requieren el suministro de importantes cantidades de energía para su producción y/o sostenimiento. Las principales fuentes energéticas de la provincia son la electricidad y el gas. Sobre el río Uruguay, se encuentra la Central Hidroeléctrica Salto Grande, cuya producción energía eléctrica abastece el Sistema Interconectado Argentino (SADI). Cabe aclarar que si bien el río Paraná se considera como un importante recurso para el aprovechamiento hidroeléctrico, por ley [1] está prohibida la construcción de nuevas represas sobre los ríos Uruguay y Paraná. La distribución de energía eléctrica se encuentra repartida entre la empresa ENERSA y 17 cooperativas eléctricas.

El suministro gasífero se debe a la conexión con el Gasoducto Subfluvial que cruza el río Paraná y continúa con el Gasoducto Troncal Entrerriano, una obra y servicio a cargo de la empresa Gas del Norte S.A.

Por último, el sistema que suministra la energía debe ser capaz de abastecer la demanda de todos los habitantes tanto en forma cuantitativa como cualitativa, proteger el medioambiente, y de esta manera sostener el desarrollo socioeconómico. Esto se logra a través de continuas inversiones en el sector energético, a su vez estas últimas debido a que tienen magnitudes importantes y demandan bastante tiempo, necesitan contar con políticas que acompañen el desarrollo y que la planificación sea eficaz y eficiente.

3. Aspectos Fundamentales del Análisis

El análisis de Demanda se representa a través de un método desagregado por sectores, para luego modelar los requerimientos de consumo de energía de cada uno de ellos. Requiere la aplicación de información económica, demográfica y de uso energético para construir escenarios que permitan examinar la evolución del consumo total y desagregado a través del tiempo en los diversos sectores de la economía.

La estructura que conformarán los sectores incluirán los hogares, industria y comercio, cada uno de los cuales se puede a su vez dividir en diferentes sub-sectores, tales como hogares urbanos y rurales, industrias de manufacturas y agroindustrias, etc. La estructura de los datos se adapta a los propósitos de la investigación, según la disponibilidad de datos y las preferencias de unidades.

Con la información disponible y obtenida, se elaboran y/o verifican las políticas orientadas al sostenimiento y desarrollo de los aspectos estructurales del sistema socioeconómico, teniendo en forma implícita un carácter de largo plazo y con elementos que podemos asociarlos a dos grandes grupos:

- ✧ Políticas generales donde se establecen los precios y las tarifas.
- ✧ Políticas específicas que apuntan a la formación y manejo de los recursos.

Además, es necesario hacer referencia al consumo final energético, que es la energía entregada a los sectores de consumo para su utilización como energía útil, electricidad y calor. Se excluyen de esta clasificación, las fuentes que se utilizan como insumo o materia prima de otros procesos energéticos debido a que esto corresponde a la actividad de transformación. Los sectores de consumo final se clasifican de acuerdo a las siguientes características:

a) Sector residencial.

Se refiere a los hogares urbanos y rurales de la región. El consumo energético se destina a usos finales tales como: iluminación, cocción, calentamiento de agua, refrigeración, aire acondicionado, calefacción, fuerza motriz. En general las fuentes energéticas más empleadas son la electricidad, el gas natural, gas envasado y leña.

b) Sector comercial y servicios.

En esta clasificación se incluyen las actividades de comercialización de bienes y servicios mayorista y minorista privados. Se incluyen sectores tales como: instituciones financieras, hoteles y restaurantes, almacenamiento, educación, salud, cultura y entretenimiento. Las fuentes energéticas generalmente utilizadas son: electricidad, diesel, fuel oil, leña, carbón vegetal, para el uso en calderas para calefacción y agua caliente, cocción de alimentos, etc.

c) Sector industrial.

El consumo final de este sector está determinado por las diferentes características productivas de cada proceso que permite la transformación de materias primas en productos finales. Se pueden emplear tanto fuentes primarias (gas natural, leña, bagazo o residuos vegetales) como fuentes secundarias (derivados petróleo, electricidad, carbón vegetal). Las aplicaciones energéticas pueden ser como fuente de calor en hornos calderas, fuerza motriz en accionamiento de bombas, vehículos e iluminación.

Para obtener el consumo de las fuentes energéticas debe utilizarse el registro de compra de cada una de ellas, o realizar el cálculo estimativo.

3. Metodología. Modelo de Proyección

El planteo del modelo de proyección constituye la base para el análisis parcial o total de los sistemas energéticos, comprendiendo los procesos que producen y/o consumen las distintas fuentes de energía, la transforman y distribuyen, para la satisfacción de las necesidades de los sectores socioeconómicos.

El aspecto de mayor importancia para calificar un modelo, radica en la exactitud con la que puede reproducir el comportamiento del sistema bajo ciertas condiciones, tales como operatividad, procesamiento de datos, recursos informáticos, etc.

Debido a que generalmente estas características entran en conflicto, se recurre a las soluciones de compromiso que permitan alcanzar los objetivos. Es así, que la modelización integral de un sistema energético podría tener una representación simplificada de cada una de sus partes y plantear modelos específicos, o representar completamente el sistema energético y describir las interrelaciones entre el sistema energético y el socioeconómico.

La aplicación del modelado de tendencia [2], será la referencia para la construcción de una base de datos provenientes de estadísticas pasadas para determinar los patrones de la demanda. Luego se aplicarán los modelos para proyectar la demanda futura verificando la concordancia con los datos de la base. Dicha metodología conduce a la creación de matrices que relacionan los consumos de cada sector de la economía, lo que implica contar con series históricas de los consumos por sector [3], una especificación detallada sobre el funcionamiento socioeconómico y escenario donde se realizará la proyección de la demanda.

Este tipo de modelo presenta limitaciones cuando se requiera una proyección a mediano o largo plazo, porque las previsiones se basan en la extrapolación con datos históricos, lo que supone que los cambios estructurales registrados en el pasado se repetirán en la proyección.

En regiones en vías de desarrollo esto resulta en una dificultad dadas las características del desempeño macroeconómico poco sostenido.

Las características mencionadas anteriormente, obligan a realizar los ajustes de curvas. Se denomina de esta forma al procedimiento de ajustar un conjunto de datos representados por puntos a una curva determinada. Existen dos opciones: Regresión e interpolación [4]. La primera se emplea cuando los datos están asociados a un significativo grado de error, por ejemplo los datos experimentales. La interpolación se emplea para determinar los valores intermedios entre los datos que se encuentran libres de error, por ejemplo la información tabulada. Considerando la desviación estándar para la línea de regresión:

$$S_{\frac{y}{x}} = \sqrt{\left(\frac{S_r}{n-2}\right)} \quad (7)$$

donde $S_{y/x}$ se denomina error estándar del estimado. El subíndice y/x designa que el error es para un valor predicho de “y” correspondiente a un valor de “x”. Debido a que se utilizan datos estimados es que se divide por “n-2” para calcular “ S_r .” El error estándar cuantifica la dispersión de datos alrededor de la línea de regresión.

Para cuantificar la bondad del ajuste, se suman todos los cuadrados alrededor de la media para la variable dependiente, con lo que se determina “ S_t ”, que representa la magnitud del error residual asociado con la variable dependiente antes de la regresión. Luego de calcular la regresión, se calcula S_r que representa la suma de los cuadrados de los residuos alrededor de la línea de regresión.

La diferencia entre S_t y S_r cuantifica la mejora en la reducción del error por describir los datos en términos de una línea recta en vez de un valor promedio. Como la magnitud depende de la escala, la diferencia se normaliza para obtener:

$$r^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t} \quad (8)$$

donde “ r^2 ” se denomina coeficiente de determinación y “r” es el coeficiente de correlación.

Tabla 1. Coeficientes de determinación.

Rango	Interpretación
Si $S_r = 0$ y $r = r^2 = 1$	Ajuste perfecto y la línea explica el 100% de variabilidad de los datos.
Si $S_r = S_t$ y $r = r^2 = 0$	El ajuste no representa alguna mejora.

El grado de desagregación sectorial muy detallado se enfrenta con el hecho que no existe o no está disponible la información necesaria, por lo tanto lo frecuente es organizar la desagregación en tres sectores: industrial, comercial (incluidos servicios) y residencial.

Este tipo de modelo hace énfasis en presentar el vínculo existente entre el sistema energético y el socioeconómico, apuntando el análisis a la influencia de la actividad socioeconómico sobre el sistema energético, constituyendo el punto de partida para el proceso de planificación energética.

Esta característica conlleva el establecimiento de la diferencia entre la demanda y los requerimientos. El término demanda implica la existencia de un mercado donde las fuentes consideradas se canalizan a través de una transacción económica, dejando fuera de esta consideración aquellas fuentes energéticas que los consumidores adquieren directamente, tales son los casos de la leña y la biomasa [5]. Se hace esta salvedad, debido a que la región es estudio dispone gran cantidad de estos recursos y podría incurrir cierta influencia.

3.1 Indicadores Socio-económicos

3.1.1 Composición sectorial del PIB

Es el porcentaje en cada sector contribuye al PBI de la economía de la región. Los sectores más representativos son generalmente: el industrial, el comercial y servicios, el agrícola.

Los porcentajes de participación se determinan a partir de valores constantes o corrientes.

$$PPIBS_{ij} = \frac{PIB_{ij}}{PIB_i} * 100 \quad (1)$$

Donde:

PPIBS_{ij}: porcentaje del PBI sectorial respecto al PBI total [%], PBI_{ij}: PBI del sector j en el año i [\$], PIB_i: PBI total en el año i [\$].

Este indicador revela la importancia y peso de cada uno de los sectores económicos en la producción total de la región.

3.2 Indicadores Económicos-Energéticos

3.2.1 Intensidad energética agregada:

Este indicador representa la relación entre el consumo de energía y el PBI, para este último puede considerarse a valor constante o valor corriente.

El consumo energético se calcula mediante el consumo final de la energía primaria más la que ingresa a los centros de transformación.

$$IE_i = \frac{CE_i}{PIB_i} \quad (2)$$

Donde:

IE_i: intensidad energética agregada en el año i [%], CE_i: consumo de energía total en unidades calóricas [Mwh/10³ \$], PIB_i: PBI total [10⁶ \$].

Este indicador permite realizar previsiones acerca del impacto energético y ambiental ocasionado por el crecimiento de la economía de la región y resulta útil para el análisis de las consecuencias del incremento del consumo de recursos (especialmente los fósiles) debido al desarrollo económico.

3.2.2 Intensidad energética por sectores económicos:

Representa la relación entre el consumo de energía eléctrica de un sector económico y el Valor Agregado de dicho sector.

$$IE_{ij} = \frac{CE_{ij}}{VAG_{ij}} \quad (3)$$

Donde:

IEij: intensidad energética en el año i del sector j [Mwh/10³ \$], CEij: consumo de energía del sector j para el año i en unidades calóricas [Mwh/10³ \$], VAGi: Valor agregado del sector j en el año i [10⁶ \$].

Este indicador permite identificar los sectores económicos con mayor demanda.

3.2.3 Consumo eléctrico por usuario:

Es la relación entre el consumo total de energía eléctrica de la región y la cantidad de usuarios.

$$CELPU_i = \frac{CEL_i}{CUS_i} \quad (4)$$

Donde:

CELPUi: consumo de energía eléctrica por usuario en el período i [Kwh/hab]; CELi: Consumo de energía eléctrica en el período i [Gwh]; CUSi: cantidad de usuarios en la región en el período i [N°].

3.2.4 Elasticidad en la demanda energética respecto al Valor Agregado

Se define como la relación entre la tasa de variación de la demanda de energía respecto a la tasa de variación del VAG.

$$ED_i = \frac{\frac{D_i}{D_{i-1}} - 1}{\frac{VAG_i}{VAG_{i-1}} - 1} \quad (5)$$

Donde:

EDi: elasticidad demanda de energía - VAG [adimensional], Di: demanda de energía en el año i [Mwh], Di-1: demanda de energía en el año i-1 [MWh], VAGi: Valor agregado del período i [\$], VAGi-1: Valor agregado del período i-1 [\$].

Este indicador permite determinar el grado de estabilidad que posee el sector energético, respecto a las variaciones en las condiciones económicas de la región.

Para el caso en que el índice de elasticidad es elevado, esto indicaría que pequeñas variaciones en el Valor Agregado producirían grandes variaciones en la demanda de energía, mientras que un índice bajo de elasticidad, indicaría que la demanda de energía variaría poco respecto a las variaciones del Valor Agregado.

3.3 Indicadores energéticos por habitante

3.3.1 Consumo eléctrico por habitante

Es la relación entre el consumo total de energía eléctrica de la región por su población.

$$CELPC_i = \frac{CEL_i}{POB_i} \quad (6)$$

Donde:

CELPCi: consumo de energía eléctrica per cápita en el período i [Kwh/hab]; CELi: Consumo de energía eléctrica en el período i [Gwh]; POBi: población de la región en el período i [hab].

De la misma manera que el indicador visto antes, es una medida del desarrollo industrial y calidad de vida de los habitantes en la región.

4. Resultados de la Proyección de la Demanda

La información que proporciona la proyección se basa en la predicción de la demanda futura de energía eléctrica incluyendo la magnitud (cuanto), el tiempo(cuando) y la ubicación(donde).

En el análisis se espera un crecimiento de la demanda en áreas existentes tales como parques industriales con capacidad ociosa, pero también se espera un crecimiento de demanda en zonas donde aún no existe demanda, tal es el caso de la extensión de la urbanización en grandes ciudades, puesta en funcionamiento de nuevas plantas industriales y centros comerciales. Por lo tanto, la empresa distribuidora y las cooperativas se verán obligadas a ampliar la red de distribución. No obstante, es necesario considerar que el crecimiento no se producirá en todas las regiones en igual magnitud y tiempo, lo que fundamenta la importancia de establecer la ubicación geográfica del crecimiento.

La ubicación geográfica del crecimiento de la demanda estará acompañada por una división del territorio bajo estudio en pequeñas áreas. La metodología admite que la forma de estas divisiones pueden tener formas irregulares y tamaños variados, por lo tanto se considera cada departamento como una división irregular de tamaño variado.

Cuando observamos el crecimiento de la demanda en una división, generalmente se presentan diferencias con respecto al crecimiento del sistema. Este fenómeno es fundamental para estudiar la distribución de cargas y para mejorar los métodos de proyección.

Enfocándonos en el análisis de cada división, y considerando que no existirán variaciones importantes en las variables, podríamos esperar una curva de crecimiento lineal, con variaciones leves y continuas a lo largo del período, tendremos información sobre dónde se ubica la variación en cada departamento.

Para el análisis de tendencia se aplica el método de regresión de datos que utiliza información del pasado para proyectar la demanda futura. Una curva de aproximación puede ser empleada para encontrar la demanda en el año objetivo. Si bien este método es sencillo y económico, asume que la tendencia de las variables de demanda permanecen constantes durante el período de estudio. En caso que ocurrir un cambio importante en una de las variables, la aproximación pierde precisión.

En la tabla 2 se pueden observar las proyecciones en la demanda para cada departamento, dividido por usuarios residenciales urbanos, comerciales e industriales. Debido a las características lineales de la evolución, se considera suficiente presentar los resultados correspondientes a los años 2016, 2020 y 2025. Además, como la proyección se estableció en base a regresiones lineales, es importante conocer los coeficientes de determinación para complementar el análisis y disponer de una adecuada referencia acerca de la variabilidad de los datos.

Tabla 2: Proyección de la demanda 2016, 2020, 2025

Departamento	Demanda Energía Eléctrica en Mwh								
	2016			2020			2025		
	Residencial Urbano	Comercial	Industrial	Residencial Urbano	Comercial	Industrial	Residencial Urbano	Comercial	Industrial
Colón	73918	52100	53228	87972	65222	80612	105539	81626	88666
Concordia	174793	81620	157864	204777	95198	162951	242257	112170	169310
Diamante	35756	22647	22999	41570	25590	27762	48837	31476	33717
Federación	67976	49748	17913	80849	61902	17239	96941	77094	16396
Federal	21512	7414	77	25904	9169	67	31395	11363	55
Feliciano	10836	2999	238	13136	3613	238	16011	4379	238
Guauguay	51056	25692	46250	59824	30026	53892	70783	35444	63443
Guauguaychú	118220	45209	130764	137828	53184	153093	162339	63154	181005
Islas del Ibicuy	10464	8066	8178	12573	10012	10273	15208	12444	12892
La Paz	52755	22927	6817	62682	28008	7409	75091	34359	8148
Nogoyá	29596	15109	26346	34498	18044	29301	40625	21712	32996
Paraná	348483	190687	151348	401336	220969	173234	467401	258820	200593
San Salvador	17116	7366	9024	20314	8328	10197	24311	9530	11663
Tala	22474	7366	3436	26309	8328	3642	31102	9530	3899
Uruguay	106827	15005	140309	124631	16383	158525	146885	18106	181295
Victoria	33178	15481	8878	38883	17292	9824	46015	19555	11005
Villaguay	39645	18411	16141	46556	22006	20099	55194	26499	25048

En la tabla 3 podemos observar que para los usuarios residenciales urbanos de todos los departamentos, el ajuste de la regresión se aproxima a la totalidad de los datos, por lo tanto se puede garantizar el resultado de la proyección.

Tabla 3: Coeficientes de determinación para los datos de la tabla 2

Departamento	Coeficiente de Determinación		
	Residencial Urbano	Comercial	Industrial
Colón	0,993	0,972	0,847
Concordia	0,955	0,861	0,219
Diamante	0,986	0,96	0,611
Federación	0,993	0,749	0,013
Federal	0,996	0,934	0,068
Feliciano	0,996	0,926	0,638
Guauguay	0,931	0,907	0,377
Guauguaychú	0,977	0,952	0,773
Islas del Ibicuy	0,995	0,969	0,571
La Paz	0,997	0,885	0,238
Nogoyá	0,995	0,979	0,552
Paraná	0,985	0,955	0,807
San Salvador	0,996	0,982	0,484
Tala	0,994	0,596	0,516
Uruguay	0,98	0,272	0,909
Victoria	0,962	0,357	0,799
Villaguay	0,984	0,968	0,956

Para el caso de los usuarios comerciales, también se observa un nivel de ajuste similar salvo en los departamentos de Uruguay y Victoria, donde no es posible asegurar los resultados, debido a la gran dispersión de datos que dificulta el establecimiento de una regresión adecuada, por lo que resulta necesario analizar para cada situación las causas de dichas

variaciones. Cabe mencionar que para la evolución del valor agregado en dichos departamentos, los ajustes alcanzan valores óptimos por lo que se puede considerar el efecto de errores en la medición de la demanda de energía para explicar los resultados.

Para el caso de los usuarios industriales, se observa que los ajustes en las regresiones presentan mayor variabilidad de datos con resultados aceptables en los departamentos Colón, Diamante, Feliciano, Gualaguaychú, Islas del Ibicuy, Nogoyá, Paraná, Tala, Uruguay, Victoria, Villaguay. En cambio, en los departamentos Concordia, Federación, Federal, Gualaguay, La Paz, San Salvador; no es posible determinar un ajuste que permita establecer una tendencia precisa. Una explicación de este caso puede ser que los procesos productivos de estos últimos poseen gran dependencia del sector agrícola, por lo que adquiere incidencia la estacionalidad en los procesos, y que resulta en una característica distintiva de este tipo de explotaciones primarias.

Se presenta en la tabla 4 una clasificación ordenada por magnitud de demanda de usuarios residenciales urbanos estimada para el año 2025. Como complemento se presenta el gráfico 1 donde se agruparon las demandas de cada departamento y se agruparon en rangos característicos, logrando de esta manera, alcanzar el propósito de disponer de información valiosa que vincule la magnitud, el momento y la ubicación territorial que tendrá la demanda de energía eléctrica.

Tabla 4: Orden de departamentos en base a la demanda proyectada usuarios residenciales urbanos hasta el año 2025.

Orden	Departamento	Residencial Urbano Mwh / 2025
1	Paraná	467401
2	Concordia	242257
3	Gualaguaychú	162339
4	Uruguay	146885
5	Colón	105539
6	Federación	96941
7	La Paz	75091
8	Gualaguay	70783
9	Villaguay	55194
10	Diamante	48837
11	Victoria	46015
12	Nogoyá	40625
13	Federal	31395
14	Tala	31102
15	San Salvador	24311
16	Feliciano	16011
17	Islas del Ibicuy	15208

Gráfico 1: clasificación en base a la demanda proyectada usuarios residenciales urbanos hasta el año 2025.



Tabla 5: Orden de departamentos en base a la intensidad energética proyectada para usuarios residenciales urbanos hasta el año 2025.

Orden	Departamento	Intensidad energética Residencial
		%Incremento hasta 2025
1	Feliciano	4,85
2	La Paz	1,62
3	Federal	1,57
4	Federación	1,52
5	Galeguay	1,40
6	San Salvador	1,40
7	Concordia	1,34
8	Villaguay	1,33
9	Islas del Ibicuy	1,31
10	Colón	1,24
11	Diamante	1,21
12	Nogoyá	1,21
13	Victoria	1,19
14	Galeguaychú	1,08
15	Paraná	1,05
16	Tala	1,04
17	Uruguay	0,95

En la tabla 5 se presentan las conclusiones de la proyección de la intensidad energética donde se ha cuantificado el incremento en dicho indicador para cada departamento y ordenado en forma decreciente. El valor de esta información se relaciona directamente con las políticas de eficiencia energética, debido a que nos ofrece pautas para tomar decisiones sobre donde concentrar los esfuerzos. A su vez, se observa que en el departamento Feliciano se proyecta un marcado incremento de intensidad energética respecto al resto, situación que conduce a dirigir los esfuerzos y recursos para alcanzar mejoras a largo plazo.

Utilizando la misma metodología para analizar la proyección de la demanda de los usuarios comerciales, podemos establecer nuevamente en forma decreciente donde se producirán las mayores demandas en el año 2025, tal como se presentan en la tabla 6 y gráfico 2. Para este caso, la proyección de intensidad energética no registra variaciones relevantes. Esto se explica por razones de costo operativo, este tipo de usuario generalmente será proclive a mantener o reducir la demanda de energética.

Tabla 6: Orden de departamentos en base a la demanda proyectada usuarios comerciales hasta el año 2025.

Orden	Departamento	Comercial Mwh / 2025
1	Paraná	258820
2	Concordia	112170
3	Colón	81626
4	Federación	77094
5	Gualeguaychú	63154
6	Gualeguay	35444
7	La Paz	34359
8	Diamante	31476
9	Villaguay	26499
10	Nogoyá	21712
11	Victoria	19555
12	Uruguay	18106
13	Islas del Ibicuy	12444
14	Federal	11363
15	San Salvador	9530
16	Tala	9530
17	Feliciano	4379

No obstante, es posible analizar otro indicador tal como la elasticidad de la demanda. Se presenta en la tabla 7 la proyección de la elasticidad de la demanda hasta el año 2025.

Gráfico 2: clasificación en base a la demanda proyectada usuarios comerciales hasta el año 2025.



Tabla 7: Orden de departamentos en base proyección de la elasticidad de demanda en usuarios comerciales hasta el año 2025.

Orden	Departamento	Elasticidad Energética Comercial
1	Colón	0,2960755661
2	Concordia	0,1421734603
3	Diamante	0,0505671821
4	Federación	-0,2151281256
5	Federal	-1,0077325749
6	Feliciano	-0,9242701309
7	Gualeguay	0,2747827696
8	Gualeguaychú	0,2572399765
9	Islas del Ibicuy	-0,7497885886
10	La Paz	0,2958200654
11	Nogoyá	0,3263063521
12	Paraná	0,3170653873
13	San Salvador	0,3287940786
14	Tala	0,0323981702
15	Uruguay	0,3288424592
16	Victoria	0,3220514377
17	Villaguay	-0,4771908568

La elasticidad en la demanda de usuarios comerciales es un indicador que relaciona la variación en la demanda con la variación del valor agregado del sector. Cuando la $ED > 0$ se clasifica con elástica, y cuando los valores son elevados, tales son los casos de los departamentos Concordia, Diamante, Gualaguay, Gualaguaychú, Paraná, San Salvador, Uruguay y Victoria, se puede esperar mayores variaciones en la demanda respecto al valor agregado.

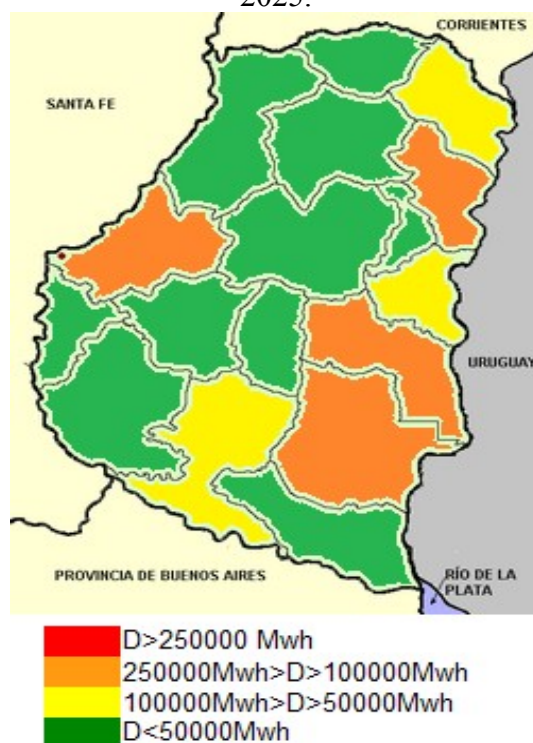
Finalmente, queda por analizar el sector industrial, para el cual se utiliza la misma metodología que en sector comercial y los resultados se presentan en la tabla 8 y gráfico 3.

Similar al caso de usuarios comerciales, los industriales también registran en la proyección de intensidad energética escasas variaciones. La explicación del resultado es la misma.

Tabla 8: Orden de departamentos en base a la demanda proyectada usuarios industriales hasta el año 2025.

Orden	Departamento	Industrial Mwh / 2025
1	Paraná	200593
2	Uruguay	181295
3	Gualaguaychú	181005
4	Concordia	169310
5	Colón	88666
6	Gualaguay	63443
7	Diamante	33717
8	Nogoyá	32996
9	Villaguay	25048
10	Federación	16396
11	Islas del Ibicuy	12892
12	San Salvador	11663
13	Victoria	11005
14	La Paz	8148
15	Tala	3899
16	Feliciano	238
17	Federal	55

Gráfico 3: clasificación en base a la demanda proyectada usuarios industriales hasta el año 2025.



Se presenta en la tabla 9 la proyección de la elasticidad de la demanda para usuarios industriales hasta el año 2025.

Orden	Departamento	Elasticidad Energética Comercial
1	Colón	0,2960755661
2	Concordia	0,1421734603
3	Diamante	0,0505671821
4	Federación	-0,2151281256
5	Federal	-1,0077325749
6	Feliciano	-0,9242701309
7	Gualedguay	0,2747827696
8	Gualedguaychú	0,2572399765
9	Islas del Ibicuy	-0,7497885886
10	La Paz	0,2958200654
11	Nogoyá	0,3263063521
12	Paraná	0,3170653873
13	San Salvador	0,3287940786
14	Tala	0,0323981702
15	Uruguay	0,3288424592
16	Victoria	0,3220514377
17	Villaguay	-0,4771908568

Donde los mayores índices de elasticidad se presentan en los departamentos de Colón, Concordia, Gualaguay, Gualaguaychú, La Paz, Nogoyá, Paraná, San Salvador, Uruguay y Victoria.

5. Conclusiones y recomendaciones

La información obtenida mediante proyecciones de la demanda de energía eléctrica adquiere gran importancia cuando las empresas distribuidoras y/o organismos públicos deben planificar las inversiones necesarias para lograr el abastecimiento manteniendo las condiciones de calidad del servicio.

Debido a que la demanda energética depende de variables socioeconómicas, resulta muy complejo determinar un modelo matemático que permita una proyección a largo plazo exacta. Es por ello, que este estudio propone un modelo proyección relativamente sencillo pero incorpora la división en subregiones o departamentos, y de esta manera busca reducir el impacto de ciertas variables.

Por último, el grado de detalle obtenido en los resultados permite a las empresas distribuidoras encargadas de realizar las inversiones en infraestructura y a los organismos públicos encargados de elaborar y controlar las políticas energéticas, conocer tanto la magnitud y el momento en que se producirá en incremento en la demanda, como la ubicación. Esto por hecho, facilita las decisiones y permite la administración de los recursos de forma más eficiente y eficaz.

6. Referencias

- [1] Ley 9092, (1992). *Ley antirepresas. Ley de Libertad en los Ríos*.
- [2] LEE WILLIS, H. (2004). *Power Distribution Planning Reference Book*, New York, Second Edition, p.909-1054.
- [3] Ministerio de Energía y Minería (2014). *Informes Anuales del Sector Eléctrico desde el año 2004 hasta 2014*.
- [4] Chapra, Steve. Canale, Raymond. (2010). *Numerical Methods for Engineers*. Sixth Edition. p.454-84.
- [5] García, Fabio(2011). *Manual de Estadísticas Energéticas*. Organización Latinoamerica de Energía. p.120-158.
- [6] Dirección de Estadísticas y Censos de la Provincia de Entre Ríos. *Indicadores Económicos, Indicadores Sociales*.
- [7] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Indicadores Económicos, Indicadores Sociales*.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EL TRANSPORTE MEDIANTE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, UNA MEJORA SUSTANCIAL EN EL CONSUMO DE ENERGÍA PENSANDO EN CARNOT

Alejandro Lois; Carlos H. Trentádue; Hugo H. Carranza; Juan C. Pérez Arrieu

Área de Prospectiva de Energía Eléctrica (APEE); Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Gral. Pacheco, alois@frgp.utn.edu.ar

Resumen— El mundo enfrenta un crecimiento sostenido de población y de consumo de energía. La demanda de energía primaria supera las 13.000 MTEP (Millón de Toneladas Equivalentes de Petróleo), con más del 80% aportado por los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural.

Descontadas las pérdidas de transformación, que son del orden de los 4.000 MTEP, quedan disponibles para el consumo final alrededor de 9.000 MTEP. Un tercio de ellos corresponde al sector transporte, que mayoritariamente se mueve hoy a partir de derivados del petróleo.

A fin de incrementar la eficiencia energética en el caso del transporte, se pueden tener en cuenta en acciones en cuatro campos: la tecnología, la operación de los sistemas de transporte, la infraestructura y la política.

En este trabajo se analiza el impacto sobre la eficiencia en el transporte, de acciones de transformación tecnológica, como ser el reemplazo de vehículos con propulsión basada en combustibles fósiles por vehículos eléctricos. El análisis está claramente orientado a demostrar que el cambio, por la aplicación de mejores tecnologías, traslada la pérdida por Carnot, del motor del automóvil a una máquina de ciclo combinado de óptima eficiencia, produciendo el mismo trabajo mecánico pero utilizando una menor cantidad de energético primario, a la vez que se reducen las emisiones a la atmósfera..

Palabras clave— *Eficiencia energética – Rendimiento – Carnot – Vehículos eléctricos.*

1. Introducción

El mundo enfrenta un crecimiento sostenido de población y de consumo de energía. La demanda de energía primaria supera las 13.000 MTEP (Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo), con más del 80% aportado por los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural.

Descontadas las pérdidas de transformación, que son del orden de los 4.000 MTEP, quedan disponibles para el consumo final alrededor de 9.000 MTEP. El 40% del consumo final es aportado por los derivados de petróleo provenientes de las refinerías. Por otra parte, un tercio de la demanda final corresponde al sector transporte, que mayoritariamente hoy se mueve a partir de derivados del petróleo.

A fin de incrementar la eficiencia energética en el caso del transporte, podemos pensar en acciones en cuatro campos:

- **Tecnología:** haciendo vehículos más eficientes, optimizando equipamiento existente, desarrollando combustibles alternativos, entre otras medidas posibles.
- **Operación de los sistemas de transporte:** reducción de cargas, desarrollo de mejores prácticas de empleo, optimización y racionalización de uso mediante controles automáticos y economías de escala, etc.
- **Infraestructura:** desarrollo y mantenimiento de nuevas vías alternativas de comunicación, gerenciamiento automático del tránsito, cualquiera sea el modo, mejora del diseño de terminales para minimizar tiempos muertos, etc.
- **Política:** apoyo positivo a la renovación de flotas, cambiando por vehículos más eficientes (eléctricos, híbridos, diesel, etc.), a través de la eliminación o reducción de impuestos, y de la implementación de nueva legislación con estándares de eficiencia mínimos, etc.

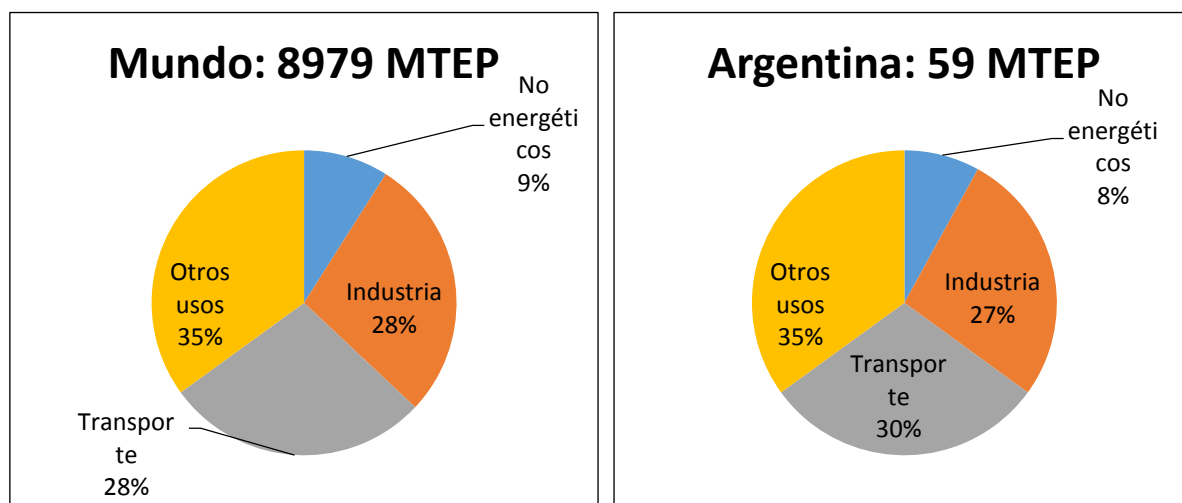


Figura 1 - Consumo final de energía por sector en el mundo y Argentina

Fuente: elaboración propia con cifras de [1]

En este trabajo sólo nos concentraremos en analizar el impacto sobre la eficiencia en el transporte de acciones de transformación tecnológica, a través del reemplazo de vehículos con propulsión basada en combustibles fósiles por vehículos eléctricos, claramente orientado a demostrar que el cambio, por economía de escala y la aplicación de mejores tecnologías, traslada la pérdida por Carnot, del motor del automóvil a una máquina de ciclo combinado de óptima eficiencia, produciendo el mismo trabajo mecánico pero utilizando una menor cantidad de energético primario, a la vez que se reducen las emisiones a la atmósfera.

2. Energía y transporte

Se cumplieron en el mes de mayo de 2015, los 250 años de la fecha en que un fabricante de instrumentos de la Universidad de Glasgow llamado James Watt, idease el condensador separado para modificar la máquina de vapor de Newcomen. Si hay un hecho puntual en la historia del desarrollo de nuestra civilización, que marca un quiebre en el consumo de energéticos, es probablemente éste.

Desde entonces y hasta el presente, los fenómenos de transporte han tenido una evolución extraordinaria.

El transporte de personas y mercancías pasó de utilizar la energía provista por seres humanos, animales y la acción del viento a la utilización del carbón, como energético primario, y del vapor, los cuales, desde comienzos del Siglo XX, comenzaron a competir con cantidades crecientes de energía provenientes de distintas fuentes, alcanzando más de 2500 millones de TEP en 2012, que representaron casi un tercio del consumo final de energía en el mundo.

De estos, el 93% fueron derivados de petróleo y significaron cerca del 65% del consumo mundial de derivados.

Simultáneamente, la población mundial que era de cerca de 800 millones en aquel momento creció a 7000 millones de habitantes.

Este proceso de crecimiento, se ha acelerado de tal forma, que desde 1970 hasta hoy la población mundial se ha duplicado, previéndose que para mediados de este siglo alcanzaría un valor de alrededor de 9 mil millones de personas [2].

Al mismo tiempo que la población crece, también aparece la migración hacia las ciudades. Este fenómeno de crecimiento y migración de la población urbana ha hecho que hoy habiten más personas en ciudades que en zonas rurales en todo el planeta. En nuestro país este fenómeno se anticipó, dado que ya en 1914, como consecuencia de la importantísima inmigración europea, más del 50% de la población residía en ciudades [3], alcanzando hoy cerca del 93% [4].

Este proceso de crecimiento simultáneo de la población y de la urbanización, se encuentra íntimamente ligado a la expansión del comercio y el tránsito internacional de personas y mercancías, implicando un aumento permanente de la demanda de energía del sector transporte.

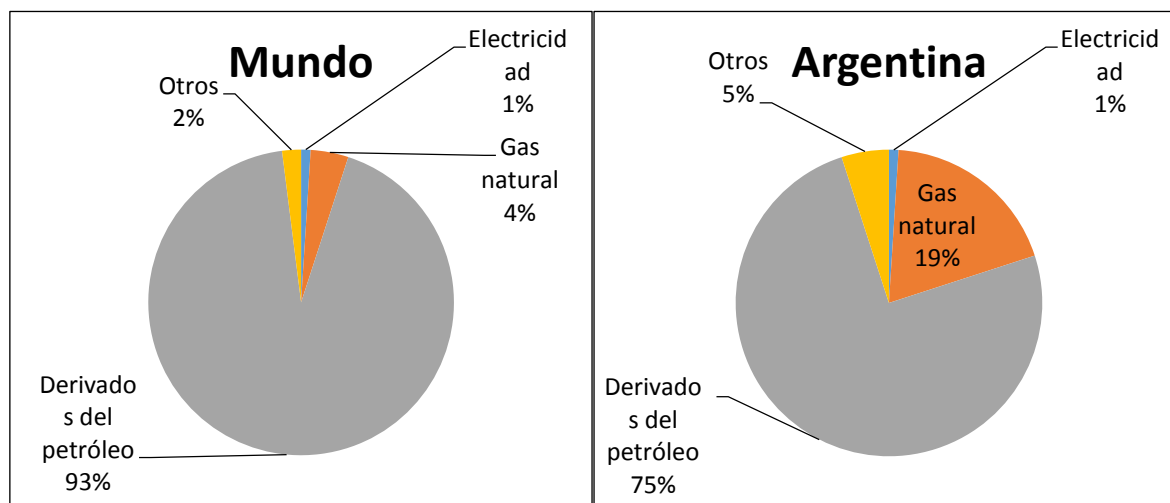


Figura 2 - Consumo de energía en transporte por fuente en el mundo y Argentina

Fuente: elaboración propia con cifras de [1]

Agravando lo expresado, la mayoría de las grandes concentraciones urbanas carecen de la infraestructura suficiente para albergar a millones de habitantes, transformando las ineficiencias del transporte en un uso ineficiente de la energía, en particular del petróleo,

imponiéndose la dinámica demográfica a la capacidad de previsión de una buena parte de los estados nacionales

Sólo por mencionar algunos ejemplos, podemos tomar la red de subterráneos de la Ciudad de Buenos Aires que prácticamente fue desarrollada antes de 1950 cuando la República Argentina tenía 16 millones de habitantes, permaneciendo con ligeros cambios desde entonces hasta el presente, mientras que la población alcanzó los 40 millones de habitantes. O la red de carreteras nacionales que en 1970 tenía unos 46.000 km mientras que hoy alcanza los 38.500, aunque cabe aclarar que entonces sólo un 45% era asfaltado y hoy lo está un 88% [5] [6].

Estos datos son relevantes cuando se considera que en 2005, el 97% de toda la carga de Argentina se transportaba por modo automotor (aproximadamente 610 millones de toneladas) y en 2010 este porcentaje era del mismo orden, junto con casi el 100% del total de pasajeros interurbanos [7].

Cabe hacer la acotación que la composición del parque nacional a fines de 2014 incluía unos 6 millones de vehículos de 2 o 3 ruedas a motor [8] y cerca de 12 millones de vehículos automotores de diversa índole [9], de los cuales apenas 30 eran Vehículos de Pasajeros Livianos (VPL) híbridos y ninguno eléctrico puro.

La carencia de infraestructura de transporte, además de restringir la posibilidad de circular libremente, del impacto en los tiempos de los traslados de personas y mercaderías en la economía en general y en la calidad de vida de la población, tiene un impacto no menos importante en el sector energético.

Con la internacionalización del comercio, el transporte se ha transformado en responsable de una parte creciente de la cantidad total de energía gastada para la ejecución de las actividades de nuestra sociedad.

En particular, en países como el nuestro o de mayor nivel de desarrollo, el transporte representa entre un cuarto y un tercio del consumo total de la energía consumida.

Los beneficios intrínsecos de la flexibilidad otorgada por la movilidad, sobre todo en términos de un mejor aprovechamiento de las ventajas comparativas de cada localización de la industria, los servicios y la población, han compensado hasta ahora la creciente cantidad de energía empleada para sostenerla, pero cada vez es mayor la presión sobre los recursos, la infraestructura y la logística de distribución y se hace imperioso el estudio y aplicación de medidas para tratar de reducir el consumo ineficiente de los mismos.

Asimismo, quizás sea necesario además establecer como hipótesis algunas premisas:

- a) El habitante en tanto usuario del sector energético demanda energía, no quiere explicaciones, quiere energía.
- b) Algunas ONG ambientalistas solo plantean restricciones, en muchos casos basadas en opiniones, en tanto que sus miembros en su rol de usuarios no resignan su demanda de energía.
- c) El comportamiento contradictorio de los individuos, que por un lado idealizan el automóvil, como un símbolo de estatus y confort, en un sociedad cada vez más adversa a los riesgos, a pesar de los más de 7600 muertos [10] por año en accidentes de tránsito en Argentina; al mismo tiempo que comparten una actitud retórica sobre su conciencia ambiental, pero están dispuestos a aceptar los costos, tanto ambientales como de tiempo y de dinero, por el uso y abuso de vehículos personales de transporte.

3. Eficiencia y pérdidas por Carnot

Como se planteó en el apartado anterior, la energía y el transporte están íntimamente ligados y es fácil apreciar que la disponibilidad de la energía y su forma de aprovechamiento han transformado a la sociedad y lo seguirán haciendo, pudiéndose expresar que la energía es un factor estratégico condicionante del desarrollo.

Dado por conocido que la máxima eficiencia se obtiene cuando elimino las pérdidas, es importante, aún sin entrar en el estudio termodinámico profundo explicitar la eficiencia y las limitaciones del aprovechamiento energético.

3.1 Máquinas eficientes y pérdidas por Carnot

En primer lugar interesa diferenciar el producto energético (carbón, petróleo, gas natural, energías hidráulica, nuclear, eólica, solar y otras), medido y contabilizado en las estadísticas, de las formas físicas en que la energía se manifiesta y transforma: calor, trabajo, potencial, cinética, eléctrica, etc.

El calor es una de las formas en que la energía se manifiesta. Desde mediados del Siglo XIX, está demostrado que no se puede convertir totalmente en trabajo, es decir que una máquina térmica puede aprovechar solo una fracción de todo el calor disponible. Existe un límite para el rendimiento de cualquier máquina térmica, que es el llamado rendimiento de una máquina ideal de Carnot, cuya eficiencia depende de la temperatura máxima y mínima de operación y de un motor ideal (sin rozamientos, con procesos instantáneos de combustión, con aislamiento térmico sin pérdidas).

Si bien hay una cierta ambivalencia en los conceptos de rendimiento y eficiencia, a los efectos del presente trabajo, consideraremos rendimiento de una transformación a la relación entre la energía útil y la total entregada para producir dicha transformación; mientras que por eficiencia energética consideramos la utilización de la misma cantidad de energía para proporcionar mayor cantidad de bienes o servicios [11].

Esta definición implica un juicio de valor sobre la eficiencia.

Actualmente, el rendimiento de algunas máquinas térmicas, entendidas como aquellas capaces de convertir la energía latente en los recursos fósiles o termofísicos, en energía mecánica, convertible a su vez, o no, en energía eléctrica en un generador, oscila entre el 3% [12] para los sistemas de conversión de energía térmica del océano, poco más del 25% para la mayor parte de los motores de automóviles, el 47% para una planta generadora de carbón supercrítico, y alrededor del 60% para una turbina de gas de ciclo combinado con enfriamiento de vapor.

El presente trabajo, a pesar de analizar el fenómeno del transporte en general, se focaliza en especial y debido a su importancia, en el transporte automotor, responsable de más del 50% del consumo energético del sector.

3.2 Automotores y rendimiento

El consumo total de energía en el automóvil depende principalmente de dos factores: la carga del vehículo y la eficiencia del sistema de propulsión.

Los motores sufren pérdidas de energía debido a distintos factores tales como la fricción entre las piezas móviles, la combustión ineficiente, las pérdidas de calor de la cámara de combustión, las variaciones del fluido de trabajo respecto de las propiedades termodinámicas de un gas ideal, la resistencia aerodinámica de aire que se mueve a través del motor, la energía

utilizada por los equipos auxiliares, como bombas de aceite y agua, las ineficiencias de compresores y turbinas y la sincronización de las válvulas.

Diseñar vehículos que consuman menos energía para ejecutar la misma función, es decir que sean eficientes, implica operar principalmente sobre:

- El peso, pues la cantidad de energía necesaria para acelerar un coche es directamente proporcional a su masa.
- La resistencia aerodinámica.
- La resistencia de rodaje o rozamiento de los neumáticos.
- El rendimiento mecánico de los motores (tanto los de combustión interna, como los eléctricos e híbridos)

Un vehículo con motor a combustión interna, quema combustible, es decir transforma la energía química potencial del mismo, para generar movimiento. Pero apenas una fracción del total se utiliza para mover al vehículo, el resto se disipa principalmente en calor a través del radiador y el caño de escape.

Considerando que el rendimiento (η) es la relación entre la energía entregada al sistema y la obtenida de él,

$$\eta = \frac{E_{salida}}{E_{entrada}} \quad (1)$$

se puede expresar que en un motor típico de combustión interna de los actualmente utilizados por la industria automotriz, será del 14 al 30% [13], frente al 95% que se alcanza en los motores eléctricos usados en automóviles [14] [15]. Esto se traduce en que la energía que finalmente llega a las ruedas, es decir la que mueve el vehículo, es del orden del 18% para los primeros y alrededor del 60% para los segundos [16] [17]. En los vehículos híbridos se encuentra entre ambos valores, siendo del orden de 30%.

4. Los vehículos eléctricos

Un vehículo eléctrico es aquel que está propulsado por uno o más motores eléctricos, utilizando la energía almacenada en baterías recargables u otros dispositivos de almacenamiento.

4.1 Un poco de historia

El primer vehículo eléctrico (EV) fue construido en 1830, y utilizaba una batería no recargable. Hubo que esperar más que 50 años para que las baterías tuvieran un desarrollo tal como para ser usadas en un EV comercial. A fines del siglo XIX, las baterías recargables ya se producían en cantidad, por lo que los EV comenzaron a ser ampliamente utilizados.

Por ese entonces, los consumidores habían preferido los EV a sus competidores propulsados por máquinas de vapor o motores de combustión interna. Las ventajas que tenían eran su arranque instantáneo y su relativa confiabilidad, mientras que los vehículos equipados con motores de combustión interna no eran confiables, eran hediondos y necesitaban ser arrancados manualmente.

El otro principal competidor, el vehículo a vapor, necesitaba un excesivo tiempo de calentamiento inicial y la eficiencia térmica era muy baja. Sin embargo, una vez que el petróleo se abarató y que se inventó, en 1911, el motor eléctrico de arranque para los motores

de combustión interna, los vehículos impulsados por estos motores se volvieron una mejor opción, dada su mayor autonomía y facilidad de recarga.

Comenzó entonces la declinación de los EV. Con una energía específica del combustible derivado del petróleo igual a 9000 W-h/kg y de 30 W-h/kg para el caso de la batería de plomo-ácido, después de contabilizados los rendimientos involucrados, resultaba que la energía almacenada en 4 kg de combustible derivado del petróleo era igual a la almacenada en 270 kg de baterías, razón principal de la declinación mencionada [14].

En los últimos años, la preocupación mundial respecto del medio ambiente, particularmente lo relacionado con la emisión de gases contaminantes y la contaminación sonora, junto con los nuevos desarrollos de baterías y celdas de combustible, están volcando la balanza en favor de los EVs.

4.2 Tipos de vehículos eléctricos usados en la actualidad

- **EV con baterías:** el vehículo consiste de una batería eléctrica recargable para almacenar energía, un motor eléctrico y un controlador. El controlador normalmente administra la potencia entregada al motor y con ello determina la velocidad del vehículo, en marcha y contra marcha.
- **Vehículos híbridos (HV):** tienen, en general, un motor de combustión interna (IC), uno o más motores eléctricos, un generador eléctrico y una batería. Hay dos configuraciones de HV: serie y paralelo. El HV serie es impulsado por uno o más motores eléctricos abastecidos por la batería, por el generador eléctrico que es a la vez impulsado por el motor IC, o por ambos. En este caso la fuerza impulsora proviene del o de los motores eléctricos. El HV paralelo puede ser impulsado por el motor IC, por el o los motores eléctricos, o por todos ellos simultáneamente (Toyota Prius). En ambos casos, la batería puede cargarse mediante el generador eléctrico o aprovechando la energía generada durante el frenado regenerativo, en el cual el motor eléctrico impulsor funciona como generador, mientras disminuye la velocidad del vehículo.
- **Vehículos con celdas de combustible:** el principio de funcionamiento es el mismo que el de los EVs con baterías recargables, excepto que estas se reemplazan por una celda o pila de combustible, o una batería de metal-aire. Toyota lanzó al mercado en 2014 el modelo Mirai, que utiliza una celda de combustible, que funciona con hidrógeno que es almacenado en forma líquida. Recientemente, Tesla (EEUU) ha patentado un conjunto de baterías, una batería de metal-aire y otra de iones de litio, que proporcionará 643 kilómetros de autonomía a un EV y Phynergy, empresa israelí, ha desarrollado una batería que funciona mediante aluminio-aire y que es capaz de proporcionar a un vehículo una autonomía de 1.600 km.
- **Vehículos solares:** el concepto es usar celdas fotovoltaicas colocadas sobre la superficie del vehículo, que convierten la energía del sol directamente a electricidad, que puede, o bien ser almacenada en baterías eléctricas, o utilizada directamente por el motor. Tienen la limitación de los altos costos y la baja eficiencia actuales de las celdas. En 1996 el Honda Dream cruzó Australia, de Darwin a Adelaida, a una velocidad promedio de 85 km/h.
- **EV que usan súpercapacitores:** en este caso la energía se puede almacenar en súper capacitores, los cuales tienen alta potencia específica, que significa que pueden cargarse y descargarse muy rápidamente. En 2014 entraron en servicio en Rostock, Alemania [18], y en Guangzhou, China [19], tranvías que utilizan súper capacitores, lo cual permite prescindir de la catenaria para alimentar los motores. En el caso de este

último, los súper capacitores ubicados en el techo se cargan automáticamente de una fuente de energía ubicada en las paradas del tranvía. Esta operación demanda entre 10 y 30 segundos. El tranvía puede recorrer hasta 4 km entre recargas y desarrollar una velocidad de 70 km/h. De acuerdo a la empresa fabricante, CSR Zhuzhou, el frenado regenerativo alcanza una eficiencia de más del 85%.

4.3 Vehículos eléctricos y eficiencia energética

Actualmente, los motores eléctricos de alta eficiencia transforman casi toda la energía eléctrica que consumen en energía mecánica, con un rendimiento del orden del 95% [14] [15] en la conversión de la energía almacenada en la batería. Asimismo, cuentan con sistemas de frenado regenerativo, que permiten aprovechar gran parte de la energía que se pierde normalmente como calor en los sistemas de frenado por fricción.

Las pérdidas en un motor eléctrico son consecuencia de pérdidas por efecto Joule en los bobinados, pérdidas mecánicas (ventilación y rozamiento) y pérdidas por corrientes parásitas. A ellas deberíamos sumarles las pérdidas del sistema de almacenamiento de energía, la batería, que se consideran del orden del 10% [15].

5. Los balances energéticos

Las estadísticas mundiales y nacionales sobre la producción y demanda de energía son presentadas en los balances energéticos. Estos contienen básicamente los datos de producción y consumo de energías primarias y transformación en energías secundarias.

Tabla 1 - Balance mundial de energía resumido en MTEP

BALANCE ENERGETICO MUNDIAL	Car- bón	Petró- leo crudo	Deri- vados del petró- leo	Gas natu- ral	Nu- clear	Hidro- eléc- trica	Bio- masa y dese- chos	Elec- trici- dad y otros	Total
Energía primaria total	3879	4279	-74	2843	642	316	1343	143	13371
Resumen de pérdidas de transformación									
Generación eléctrica	-2095	-43	-220	-748	-639	-316	-82	1654	-2489
Cogeneración y vapor	-305		-36	-419			-63	531	-292
Otras pérdidas y ajustes	-568		-274	-309	-3		-87	-387	-1628
Pérdidas totales									-4409
Resumen consumos de energía									
Industria	728		300	499			187	819	533
Transporte	3		2327	90			60	26	2506
Otros	180		1005	778			864	1096	3923
Consumo final total	911		3632	1367			1111	1941	8962

Fuente: adaptado con cifras de [1]

La Tabla 1 toma como base el balance publicado por la Agencia Internacional de la Energía [1], correspondientes al año 2012. Se contabilizan en conceptos de pérdidas en la transformación de energía primaria a secundaria, un 33% de la energía primaria. Alrededor

del 60% de esta pérdida corresponde a pérdidas en fuente fría durante la transformación de calor en trabajo en la producción de electricidad (Principio de Carnot – Segunda Ley de la Termodinámica).

La Tabla 1 muestra además que el transporte, en particular, toma aproximadamente un 30% del total del consumo final del mundo, en su mayor parte, un 93%, derivados del petróleo.

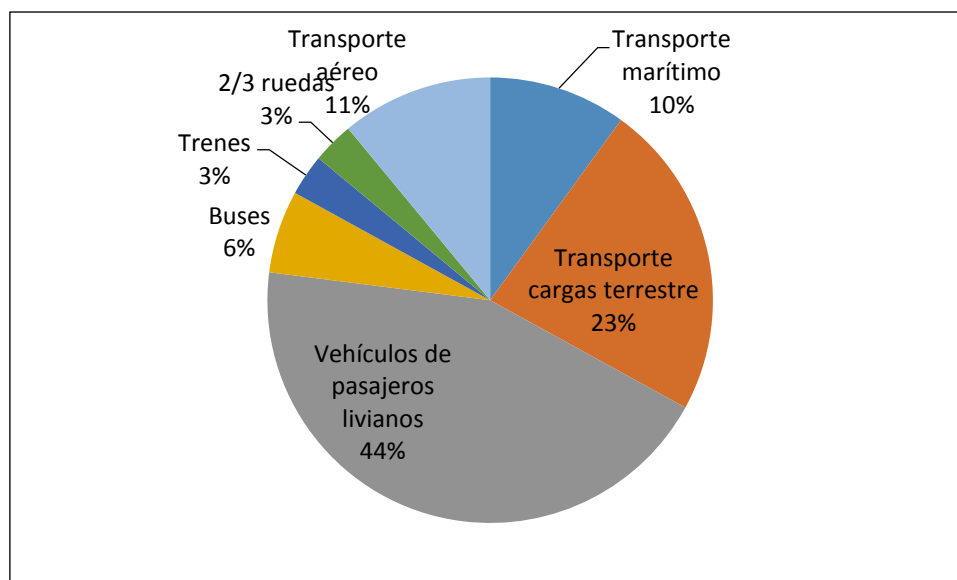


Figura 3 - Consumo mundial de energía por modo de transporte

Fuente: Adaptado de [1]

Sin embargo la línea de borde o frontera de la contabilidad corresponde a las cantidades entregadas en las estaciones de carga sin estimar las pérdidas globales producidas en cada medio de transporte.

Tabla 2 - Estimación de las pérdidas no contabilizadas en MTEP

PERDIDAS NO CONTABILIZADAS	Carbón	Derivados del petróleo	Gas natural	Bio-masa y desechos	Total térmico	Electricidad y otros	Total
Consumo de energía del sector transporte	3	2327	90	60	2480	26	2506
Pérdidas adicionales del sector transporte	-2	-1745	-68	-45	-1860	-4	-1864
Energía útil del sector transporte	1	582	23	15	620	22	642
Pérdida	75%					14,5%	
Eficiencia	25%					85,5%	
Tipo motorización	Combustión interna					Eléctrica	

Fuente: elaboración propia

La Tabla 2 se ha construido suponiendo un rendimiento medio de motores de combustión interna, por ejemplo $\eta = 25\%$, se pueden estimar las pérdidas no contabilizadas que se producen en la transformación de calor en trabajo en los motores utilizados en el transporte. Simultáneamente se adopta un 85,5% para los motores eléctricos, incluyendo en esta cifra un rendimiento en los motores eléctricos del 95% y en la batería del 90%.

Tabla 3 - Porcentaje de las pérdidas no contabilizadas en los balances mundiales en MTEP

PÉRDIDAS	MTEP	% sobre energía primaria	% sobre pérdidas totales
Energía primaria	13371		
Pérdidas totales contabilizadas	-4409	33%	70%
Atribuibles a Carnot	-2781	21%	44%
Otras pérdidas y justes	-1628	12%	26%
Pérdidas adicionales del sector transporte (no contabilizadas)	-1864	14%	30%
Pérdidas Totales incluyendo las no contabilizadas	-6273	47%	100%

Fuente: elaboración propia

Considerando que la composición del parque de vehículos de distinto tipo que consumen la energía es la que marca la Figura 3, podemos decir que cerca del 80% de la energía para transporte es consumida en el modo terrestre, si además consideramos sólo el transporte de personas en vehículos automotores (los VPL, en todas sus configuraciones, junto con los buses), estos representan a nivel global, el 50% del consumo.

Se puede ver en la Tabla 2 que la pérdida total del sector transporte con motores de combustión interna no contabilizada en los balances tradicionales, es de 1860 MTEP, el cual representa un 14% de la energía primaria (ver tabla 3).

Si se analiza el Balance Energético Nacional (ver Tabla 4), se obtienen resultados similares. En efecto, mientras que la demanda interna de primarios alcanza 81,11 kTEP, las pérdidas de representan un 30 % (24,45 kTEP), de los cuales alrededor del 66% corresponde a pérdidas en fuente fría durante la transformación de calor en trabajo en la producción de electricidad.

El transporte por otra parte representa el 30% del consumo energético final, y el 21% de la oferta de energía primaria

En el BEN, como en los balances internacionales, la línea de borde o frontera de la contabilidad desestima las pérdidas globales producidas en cada medio de transporte.

En las mismas condiciones ya enunciadas precedentemente, da por resultado que las pérdidas de energía no contabilizadas en el transporte alcanzan el valor de 12,5 kTEP. Esta cifra representa alrededor de un 15% de la oferta primaria.

A modo de conclusión se puede anunciar la existencia de una importante pérdida de energía no contabilizada, que se encuentra en el sector transporte, y representa una oportunidad para obtener una significativa mejora en cualquier escenario de incremento de la eficiencia.

Tabla 4 - BEN simplificado 2013

BEN 2013 Resumen Consumo de Energía Secundaria miles TEP	Total Consumo	NO ENERGÉTICO	RESIDENCIAL	COMERCIAL Y PUBLICO	TRANSPORTE	AGRO	INDUSTRIA
Electricidad	10,399	0	3,448	2,600	53	92	4,207
Gas Distribuido por Redes	21,954	0	10,698	1,664	2,566	0	7,026
Gas Licuado	1,644	111	1,104	184	0	77	169
Derivados de Petróleo	18,748	383	18	162	14,132	3,811	242
Carbon	256	0	0	0	0	0	256
Biofuels	0	0	0	0	0	0	0
Otros	798	0	235	0	0	0	563
No energetico	1,645	1,645	0	0	0	0	0
ENERGÍA SECUNDARIA	55,443	2,139	15,502	4,610	16,751	3,980	12,462

ENERGÍA PRIMARIA+SECUNDARIA	56,668
OFERTA INTERNA DE PRIMARIA	81,114
Pérdidas de transformación	24,447
Atribuibles a Carnot	16,137
TRABAJO UTIL EN EL TRANSPORTE	4,220
PÉRDIDAS EN EL TRANSPORTE	12,531

EFICIENCIA TERMICA	25%
EFF. ELECTRICA	86%

Fuente: Secretaría de Energía

6. Proyección del balance de energía modificado; un ejercicio de mejora de eficiencia gracias a Carnot

Con el objeto de verificar la posible mejora de eficiencia ponderable al convertir parte de la flota de vehículos a propulsión eléctrica se realizó una simulación basada en los siguientes supuestos:

- Porcentaje de energía consumido por vehículos personales y buses = 50 % del total del consumo del sector transporte,
- Eficiencia media de motores térmicos = 25%, ídem motores eléctricos = 85,5%.

Con esas eficiencias se estimó la pérdida adicional de Carnot no contabilizada en los balances, llegando a calcular el trabajo útil asignado al 100% de la flota de vehículos, como resultado de la energía primaria consumida por el sector menos las distintas pérdidas:

$$T_{\text{útil}} = E_{\text{primaria consumida}} - \left[\sum p_{\text{refinería}} + \sum p_{\text{Carnot en VCI}} \right] - \left[\sum p_{\text{Carnot en centrales}} + \sum p_{\text{Carnot en VE}} \right] \quad (2)$$

Se planteó un ejercicio de referencia que haciendo crecer el número de vehículos equivalente al 1,5% anual acumulativo produce un incremento de 50% de demanda al 2040 pasando de requerir 18,4 kTEP a 27,6 kTEP por año en el 2040.

En cambio, planteamos el caso alternativo, donde, para el mismo crecimiento anual acumulativo del 1,5% del total de vehículos equivalentes, hacemos crecer el uso del vehículo eléctrico de un nivel prácticamente nulo actual a un 25% de participación en el subtotal de

VPL y buses en el 2020; un 50% en el 2030 y 75% en el 2040, es decir una verdadera revolución tecnológica.

Como se puede ver en la Tabla 5, en el primer escenario planteado, al que llamamos base, el consumo de primarios aumentó en un 49% para un aumento similar de la flota de vehículos equivalentes, mientras que en el segundo escenario, al llegar al 2040, con un aumento de la flota similar, la demanda de primarios sólo se incrementó en un 14%, representando un 24% de disminución entre los dos escenarios planteados. Este efecto se ve reflejado también en la eficiencia total sobre el empleo de primarios, pasando de casi un 23% al 30%.

Esta mejora justifica las inversiones necesarias para producir el cambio tecnológico planteado. Muchas críticas al uso de vehículos eléctricos se basan en que quienes fomentan su uso no contemplan las pérdidas de energía que se producen en las centrales eléctricas, que son las que utilizan combustibles fósiles, con las correspondientes emisiones a la atmósfera, por lo que la comparación entre vehículos térmicos y vehículos eléctricos no sería justa. En este trabajo sí se han contemplado dichas pérdidas y aún siguen resultando más eficientes los vehículos eléctricos. ¿Donde está la mejora de la eficiencia? La mejora se debe al mayor rendimiento, en términos de Carnot, de una central térmica de última generación, comparado con el rendimiento de los motores de combustión interna que equipan los VPL y buses.

Tabla 5 - Cuadro resultado de la simulación mostrando las diferencias entre el caso base y el alternativo para 2040

TRANSPORTE	2013	Caso base	Caso Alternativo	DIFERENCIAS
		2040	2040	
Energía Primaria para el transporte EPT	18,4	27,6	21,1	-24%
Perdidas en transformación PeT (3)	1,68	2,51	2,67	6%
Consumo de transporte en MTEP	16,8	25,1	18,4	-27%
VPL y buses CONVENCIONAL	8,38	12,53	3,13	-75%
VPL y buses Electricos	0,00	0,00	2,75	
Otros medios CONVENCIONAL	8,37	12,52	12,52	0%
Otros medios Electrico	0,01	0,01	0,01	0%
Pérdida en uso final sector transporte(1)	12,6	18,8	12,1	-35%
Pérdida total	14,24	21,30	14,81	-30%
Trabajo util disponible	4,19	6,26	6,26	0,0
Trabajo util VPL y buses	2,10	3,13	3,13	0,0
Trabajo uti otros medios	2,10	3,13	3,13	0,0
Número de vehículos equivalente (2)	100%	149%	149%	0%
Eficiencia total primaria uso final	22,7%	22,7%	29,7%	7%

Fuente: elaboración propia

7. Conclusiones

- La energía utilizada por sector transporte es de un 30% de la energía primaria consumida en el mundo, lo mismo que en nuestro país.
- El gran abastecedor de energía para el transporte hoy en día son los derivados del petróleo, pudiendo afirmar que existe un fuerte vínculo causal producción de crudo – energía para el transporte.
- Se deduce de la información analizada que la mitad del consumo de energía en el sector transporte corresponde a los VPL más buses.

- iv. Se ha encontrado un área de particular impacto en el mejoramiento de la eficiencia en el sector transporte: el cambio tecnológico, referido esencialmente al cambio de vehículos propulsados por motores de combustión interna por alternativas eléctricas. La ganancia de eficiencia que se obtiene con este cambio tecnológico, si se consideran las pérdidas de energía no contabilizadas de los VPL más buses en los BEN, aumenta de un 23% a un 30%.
- v. La mayor eficiencia que se obtendría con el uso de vehículos eléctricos, se debe al mayor rendimiento, en términos de Carnot, de una central térmica de última generación respecto del rendimiento de los motores de combustión interna que equipan los VPL y buses.

El trabajo presentado muestra una seria alternativa, no debidamente explorada en la literatura técnica disponible, que abre una línea de trabajo cuya actualidad amerita tratamientos más profundos y, sobre todo, implementación de medidas, cuyos resultados equivalen al descubrimiento de un “megayacimiento”.

Quizás el apotegma expresado a modo de inversión copernicana: “... *un barril ahorrado es un barril descubierto*...”, sea el necesario para contribuir a la recuperación del autoabastecimiento.

8. Referencias

- [1] ____ (2014). *Key world energy statistics*. Francia, International Energy Agency.
- [2] ____ (2013). *World population projected to reach 9.6 billion by 2050 with most growth in developing regions, especially Africa – says UN*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://www.lasyntheseonline.fr/ddl.php?a=4159&f=1>.
- [3] Recchini de Lattes, Z.; Lattes, A.E. (1974). *La Población Argentina*. Buenos Aires, CICRED Series.
- [4] ____ *Argentina statistics summary (2002 – present)*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://apps.who.int/gho/data/?theme=country&vid=3500>
- [5] Delgado, Ricardo. (1998). *Inversiones en infraestructura vial: el caso argentino*. Serie Reformas Económicas, CEPAL
- [6] ____ *Dirección Nacional de Vialidad: Gestión 2003-2007*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de http://www.vialidad.gov.ar/informe_gestion/InformeGestion2003-2007.pdf
- [7] Bermúdez, Guillermo. (2012). *La infraestructura vial en Argentina*. Documento de Trabajo N° 118. FIEL Buenos Aires
- [8] ____ *Se duplicó la cantidad de motos: hay una cada tres autos*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://www.cafam.org.ar/noticias.php?id=173&est=02>
- [9] ____ *En Argentina circulan 11,5 millones de vehículos y es el país con más unidades por habitante de la región*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://www.telam.com.ar/notas/201504/101205-informe-afac-promotive-parque-automotor-argentina.html>
- [10] ____ *Muertos en Argentina durante 2014*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://www.luchemos.org.ar/es/estadisticas/muertosanuales/muertos2014>
- [11] ____ (2010). *Energy Efficiency Indicators Methodology Booklet*. Berkeley National Laboratory.

- [12] Fernández Díez, Pedro. (2010). *Energía Maremotérmica* . España, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria.
- [13] ____ *Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <https://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>
- [14] Larminie, James; Lowry, John,. (2003). *Electric vehicle technology explained* . United Kingdom. John Wiley & Sons, Ltd
- [15] Helms, H.; Pehnt, M.; Lambrecht U. Y Liebich, A. (2006). *Electric vehicle and plug-in hybrid energy efficiency and lyfe cycle emissions*. Proceedings 18th International Symposium Transport and Air Pollution.
- [16] Miller, M., Holmes, A., Conlon, B., Savagian, P.. (2014). *The GM “Voltec” 4ET50 Multi-Mode Electric Transaxle*. SAE International. Journal of Engines 4(1):1102-1114
- [17] Thomas, J. (2014). *Drive Cycle Powertrain Efficiencies and Trends Derived from EPA Vehicle Dynamometer Results*. SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst.7(4):1374-1384
- [18] ____ (2014). *Supercap trams enter service in Rostock*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://www.railwaygazette.com/news/urban/single-view/view/supercap-trams-enter-service-in-rostock.html>
- [19] ____ (2014). *Guangzhou supercapacitor tram unveiled*. Recuperado el 23 de junio de 2016 de <http://www.railwaygazette.com/news/urban/single-view/view/guangzhou-supercapacitor-tram-unveiled.html>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLOGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERIA

CUANTIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA ENERGÍA TÉRMICA DISPONIBLE EN UN MOTOR DIESEL DE PROPULSIÓN FERROVIARIA, PARA SU RECUPERACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CICLOS RANKINE ORGÁNICOS.

Ing. Maenza, Luis Eduardo. Universidad Nacional del Sur, luis.maenza@uns.edu.ar

Ing. Valea, Juan Francisco. Universidad Nacional del Sur, francisco.valea@uns.edu.ar

Ing. Oga, Juan Jose. Universidad Nacional del Sur, juanjose.oga@uns.edu.ar

Ing. Vernière, Pablo Raúl. Universidad Nacional del Sur, pablo.verniere@uns.edu.ar

Ing. Cantarelli, Marcio. Universidad Nacional del Sur, marcio.cantarelli@uns.edu.ar

Ing. Donati, Julio Guido. Universidad Nacional del Sur, juliogdonati@hotmail.com

Bec. Baratcábal, Agustín Nicolás. Universidad Nacional del Sur, abaratcabal@gmail.com

Resumen— El objetivo del trabajo es calificar y cuantificar la energía térmica recuperable en un motor Diesel de propulsión ferroviaria marca General Motors 12-645 C mediante la utilización de ciclos Rankine orgánicos, para lo cual se relevaron parámetros reales de funcionamiento del mismo, y en función de la información disponible, se desarrolló una metodología para evaluar la energía recuperable, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Atendiendo a una posible futura implementación se trabajó sobre ciclos ORC básicos, por su relativa sencillez mecánica. En función del escenario de funcionamiento previsto y utilizando el calor que puede aportar el sistema de refrigeración del motor, se establecieron las temperaturas y magnitud de las fuentes fría y caliente. A modo de referencia se calcularon los rendimientos de Carnot y luego se resolvieron los ciclos propuestos utilizando el software SOLKANE, asignándole, a los parámetros de funcionamiento, valores lo más cercanos a la realidad en función de la información disponible.

Por otro se ha explorado la posibilidad de incorporar ciclos con sobrecalentamiento, utilizando para ello una parte del calor disponible en los gases de escape del motor con obvias mejoras en potencia obtenible como así también protegiendo al dispositivo expensor ante eventuales impactos líquidos.

Se obtuvieron valores de recuperación de energía relevantes en determinadas condiciones de operación del motor, lo que anima a proseguir el trabajo, por un lado ajustando la precisión de la información relevada, mediante una adecuación de la instrumentación de monitoreo de funcionamiento del motor ferroviario y por otro extendiendo la aplicación a motores térmicos con otras aplicaciones.

Palabras clave— ORC, Locomotora, Eficiencia Energética, Diésel, Recuperación

1. Introducción

La recuperación térmica de diversas fuentes de energía residual está cobrando un fuerte interés por parte de gobiernos e industrias.

Esta búsqueda de sistemas energéticos más eficientes, se orienta particularmente a los MCIA (fuentes muy numerosas de energía térmica residual [1]). El objetivo del presente es estudiar esta posibilidad de recuperación energética para un motor Diesel de propulsión ferroviaria, que puede extenderse a los propulsores de otros medios de transporte (marítimo, automotriz, etc).

Sólo una parte de la energía puesta en juego por la combustión se convierte en trabajo útil en el eje propulsor del MCIA. Un porcentaje muy importante de esa energía se disipa en los sistemas de gases de escape, de refrigeración y por radiación.

Para mejorar el balance energético pueden utilizarse Ciclos Rankine Orgánicos (ORC) a fin de recuperar parcialmente el calor evacuado a la atmósfera por los MCIA. Estos ciclos son similares al Ciclo Rankine tradicional, utilizado mayoritariamente para la generación de energía eléctrica, la diferencia más importante radica en el fluido de trabajo empleado que, en vez del agua, se utiliza un fluido frigorífico orgánico de bajo punto de evaporación; el cual permite recuperar calor, de bajo nivel térmico, para generar trabajo mecánico.

En los ORC más básicos, se transfiere ese calor al fluido de trabajo en un intercambiador que cumple el rol de un evaporador –figura 1a- (eventualmente podrá atravesar un sobre calentador –figura 1b-) Los fluidos orgánicos que se utilizan pasan del estado líquido a fase vapor a valores relativamente elevados de presión. Luego evolucionan, en una máquina expansora volumétrica de paletas cuyo cálculo y diseño preliminar está finalizado [4], generando de esta forma potencia mecánica utilizable. El ciclo se completa, condensando el fluido de trabajo y elevando su presión mediante una bomba hasta la presión de evaporación.

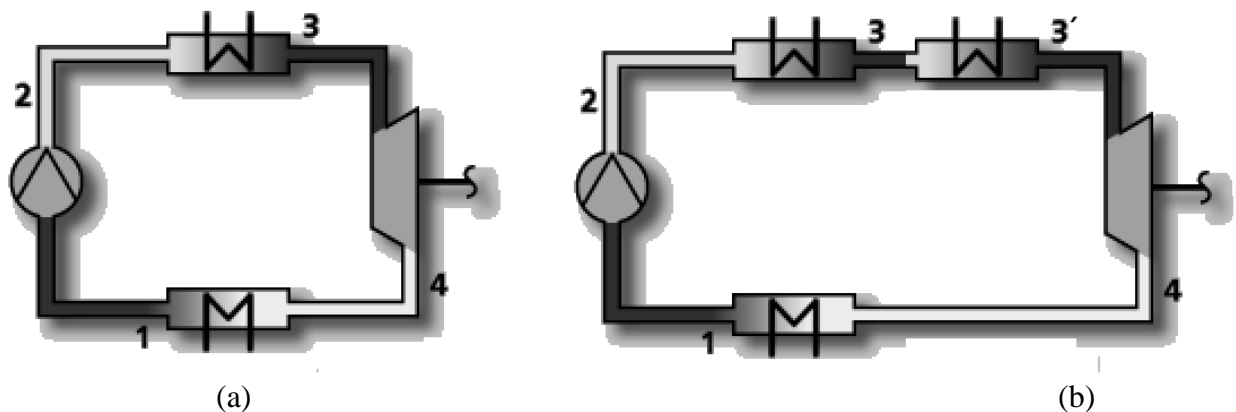


Figura. 1 Esquema funcional del ciclo ORC (a) simple, (b) con sobre calentador

Fuente: Solkane® Refrigerant Software 8.0.0.15

2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es el de calcular en base a los diferentes parámetros de funcionamiento y bajo distintas condiciones de carga de un motor de propulsión ferroviaria, la energía térmica que cede al medio ambiente, para luego estimar la energía mecánica que podría obtenerse a partir de la misma.

3. Desarrollo

El estudio se basa en un motor ferroviario Diésel de dos tiempos, modelo 12-645 C de 12 cilindros en V, que desarrolla una potencia máxima de 963 kW (1310 CV) con admisión por lumbreras y escape por 4 válvulas a la cabeza. El aire de barrido de admisión es proporcionado por dos sopladores lobulares (tipo Roots) acoplados mecánicamente al motor, la inyección es directa y mecánica con una bomba-inyector en la cabeza de cada cilindro.

4. Descripción del sistema de refrigeración

Las bombas de refrigeración del motor (figura 2) pueden entregar un caudal máximo de 1800 dm³/min y son accionadas a una velocidad proporcional a la de giro de su propio cigüeñal. Como se aprecia en el siguiente esquema el fluido refrigerante, que es impulsado por las bombas, ingresa a las camisas del motor absorbiendo calor de los cilindros, luego se dirige a las culatas, y finalmente, egresa de las mismas, atravesando una serie de conductos que están en contacto con los gases de escape. Posteriormente, el refrigerante circula por el radiador donde disminuye su temperatura, intercambiando calor con el medio ambiente, y luego continúa hacia un depósito e intercambiador donde refrigera al aceite lubricante del motor. Finalmente, el fluido reingresa a las bombas de circulación para comenzar nuevamente su servicio.

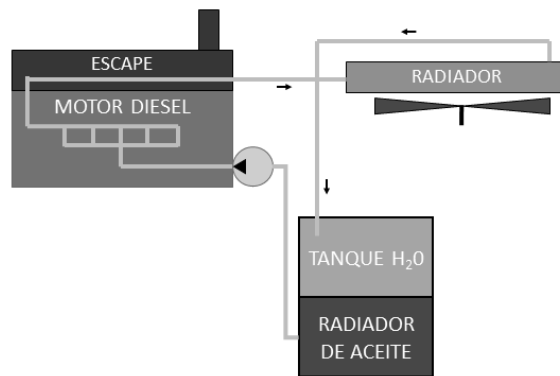


Figura 2: Esquema del circuito de refrigeración
Fuente: Elaboración propia

5. Obtención y análisis de los datos en banco de pruebas

Del ensayo en banco de pruebas de una de las máquinas en cuestión, con la disposición que muestra la figura 4, se obtuvieron los siguientes resultados (figura 3):

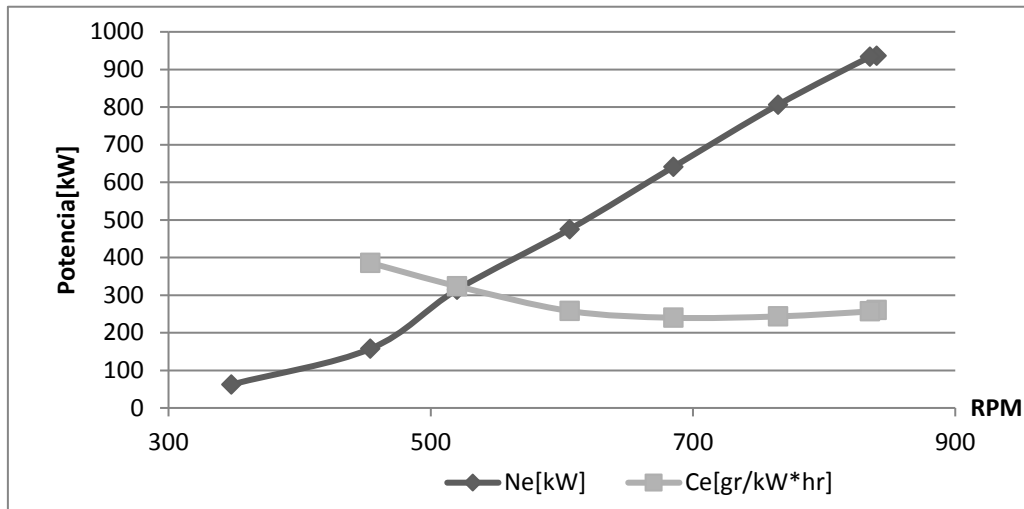


Figura 3: Gráfica de Ne y Ce en función de RPM en función de RPM
Fuente: elaboración propia

La potencia al freno tal como se indica en la tabla 1 es la declarada por la empresa ferroviaria y tiene en cuenta los accionamientos auxiliares del compresor, generador auxiliar, caja multiplicadora y ventilador, por lo que el cálculo de potencia basado en tensión y corriente debe afectarse por un coeficiente establecido por estas causas (ver figura 4)

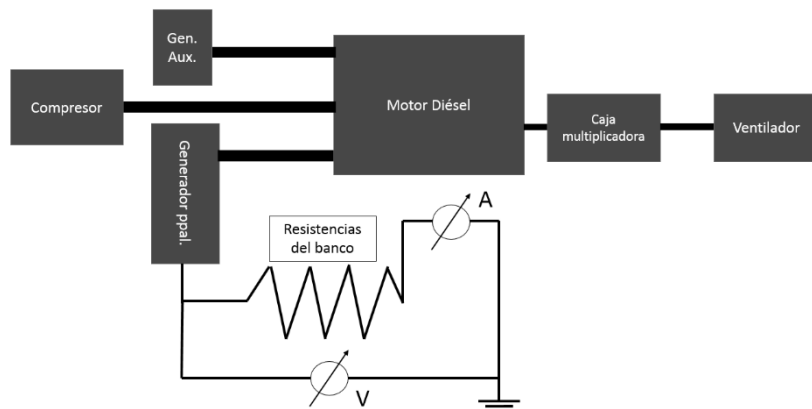


Figura 4: Diagrama de disposición de los equipos auxiliares y de medición de potencia eléctrica
Fuente: Elaboración Propia

Con los valores relevados en el banco de ensayo y datos complementarios de funcionamiento se confeccionó la tabla 1:

Tabla 1. Parámetros de funcionamiento

RPM	Potencia al freno [kW]	Caudal bombas [dm ³ /seg]	Temp. de líquido refrigerante de entrada al radiador [°C]	Temp. de líquido refrigerante a la salida del radiador [°C]	Temp. del recinto (Fuente Fría)	Flujo calórico extraído en el radiador [kW]
840	936	30,0	90	82	30	968
835	933	29,8	90	82	30	960
765	806	27,3	85	78	30	771
685	640	24,5	80	74	30	564
606	475	21,6	75	71	30	387
520	314	18,6	69	66	30	238
454	157	16,2	65	63	30	128
348	62	12,4	58	57	30	61

Fuente: Elaboración Propia

El flujo calórico extraído por el radiador, es calculado por la expresión (1):

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Nota: si bien el líquido refrigerante que utiliza el motor no es estrictamente agua, con un margen de error mínimo se tomará su calor específico para el cálculo, debido a que en este tipo de motores la máxima concentración de aditivos anti corrosivos presentes nunca excede el 2 % en volumen [2]

A fin de calificar el desempeño de un ciclo Rankine orgánico, como el propuesto, para la recuperación parcial de energía térmica en un MCIA, se comparó su eficiencia con la de un ciclo de Carnot, trabajando con los mismos valores de temperaturas extremas, cuyos resultados se volcaron en la tabla 2, y se utilizaron las expresiones 2 y 3:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (2)$$

$$N_c = \eta_c \cdot \dot{Q} \quad (3)$$

Se analizaron alternativas de implementación con diferentes configuraciones de ciclos ORC [3]. Lógicamente aquellas que alcanzan los mejores rendimientos son también las más complicadas y voluminosas, ya que requieren la duplicación de componentes (evaporadores, condensadores, etc). Considerando que eventualmente el equipo, debe instalarse en una locomotora de propulsión ferroviaria, se priorizaron:

- Compacidad y peso del equipamiento.
- Complejidad mecánica y requerimientos de mantenimiento.
- Costo inicial.

Consecuencia de lo enunciado se decide inicialmente trabajar sobre un ORC simple, priorizando su sencillez a expensas de su eficiencia. A tal fin, se calculó la potencia y el rendimiento que se puede obtener si se instala un ORC simple, sin regeneración, ni sobrecalentamiento, modificando el sistema de refrigeración del motor objeto de este estudio. Se propone que la sustracción de calor al líquido refrigerante del motor, por el sistema ORC,

Cuantificación y calificación de la energía térmica disponible en un motor Diésel de propulsión ferroviaria, para su recuperación, mediante la aplicación de ciclos Rankine orgánicos.

sea equivalente al efecto del radiador de refrigeración original, de acuerdo a un esquema como el de la figura 5.

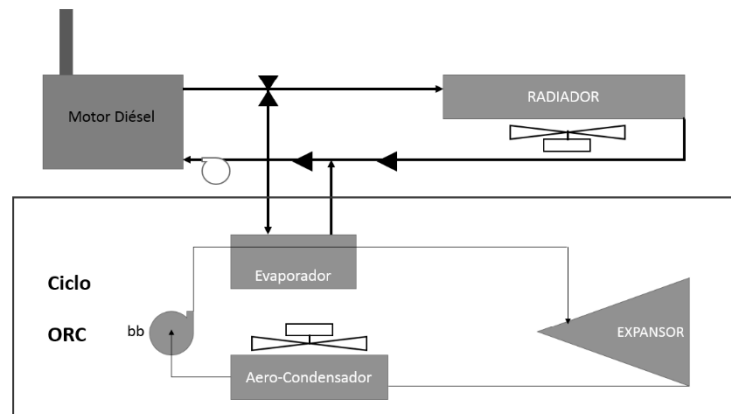


Figura 5: Ubicación esquemática del ORC dentro del sistema de refrigeración
Fuente: Elaboración Propia

Cabe acotar que para la selección del fluido frigorífico nos basamos en los criterios utilizados por Apostol et. al. [3] y Venturino et. al. [4], que se basan fundamentalmente en un adecuado comportamiento termodinámico, un mínimo impacto ambiental y disponibilidad comercial, concluyendo que los f.f. más aptos para nuestro caso de estudio son R134a y R123.

Para conocer el comportamiento termodinámico del ORC (principalmente potencia erogada y rendimiento) se utilizó el programa SOLKANE® 8.0 que es una base de datos informatizada creada por la empresa SOLVAY específicamente para realizar cálculos de ciclos de refrigeración utilizando diferentes configuraciones y fluidos frigoríficos.

Ingresando los datos:

- Fluido de trabajo a utilizar.
- Temperatura del fluido frigorífico en el evaporador y en el condensador.
- Capacidad térmica.
- Rendimientos de los diferentes componentes del sistema ORC.

En SOLKANE® se obtuvieron los resultados que muestran los diagramas y se exponen en la tabla 2.

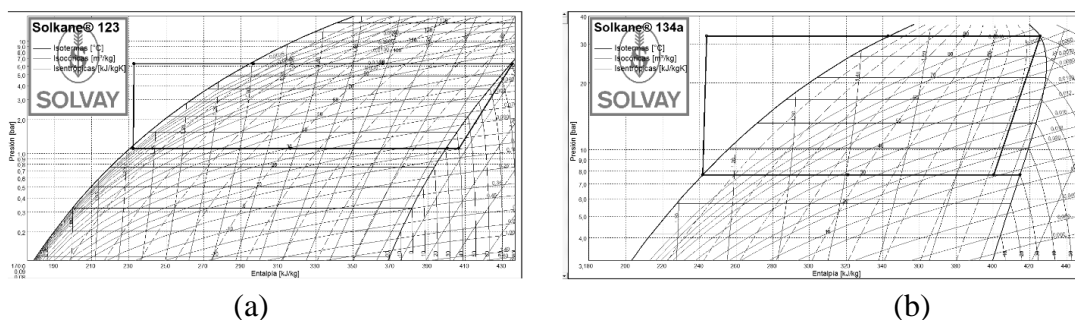


Figura 6: Gráfica en el plano P-h del ciclo ORC con R123 (izq.) y gráfica en el plano P-h del ciclo ORC con R134a (der.)

Fuente: Solkane® Refrigerant Software 8.0.0.15

De la simple observación de los ciclos, resultan evidentes las diferencias de presión y volúmenes resultantes, lo cual influye directamente en el tamaño de los equipos y la resistencia

mecánica de tuberías, accesorios y componentes. También se observa que en el caso del f.f. R134a, la curva de expansión termina en la zona de vapor húmedo, lo que podría causar problemas en el expansor, o plantearía la necesidad de sobrecalentar, lo que no es posible utilizando como fuente de calor, sólo el líquido refrigerante del motor, como alternativa se podría limitar la evaporación a 75°C y 25 bar, para que la expansión no concluya en condición de vapor húmedo.

Los datos obtenidos con el software SOLKANE® se muestran en las tablas 2 y 3 y comparados con aquellos obtenidos con el ciclo de Carnot. Como se dijo anteriormente

Tabla 2. Resultados de rendimientos y potencias obtenibles utilizando la teoría de Carnot y SOLKANE® para diferentes estados de carga del MCIA

	Carnot		R 123			R134a		
RPM/Pot al Freno [kW]	Potencia máx. obtenible [kW]	Rend. (%)	Potencia máxima según SOLKANE®	Rend. ciclo ORC (%)	Volumen esp. a salida de expansor [dm ³ /kg]	Potencia máxima según SOLKANE®	Rend. ciclo ORC (%)	Volumen esp. a salida de expansor [dm ³ /kg]
840/936	160	17	138	14	146,2	135	13	24,5
835/933	158	16	128	13	146,2	134	13	24,5
765/806	119	15	103	13	145,7	102	12	24,9
685/640	80	14	70	12	145,2	70	12	25,3
606/475	50	13	44,5	11	144,7	44,5	11	25,6
520/314	27	11	24,5	10	141,1	24,6	10	25,8
454/157	13	10	12,1	9	143,7	12,2	9	25,9
348/62	5	8	-	-	143,1	-	-	26,1

Fuente Elaboración Propia

También, es importante mencionar que criterio se debe adoptar en la consideración de los rendimientos de los diferentes equipos constitutivos del modelo, no contemplada hasta el presente. La performance que más influye, en este aspecto, es la del expansor utilizado y en este estadio de desarrollo del estudio no pueden aún determinarse las características del mismo, motivo por el cual no es posible estimar con precisión su rendimiento hasta que no sea ensayado, por lo que no se lo considera. Consecuencia de esta decisión los resultados obtenidos indicarían eficiencias superiores a las que realmente podrían alcanzarse, lo cual debe tenerse presente al valorizar los resultados.

En cambio, tanto para el evaporador como para el condensador puede considerarse una diferencia entre la temperatura del fluido con respecto a las fuentes, durante el proceso de intercambio de calor, que disminuye la temperatura de evaporación y aumenta la temperatura de condensación. Dichas variaciones en la temperatura traen consigo una disminución de la potencia máxima obtenible y del rendimiento del ciclo.

Conocer a ciencia cierta dichos saltos de temperatura entre fluidos implica diseñar y calcular los intercambiadores de calor, tareas que corresponden a una etapa posterior de desarrollo, por lo que en el presente trabajo se utilizaron saltos de temperatura en concordancia con los criterios expresados por Wang et. al. [5]

Según recomienda Wang, el salto que existe entre la temperatura del líquido de refrigeración y el fluido evaporado no puede ser menor a 2 °C, siendo apropiado para nuestro caso de estudio un salto de temperatura del orden de 3°C, considerando las temperaturas de servicio del líquido refrigerante del motor y el flujo calórico que se intercambia.

Cuantificación y calificación de la energía térmica disponible en un motor Diésel de propulsión ferroviaria, para su recuperación, mediante la aplicación de ciclos Rankine orgánicos.

Por otro lado el mismo autor sugiere que la temperatura de condensación tiene que ser del orden de 40°C, pero en nuestro caso se toma una temperatura de condensación más alta, de 45 °C, teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para el caso, que serían las temperaturas máximas promedio en verano (entre 30 y 40 °C) en la región central de nuestro país

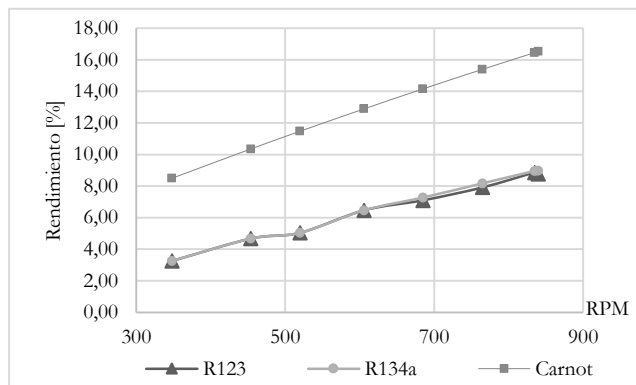
Tabla 3: Resultados de rendimientos y potencias obtenibles utilizando SOLKANE® cuando se consideran las caídas de temperatura en los intercambiadores de calor del sistema ORC con R123 y R134a

RPM/Potencia al Freno [kW]	Flujo calórico extraído [kW]	Temp del f.f. (en el evap) [°C]	Temp del f.f. (en el cond) [°C]	R123		R134a	
				Potencia máxima según SOLKANE [kW]	Rendimiento del ORC (%)	Potencia máxima según SOLKANE [kW]	Rendimiento del ORC (%)
840/936	968	79	45	85	9	87	8
835/933	960	79	45	83	8	86	8
765/806	771	75	45	61	7	63	7
685/640	564	71	45	40	7	41	7
606/475	387	68	45	25	6	25	6
520/314	238	63	45	12	5	12	5
454/157	128	60	45	6	4	6	4
348/62	61	54	45	2	3	-	-

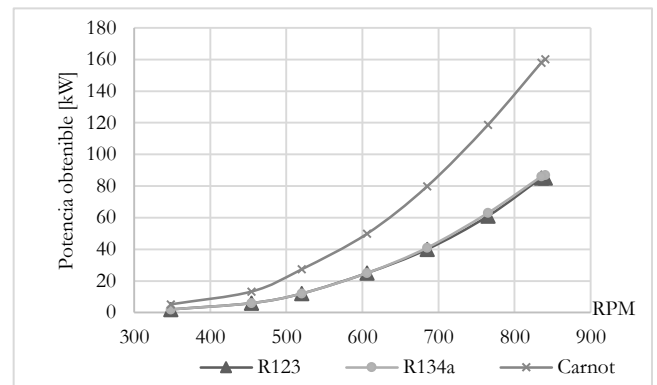
Fuente: Elaboración Propia

Del análisis de los resultados que se muestran en tabla 3 y figuras 7 a y b puede apreciarse que no solo el rendimiento es considerable ya que estaría en el 50% aproximadamente que el de un ciclo de Carnot equivalente, sino además que la potencia lograda resulta interesante, sobre todo cuando el motor está cerca de las condiciones de plena carga.

Por ejemplo en aplicaciones particulares como la que nos ocupa, si observamos la disposición de los equipos auxiliares acoplados al motor (ver figura 4), la potencia que requiere su accionamiento se obtendría de la recuperación que se lograría utilizando un ORC, como el propuesto, desvinculándolos de la planta motriz (ver figura 8)



(a)



(b)

Figura 7: (a) Comparación de rendimiento del ORC, con diferentes fluidos y la máquina de Carnot; (b) Comparación de potencia del ORC, con distintos fluidos y la máquina de Carnot
Fuente: Elaboración Propia

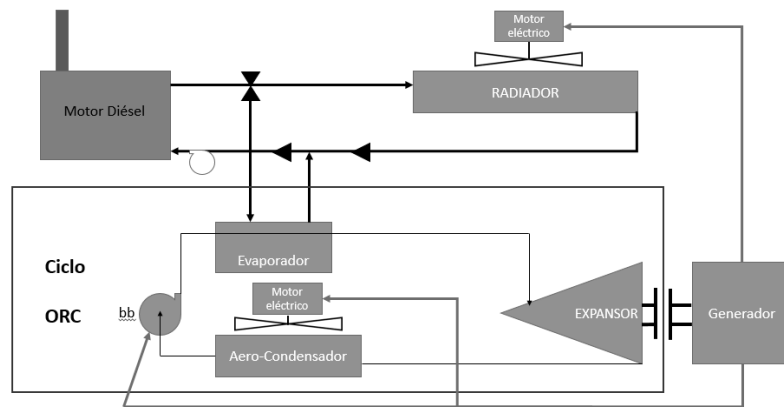


Figura 8: Esquema del aprovechamiento de la potencia obtenida por el ciclo ORC
Fuente: Elaboración Propia

6. Aportes del sobrecalentamiento

Con los objetivos de concluir la expansión en la zona de vapor sobrecalentado, disminuir la temperatura de gases de escape y, principalmente, conseguir mayor potencia de salida del expansor, plantearemos un sobrecalentamiento con una fracción de la energía térmica aportada por la corriente de gases de escape del motor Diesel, de manera de obtener 25 °C extras por sobrecalentamiento. Cabe acotar (ver tabla 4), que la energía residual de los gases de escape a la salida del motor es muy superior a la energía utilizada para lograr el sobrecalentamiento proyectado, El esquema funcional resulta el de la figura 9:

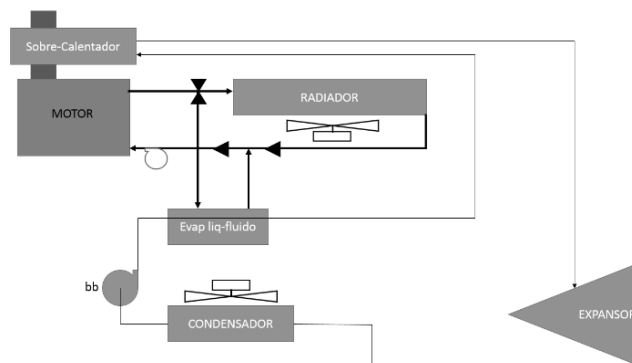


Figura 9: Esquema funcional de un ciclo ORC con sobrecalentamiento
Fuente: Elaboración Propia

El flujo calórico aportado al f.f. en el sobre calentamiento fue calculado utilizando la expresión 4:

$$\dot{Q}_{sc} = \dot{m}_{ff} \cdot (h_{3'} - h_3) \quad (4)$$

El caudal masa circulante de fluido frigorífico es calculado con SOLKANE y los valores de entalpía específica se obtienen del diagrama P-h del fluido R134a (figura 10), en tanto que las potencias comparativas con y sin sobre calentamiento se aprecian en la figura 11.

Cuantificación y calificación de la energía térmica disponible en un motor Diésel de propulsión ferroviaria, para su recuperación, mediante la aplicación de ciclos Rankine orgánicos.

Tabla 4: Resultados de potencias obtenibles utilizando SOLKANE® cuando se utiliza un ciclo ORC con o sin sobrecalentamiento y f.f. R134a

RPM/Potencia al Freno [kW]	Flujo calórico extraído (\dot{Q}) [kW]	Potencia máxima sin sobre calentamiento [kW]	Flujo calórico agregado por sobre calentamiento (\dot{Q}_{sc}) [kW]	Flujo calórico evacuado en gases de escape (\dot{Q}) [kW]	Potencia máxima con sobre calentamiento [kW]	Sobre potencia (kW)
840/936	968	87	221	1317	109	22
835/933	960	86	218	1327	108	22
765/806	771	63	168	1153	77,7	15
685/640	564	41	116	849	49,9	9
606/475	387	25	76	631	30,6	6
520/314	238	12	44	499	15	3
454/157	128	6	25	370	6,9	1
348/62	61	-	12	185	2,05	0

Fuente: Elaboración Propia

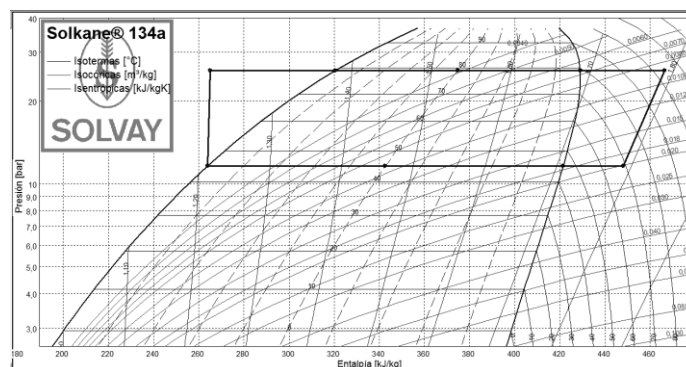


Figura 10: Gráfica en el plano P-h del ciclo ORC con R134a y 25°C de sobrecalentamiento
Fuente: Elaboración Propia

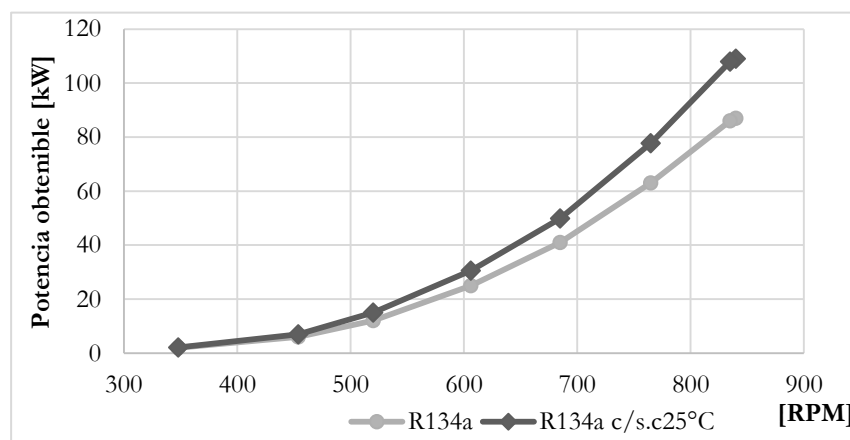


Figura 11: Comparación de potencias obtenibles con ciclos ORC, con o sin sobre calentamiento
Fuente: Elaboración Propia

7. Conclusiones

El presente trabajo ha permitido desarrollar una metodología relativamente sencilla y directa para, calificar y cuantificar la energía aprovechable proveniente del motor diésel ferroviario en estudio. El uso de la misma puede extenderse además a su aplicación en otro tipo de motores (de aplicación ferroviaria u otras).

Los resultados obtenidos permiten afirmar que solo en adecuadas condiciones de carga de la máquina (por encima del 70 %), la potencia recuperada efectivamente podría resultar útil para un aprovechamiento ulterior. Como corolario de lo anteriormente afirmado se puede decir que estos sistemas de recuperación de energía tienen una factibilidad de uso mayor en motores térmicos, que trabajen con elevados porcentajes de cargas, durante largos periodos de tiempo. Así y todo el nivel de potencia recuperado resulta muy interesante, en las condiciones establecidas.

Considerando los resultados obtenidos debe ser muy precisa la selección o el diseño de los diferentes componentes, particularmente el expansor, para alcanzar valores de eficiencia cercanos a los calculados.

De los dos fluidos considerados en el presente, si bien la potencia recuperada es semejante, atendiendo a la compacidad de los equipos que requieren, resulta mucho más interesante el R134a que el R123, ya que la diferencia de volumen específico es notable a favor del 134a, lo que hace a los equipos mucho más compactos y livianos.

En función de los resultados obtenidos en la primera parte de este trabajo, se consideró importante ampliar el estudio del desempeño de ciclos con sobrecalentamiento, obteniéndose con esta metodología de cálculo, con el motor diésel a plena carga un incremento de potencia (bajo las condiciones prescriptas) de aproximadamente 20% , aprovechando parte del calor recuperable de los gases de escape, que disminuye su temperatura de salida, y permite evitar la condición de vapor húmedo, luego de la expansión del fluido frigorífico R134a.

8. Nomenclatura y abreviaturas

MCIA : motor de combustión interna alternativo

RPM : revoluciones por minuto

N_e : Potencia efectiva [kW]

C_e : Consumo específico de combustible [g/kW.h]

\dot{Q} : Flujo calórico extraído por el radiador [kW]

\dot{m} : Caudal másico del fluido refrigerante [kg/s]

C_p : Calor específico del fluido de refrigeración [J/g. K]

ΔT : Salto térmico del refrigerante entre entrada y salida del radiador [K]

η_c : Rendimiento de la máquina de Carnot

T_2 : Temperatura de fuente fría [K]

T_1 : Temperatura de fuente caliente [K]

N_c : Potencia erogada por la máquina de Carnot [kW]

f.f. : Fluido frigorífico

v : volumen específico [dm³/kg]

\dot{Q}_{sc} : Flujo calórico de sobre calentamiento [kW]

\dot{m}_{ff} : Caudal másico del fluido frigorífico [kg/s]

h_3 : Entalpía específica antes del sobre calentador [kJ/Kg]

$h_{3'}$: Entalpía específica luego del sobre calentador [kJ/Kg]

9. Referencias

- [1] Usman, Muhammad; Imran, Muhammad; Yang, Youngmin ; Park, Byung-Sik, Impact of Organic Rankine Cycle system installation on light duty vehicle considering both positive and negative aspects. *Energy Conversion and Management* vol 112: p.382-384, 2016
- [2] Mesny, M., (1958) “*Manual de mantenimiento Diesel*” Ed. Alsina,
- [3] Apostol, V. ; Pop, H. ; Dobrovicescu, A. ; Priesecaru, T. , Alexandru, A. ; Prisecaru, M. “Thermodynamic Analysis of ORC Configurations Used for WHR from a Turbocharged Diesel Engine”. *Procedia Engineering*, vol 100: p. 549-558, 2015
- [4] Venturino, E. ; Valea, J. F. ; Oga, J. J. ; Donati, J. G. ; Maenza, L. E. ; Baracabal, A. , (2016) “Diseño de un banco de ensayo que permita evaluar el desempeño, caracterizar fluidos y relevar parámetros de funcionamiento en un ciclo Rankine organico”, *2do Congreso de Energía Sustentable*,
- [5] Wang, X. ; Yang, Y. ; Wang, M. ; Zheng, Y. ; Wang, J. ; Dai, Y. (2015). Utilization of waste heat from intercooled, reheat and recuperated gas turbines for power generation in Organic Rankine Cycles. *3rd International seminar on ORC Power Systems*, Brussels.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

POTENCIALIDADES DE LA TÉCNICA DE BIORREMEDIACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS EN LA PROVINCIA DE MISIONES

Valeria Alejandra Schendelbek, Universidad Nacional de Misiones

vale.schendelbek@gmail.com

Víctor Andrés Kowalski, Universidad Nacional de Misiones, kowal@fio.unam.edu.ar

Resumen— La gestión de los residuos en la Provincia de Misiones es incipiente y al ritmo del crecimiento poblacional, representa un problema complejo de resolver. Actualmente el sistema adoptado para el tratamiento y disposición de los residuos es el Relleno Sanitario, aunque aún persisten numerosos basurales a cielo abierto. Estos rellenos no son la alternativa más eficiente en términos ambientales, ya que una de las principales amenazas que limitan su funcionamiento adecuado es la contaminación del suelo y sus consecuencias en el suministro de servicios del ecosistema. La materia orgánica representa un alto porcentaje, cerca de la mitad de los residuos sólidos provinciales generados. Resulta indispensable pensar y diseñar estrategias para gestionar más adecuadamente los residuos, como también alternativas para mejorar las áreas afectadas por los rellenos. Una alternativa representa la biorremediación con compostaje. El presente trabajo presenta una revisión de las distintas técnicas de biorremediación para el tratamiento de suelos contaminados con residuos, especialmente del tipo orgánico, para la posterior obtención de compostaje como mejorador de suelos y para la remoción de contaminantes, evaluando sus potencialidades de aplicación en la provincia. Además, el compostaje también puede aplicarse como medio para oxidar el metano que se produce en algunos sitios de disposición de residuos municipales, entre los que se encuentran los basurales a cielo abierto y los rellenos sanitarios.

Palabras clave: *gestión de residuos, tratamiento de suelos, biorremediación, compostaje.*

1. Introducción

Los problemas medioambientales desde hace mucho tiempo son parte de la agenda de la sociedad en todos los ámbitos, siendo la generación de residuos uno de los grandes problemas urbanos. En este sentido Cruz Sotelo y Ojeda Benítez [1] se refieren a ello afirmando que este tema “contribuye a un costo ambiental que tenemos que pagar, siendo a nivel mundial uno de los problemas ambientales más graves que los gobiernos deben enfrentar”. En lo que hace a los residuos, y en particular los orgánicos, su presencia en los vertederos tiene efectos muy negativos en el medio ambiente, tales como emisiones de metano, lixiviados y olores. Es por ello que “desde la normativa ambiental se ha definido el concepto de *biorresiduo* y la necesidad de realizar una gestión ambiental adecuada” [2]. En cuanto a esto, el compostaje, método que se define como la “degradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos por

la acción de diversas poblaciones biológicas bajo condiciones controladas hasta un estado lo suficientemente estable que permite su almacenamiento y utilización sin efectos nocivos” [3], se ha presentado como uno de los procesos más apropiados para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, tanto municipales como los generados en algunas fuentes específicas. Sin embargo, entre las múltiples razones que han originado que prácticamente se descarte el uso del compostaje en Argentina y por lo tanto en Misiones, está la falta de mercado para su producto, el compostaje, cuyo uso se ha restringido a la agricultura, como mejorador de suelos.

En Argentina, la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), definido por el Ministerio de Ambiente de la Nación como “todo material que sea desechado por la población, pudiendo ser éste de origen doméstico, comercial, industrial, desechos de la vía pública y los resultantes de la construcción, y que no sea considerado peligroso en el marco de la Ley Nacional 24051 y sus decretos reglamentarios”, está en el orden de 14.094.110 t/año, y un promedio de 1 kg/habitante por día. De ello aproximadamente el 50% lo constituyen residuos orgánicos. En la provincia de Misiones se genera un promedio de 0.6 kg/habitante/día, dando un total de 190.165 t/año. Los residuos son dispuestos en el suelo, ya sea en rellenos sanitarios o en basurales a cielo abierto, por lo que la fracción orgánica se convierte en un contaminante, y por lo tanto el potencial de recuperación de ésta se desperdicia.

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica para abordar el estudio de los residuos orgánicos (o *biorresiduos*) y la tecnología del compostaje como estrategia para la remediación de suelos contaminados. Primero se han estudiado aquellos de ámbito domiciliario o comerciales asimilables a éstos, aunque los de origen industrial también pueden ser aprovechados de forma similar. Se realizó una búsqueda bibliográfica, y se recopiló información acerca de la biorremediación, y del compostaje como herramienta para la obtención de compost, para su utilización en la recuperación de suelos contaminados. A partir de esta información, sumado a la generación, tratamiento y disposición final de los residuos en nuestro país, y especialmente en la provincia de Misiones, se presenta un análisis acerca de las posibilidades de la práctica de ésta tecnología en Misiones.

2. Materiales y Métodos

En el presente trabajo se presenta una revisión bibliográfica de la tecnología del compostaje para la biorremediación de suelos contaminados con residuos sólidos, especialmente del tipo orgánico. Como uno de los objetivos es la construcción de un marco teórico, se han seleccionado “sólo las más importantes y recientes, y que además estén directamente vinculadas con nuestro planteamiento del problema de investigación” [4]. La búsqueda de la información específica estuvo concentrada en las siguientes áreas:

- Normativa relacionada a la gestión de los residuos en Argentina y Misiones.
- Concepto de Biorremediación como estrategia de descontaminación de suelos.
- Concepto de compostaje como tratamiento biológico de suelos.
- Tecnologías de compostaje, especialmente biopilas, bioceldas o pilas de compostaje, ampliando en diseño, la construcción y la optimización del proceso de compostaje mediante esta técnica.
- La gestión de los residuos sólidos urbanos en Argentina y Misiones, desde la generación hasta la disposición final.
- Conclusiones y recomendaciones, donde a partir de la información obtenida de la bibliografía recopilada anteriormente, se analizan las posibilidades de implantación de esta tecnología en nuestra provincia.

3. Resultados y Discusión

3.1 La problemática de los Residuos Sólidos Urbanos

El acelerado crecimiento de la población y concentración en áreas urbanas, el aumento de la actividad industrial y el incremento en los patrones de consumo contribuyen al serio problema de la generación de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe, cuyo manejo incorrecto incide directamente en la degradación ambiental y en el deterioro de la salud humana. Los problemas del manejo inadecuado de los residuos sólidos no sólo están afectando la salud humana, sino que están relacionados con la contaminación atmosférica, del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas. Además el inadecuado manejo está generando el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural. Lo anterior se agrava cuando se constata que la disposición final de residuos sólidos municipales, especiales y peligrosos se hace en forma conjunta e indiscriminada. En la actualidad “el panorama ambiental es muy complejo, y en cuanto al manejo de los residuos sólidos, se ha desarrollado una jerarquía” [5], donde en el escalafón superior se encuentra la reducción en la fuente, luego se encuentra el reciclaje, incluyendo el compostaje. La parte final de esta jerarquía es la disposición final, y la última tecnología aceptable es el relleno sanitario, que se justifica para todos aquellos residuos que no pueden ser evitados, reciclados ni tratados. Como dato introductorio en lo que hace a nuestro país, la generación de RSU, está en el orden de 14.094.110 t/año [6] y un promedio de 1 kg/habitante por día; de ello aproximadamente el 50% lo constituyen residuos orgánicos. Casi todos estos desechos son dispuestos en el suelo, ya sea en rellenos sanitarios o en basurales a cielo abierto, por lo que la fracción orgánica se convierte en un contaminante y el potencial de recuperación de ésta se desperdicia.

3.2 El manejo integral de los RSU

En la actualidad, los países tratan de solucionar la problemática de la basura implementando la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), el cual implica la separación en la fuente de residuos reciclables, orgánicos y desechos o basura. A partir de la misma, se han buscado usos alternativos benéficos para el medio ambiente, como el proceso de reciclaje para la transformación de los residuos sólidos nuevamente en materia prima y el proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos. Con la aplicación de estas prácticas, los materiales biodegradables que al no ser aprovechados ocasionarían molestias y contaminación, mediante la correcta aplicación de un proceso aeróbico, resulta una alternativa a partir de la cual se logra un producto con valor agregado, que proporciona beneficios para los cultivos, el suelo y en la salud humana, además de constituir una fuente de ingresos para quienes realicen estas prácticas.

3.3 Marco normativo de los RSU

La decisión de avanzar en la limpieza de los ambientes contaminados depende de la voluntad política y de los costos asociados [7]. En EEUU, la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) -EPA “es la dependencia más importante en la aplicación de la mayor parte de la legislación en materia de protección ambiental, incluidas las leyes que controlan la contaminación atmosférica y del agua, el manejo de los residuos sólidos peligrosos, el saneamiento de sitios contaminados y la regulación de plaguicidas y sustancias tóxicas” [7]. En los países en desarrollo los objetivos ambientales son muchas veces considerados como secundarios [7] o bien no se contemplan las metas ambientales como parte del desarrollo económico. A continuación, se presenta la legislación ambiental, relacionada a los residuos, a nivel país y para la provincia de Misiones:

Tabla 1. Legislación vigente en materia de residuos sólidos urbanos para Argentina y Misiones.
Fuente: elaboración propia a partir de [8]

Ámbito	Normativa	Título	Descripción
Nación	Constitución Nacional	Art. 41	Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las actividades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.
	Ley 25.675/02	General del Ambiente	Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de política ambiental.
	Ley 25.916/04	Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios	Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones.
Misiones	Ley 4.274/06	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Establece las exigencias básicas de la gestión integral de los RSU en el ámbito de la provincia, conforme a lo establecido por la Ley N° 25.916 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de R.S.U.
	Ley 4.297/06	Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos	Convalida los actos jurídicos y administrativos asociados a la implantación, desarrollo y funcionamiento del Plan Ambiental de Eliminación de RSU y Patológicos de Misiones y a la modalidad utilizada por el Poder Ejecutivo provincial en la concesión de los servicios de transporte, tratamiento y disposición final de RSU, Asimilables y Patológicos y su extensión a toda la Provincia.
	Ley 4.321/06	Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos	Establece que a los fines de promover la valoración de residuos domiciliarios, los comercios de la provincia deben despachar sus productos en bolsas de polietileno identificadas con diseños y colores previstos en la presente ley, independientemente de las leyendas o propagandas del comercio en particular.

3.4 La Biorremediación

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) algunas plantas verdes, animales y microorganismos pueden vivir en medios muy contaminados o de alta toxicidad, alimentarse y actuar como agentes descontaminantes, y define a la biorremediación como “el uso de estos seres vivos para biodegradar sustancias tóxicas, para transformarlas en sustancias menos tóxicas o convertirlas en inocuas para el medio ambiente y la salud humana”. Según Di Paola y Vicién [7] la biorremediación, consiste en la remediación biológica basada esencialmente en la capacidad de los microorganismos para degradar en forma natural compuestos contaminantes.

En resumen, la biorremediación se define como un proceso natural, a lo largo del cual distintos microorganismos son capaces de eliminar los contaminantes orgánicos (degradación) e inorgánicos (inmovilización) de un determinado medio. La mayoría de los microorganismos son capaces de utilizar compuestos presentes en su entorno y transformarlos en precursores de sus constituyentes celulares, ya que obtienen ellos, la energía que necesitan para realizar los procesos biosintéticos (reacciones químicas producidas por los microorganismos para elaborar sustancias orgánicas complejas a partir de otras más sencillas). A causa de esta capacidad de adaptación, las bacterias del suelo y algunos hongos son capaces de metabolizar núcleos y radicales relativamente inertes y utilizarlos como fuente de carbono y energía para su crecimiento. De aquí surge el interés por los microorganismos en la transformación de productos de desecho tanto industriales como naturales. De esta forma, además de poder abordar la descontaminación ambiental de sustancias tóxicas y/o persistentes, se conseguiría la integración del carbono y del nitrógeno contenido en los compuestos de estructura inerte al ciclo biológico del suelo, con lo que se contribuiría al mantenimiento del propio equilibrio biológico en la naturaleza. Por último, es importante tener en cuenta que al tratarse de técnicas biológicas, para su control se deben considerar todos aquellos factores que pueden influir sobre la actividad biológica de los microorganismos, entre los que se encuentran las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos a tratar. Ellos son: microorganismos y características del suelo, naturaleza y concentración de los contaminantes, dinámica de los contaminantes en el suelo, actividad biológica del suelo y procesos de transformación de los contaminantes.

3.5 El Compostaje como Estrategia de Biorremediación

Dentro de los sistemas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos biodegradables, hay dos tipos bien diferenciados: los térmicos y los biológicos. Dentro de los térmicos están la incineración, pirolisis y gasificación, y dentro de los biológicos encontramos a la digestión anaerobia y el compostaje. De todas ellas, el compostaje, cuyo principio básico es la degradación por microorganismos aerobios, resulta la más conveniente en términos económicos, y es fundamentalmente este motivo el que lo lleva a ser el más aplicado. Por otra parte presenta otras características, que agrupadas en ventajas y desventajas son las siguientes:

Ventajas:

- 1) Bajos costos de instalación y operación,
- 2) Tecnología simple y de fácil aplicación,
- 3) Producción de sustancias húmicas, microorganismos beneficiosos y nitrógeno de liberación lenta,
- 4) Recuperación del 50% de la masa y de los nutrientes,
- 5) Aceptación de residuos domésticos húmedos y secos, provenientes de parques y jardines y de hoteles y restaurantes,
- 6) Aceptación (en pequeñas cantidades) de papeles y cartones,

- 7) Tratamiento seguro con un mínimo de riesgos a la salud.

Desventajas o limitaciones:

- 1) Concentraciones muy altas de contaminantes pueden resultar tóxicas e inhibir la biodegradación,
- 2) Una disminución en la actividad microbiana provoca una disminución en la degradación y aumenta el periodo del tratamiento,
- 3) Requiere separación en origen,
- 4) Es necesario contar con un espacio adecuado para montar los sistemas,
- 5) Pérdidas de 20- 40% de nitrógeno en forma de amoníaco, y de 40-60% de carbono en forma de dióxido de carbono,
- 6) Requieren un tiempo de tratamiento prolongado (3 meses a 2 años, dependiendo del tipo y condiciones del suelo, de la biodisponibilidad del contaminante y de las condiciones climáticas del sitio).

El Portal Terminológico de la FAO (FAOTERM) define al compostaje como la “mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes”. Por otra parte, Aguilera Riba et al [9] afirman que “el compostaje se presenta como una tecnología simple, de bajo costo y medioambientalmente correcta para el reciclaje de la materia orgánica dentro de un ciclo sostenible de este material”.

El compostaje, es una práctica que se puede aplicar en estiércol animal, desechos forestales, bagazo agrícola y residuos de alimentos, como consecuencia del consumo humano. Para estos casos, es decir, para los residuos orgánicos, el compostaje se define como la “degradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos por la acción de diversas poblaciones biológicas bajo condiciones controladas hasta un estado lo suficientemente estable que permite su almacenamiento y utilización sin efectos nocivos” [11]. Puerta Echeverri [12] lo define como “la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Una última definición lo describe como “un proceso biológico mediante el cual es posible convertir residuos orgánicos en materia orgánica estable (composta madura), gracias a la acción de diversos microorganismos” [13].

Las estrategias de biorremediación con compostaje, se basan en la adición y mezclado de agentes de volumen con el suelo contaminado de manera que conforme un compost maduro; todo esto según las características y requerimientos del suelo a tratar y enriquecido en poblaciones microbianas degradadoras de los contaminantes presentes en dicho suelo. Los microorganismos degradadores presentes en suelos altamente contaminados suelen desarrollar mecanismos reguladores genéticos que responden a la presencia o ausencia de determinados compuestos contaminantes, teniendo muchos de ellos la capacidad de utilizar los propios contaminantes como fuente de carbono.

El compostaje de los residuos orgánicos, que es una versión acelerada y controlada de la fermentación que se produce en la tierra en condiciones naturales, se produce basado en los siguientes factores: microorganismos, aireación, temperatura, nutrientes, pH, contenido de humedad y relación carbono/nitrógeno (C/N). Se trata de un proceso biótico, donde las reacciones que se producen son principalmente fermentaciones aeróbicas, o sea realizadas en presencia de oxígeno del aire, donde hay un consumo de materia orgánica, fundamentalmente glúcidos, y desprendimiento de dióxido de carbono (CO²) y calor. Paralelamente los microorganismos sintetizan productos orgánicos complejos, logrando al final materiales húmicos, esencialmente estables y de difícil o muy lenta descomposición.

Según González [8] “la calidad del compost depende básicamente de la cantidad de materia orgánica estable, de la presencia de contaminantes y el porcentaje de macronutrientes (NPK). Existen además otros parámetros que se utilizan para la clasificación del compost. Idealmente un compost de alta calidad debería tener un alto porcentaje de macronutrientes y un mínimo de contaminantes”. En cuanto a los usos, están restringidos a su calidad. Los compost de baja calidad, es decir, bajos en nutrientes con alto porcentaje de no putrescibles y metales pesados entre otros, se pueden utilizar como recubrimiento diario en los rellenos sanitarios. Por otra parte, los compost de buena calidad se utilizan en agricultura, reforestación, horticultura, jardinería, como recubrimiento de suelos cultivados, para propagación y siembra en macetas, parques, tierras de pastoreo, etc.

Según Moral Herrero y Moreno Castro [12] el control del sistema de compostaje se basa en la homogeneización y mezclado del material contaminado y la aireación (a veces también la rehumectación). Dentro de las plantas de compostaje, el rango de tecnologías va desde pilas sin aireación forzada hasta pilas con aireación forzada y control de temperatura.

3.6 Tecnologías de Compostaje

Una de las tecnologías de compostaje más utilizada para el tratamiento de extensas áreas de suelos contaminados, se conoce como biopilas, bioceldas o pilas de compostaje. Estas son una forma de compostaje en el cual se forman pilas con el suelo contaminado y agentes de volumen. Los agentes de volumen son sustancias orgánicas sólidas biodegradables como aserrín, paja, bagazo, estiércol, compost maduro y desechos agrícolas, que se mezclan con el material contaminado para cumplir con tres finalidades básicas: a) asegurar la generación del calor necesario para el proceso, b) mejorar el balance y disponibilidad de nutrientes (C/N) para la actividad microbiana y c) aumentar la porosidad del compost y con esto la aireación y capacidad de retención de agua. La elección del tipo de sistema de biopilas depende principalmente de las condiciones climáticas y de la estructura de los compuestos orgánicos volátiles presentes en el suelo contaminado. Generalmente las biopilas se diseñan como sistemas cerrados, ya que éstas permiten mantener la temperatura y evitan la saturación de agua debido a lluvias, además de disminuir la evaporación de agua y de compuestos orgánicos volátiles [13]. Dos de los sistemas de biopilas más empleados son las biopilas alargadas (figura 1) y las biopilas estáticas (figura 2). La diferencia entre ambas tecnologías está en el método de aireación que se emplea para proveer de oxígeno al proceso de compostaje [13].

3.6.1 Biopilas alargadas

El sistema de biopilas alargadas es el proceso de compostaje más económico y sencillo. En éstas, el material a compostar se apila sobre una plataforma en montones alargados (Figura 1). En este tipo de biopila, la aireación se realiza mediante el mezclado manual o mecánico del compostaje, proceso que a su vez permite homogeneizar la temperatura. El mezclado proporciona una mayor distribución y facilita la biodegradación de los contaminantes, ya que permite la homogeneización de los nutrientes, agua, aire, contaminantes y microorganismos. La frecuencia del mezclado de la pila depende de la actividad microbiana, que generalmente puede determinarse por el perfil de la temperatura en el compost (Figura 3), que puede realizarse una vez al día [14] o bien una vez al mes [15].

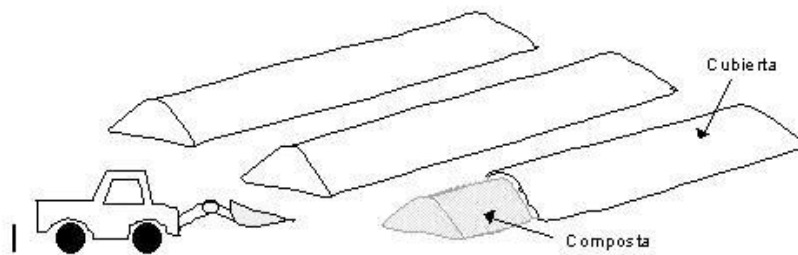


Figura 1. Representación esquemática de un sistema de biopilas alargadas. Fuente: [11]

3.6.2 Biopilas estáticas

A diferencia de las anteriores, las biopilas estáticas no necesitan mezclarse mecánicamente, ya que la aireación y homogeneización del calor del compostaje se lleva a cabo por medio de un sistema de inyección (compresor) o extracción (vacío) de aire, mediante tubos colocados en la base alineados paralelamente a lo largo de la pila, que permite la captura de los vapores de cierta fracción de compuestos orgánicos volátiles que llegan a ser removidos del suelo contaminado durante el proceso de aireación. Estos vapores son enviados a un sistema de biofiltración para su tratamiento.

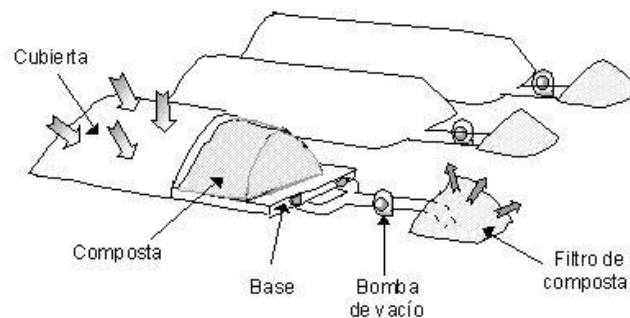


Figura 2. Representación esquemática de un sistema de biopilas estáticas. Fuente: [11]

El uso de un sistema de inyección o extracción de aire en este tipo de biopila, permite el control manual o automático de la velocidad del flujo de aire que provee de oxígeno al proceso de compostaje, permitiendo así establecer una relación entre el flujo de aire y la actividad microbiana a través del tiempo [11].

3.6.3 Etapas del proceso

De acuerdo con las características del proceso de compostaje, en la etapa inicial es necesaria una aireación eficiente (alto flujo de aire), debido a que en esta etapa existe una acelerada actividad microbiana. Este aumento en la actividad microbiana provoca un aumento en la demanda de oxígeno y un rápido aumento en la generación de calor metabólico, produciéndose temperaturas que se elevan hasta un rango termófilico (50 a 60 °C) [14]. Sin embargo, generalmente durante el compostaje de suelos contaminados adicionados con agentes de volumen, el estado termófilico usualmente no se logra, por lo tanto, la temperatura no excede a los 45 °C [11].

Después de un cierto tiempo la actividad microbiana disminuye, debido a que los componentes fácilmente biodegradables son consumidos. En esta etapa el requerimiento de oxígeno y la temperatura disminuyen gradualmente, por lo que el compostaje requiere una menor aireación (menor flujo de aire). En la figura 3, se muestra la relación entre la degradación de compuestos orgánicos (función de la actividad microbiana) y los perfiles de temperatura dentro del compostaje a través del tiempo [11]. Según la EPA [14], de acuerdo con esta relación se puede emplear un programa analógico que regule automáticamente la velocidad de flujo del aire en función de la temperatura que se registra en el compostaje.

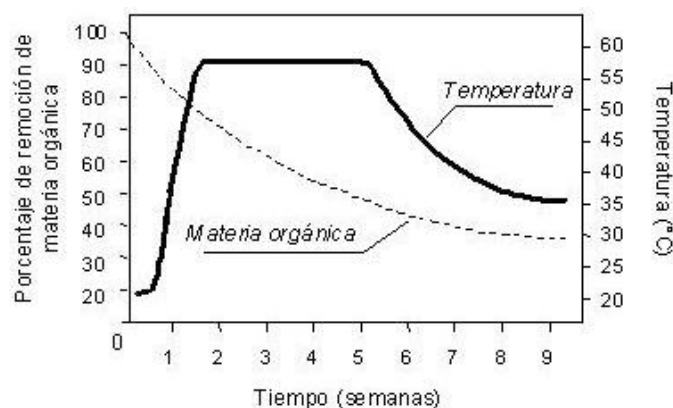


Figura 3. Remoción de materia orgánica y perfiles de temperatura durante el proceso de compostaje.

Fuente: [11]

El aumento y la caída en el perfil de la temperatura, pueden usarse para monitorear el desempeño de una pila de compostaje. Una vez que la pila se enfría y la temperatura dentro de ésta se aproxima a la temperatura ambiente, el periodo de compostaje activo puede considerarse completo. Otras características que indican el éxito de un proceso de compostaje, son el cambio en la textura y el olor de la pila en la etapa final. Al inicio del proceso se generan olores fuertes y desagradables, mientras que en la etapa final éstos desaparecen y el olor es parecido al de tierra de jardín. Por su parte, la textura de la mezcla es mucho más homogénea que al inicio. Estos cambios en el olor y textura son el resultado de la biodegradación de la materia orgánica, que al pasar de forma sólida a gaseosa, da como resultado una reducción en el tamaño de la biopila. Dependiendo de la cantidad de material orgánico mezclado con el suelo, puede esperarse que la masa de la biopila se reduzca hasta en 40% [13]. En síntesis, el proceso del compostaje se puede definir como la sucesión de 4 etapas, que según González [8] se describen como:

- 1) Mesolítico: la masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- 2) Termofílico: cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.
- 3) Enfriamiento: cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que re invaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

- 4) Maduración: es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

3.6.4 Factores a considerar en el diseño de una biopila

Las condiciones óptimas y el éxito de un proceso de compostaje depende de diversos parámetros, los cuales pueden resumirse en tres categorías: las características del suelo, las condiciones climáticas y las características de los contaminantes. Los parámetros que deben considerarse y controlarse para aumentar la eficiencia de un proceso de compostaje se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros a considerar y sus rangos óptimos durante un proceso de compostaje para el tratamiento de suelos contaminados por compuestos orgánicos. Fuente: [11]

Parámetro	Rango óptimo
Humedad	40 -85%; 50 - 80%
pH	6 - 8; con un óptimo de 7
Relación de nutrientes (C:N:P:K)(a)	100:(3.3-10):(0.5-1):(0.1-1)
Relación C/N; C/P; C/K(b)	10 - 30; 100 - 200; 100 - 1000
Relación suelo: aditivos (peso seco)	1.5:1 a 3:1
Temperatura	25 - 35 °C
Contaminante(s)	< 50,000 mg/kg
Metales tóxicos	< 2,500 mg/kg
Cuenta bacteriana	> 1,000 UFC(c)/g suelo seco

- C:N:P:K se refiere al contenido (en peso) de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en relación con 100 partes (en peso) de carbono (C).
- C/N, C/P y C/K se refieren a las relaciones (en peso) de cada elemento relativas al carbono
- UFC: unidades formadoras de colonias

Un factor clave en el diseño de un proceso exitoso de compostaje radica en la selección de su composición y contenido de aditivos y/o agentes de volumen, lo cual conlleva a un aumento en la velocidad de biodegradación de los contaminantes. Sin embargo, si se emplea una gran cantidad de aditivos, el área necesaria para el tratamiento se incrementa. Una de las condiciones recomendables para el empleo de este tipo de tecnología de biorremediación para suelos es el clima cálido, donde el rango de la temperatura oscile entre 20 y 40 °C, ello debido a que estos sistemas requieren temperaturas de operación entre 5 y 40°C. La temperatura de operación de una biopila, normalmente debe encontrarse entre los 30 y 40 °C (etapa mesofílica) o entre 50 y 60 °C (etapa termofílica) y depende principalmente del calor generado por la actividad metabólica de los microorganismos en el compostaje y por las condiciones climáticas del lugar [11]. De acuerdo con lo anterior, Misiones representa una región apta para aplicar este tipo de tecnologías ya que presenta un clima identificado como subtropical sin estación seca, con temperatura media de 20°C y precipitaciones anuales de 1700mm.

3.6.5 Principios básicos en la construcción de una biopila

Según Velasco Trejo y Volke Sepúlveda [11] la construcción de una biopila de compostaje (alargada o estática) consiste básicamente en realizar las siguientes etapas:

1. Acondicionamiento de un área que sirva de base para la biopila, cuya dimensión dependerá de la cantidad de suelo a tratar. La base puede ser un suelo arcilloso compactado, concreto o polietileno de alta densidad. Se recomienda la instalación de un sistema de recolección de lixiviados mediante canales o tubos. Los lixiviados pueden ser almacenados en un tanque e incorporados a la biopila mediante un sistema de irrigación.
2. Excavación del suelo contaminado. Se recomienda que antes de realizar esta actividad se lleve a cabo un estudio del sitio para conocer las características del suelo y del contaminante a tratar.
3. Transportación del suelo al sitio de tratamiento. Es recomendable que éste se encuentre lo más cercano posible al sitio en donde se localiza el suelo contaminado.
4. Acondicionamiento de la biopila. En esta fase, deben adicionarse los agentes de volumen, así como los nutrientes y agua necesarios. En algunos casos se recomienda la adición de microorganismos con capacidades metabólicas para degradar al/los contaminante/s. Para el caso de suelos intemperizados, se recomienda la adición de surfactantes (agentes químicos activos en superficie) para facilitar la desorción de los contaminantes.
5. Instalación del sistema de aireación. En el caso particular de las biopilas estáticas es necesario que antes de formar la biopila, se instale el sistema de aireación sobre la base (Figura 2).
6. Mezclado del suelo y colocación del material sobre la base. No existe una medida idealmente establecida para el largo y ancho de las pilas, esto generalmente depende del volumen de suelo a tratar y del área disponible. En el caso de biopilas estáticas, se recomienda que no excedan los 2.5 m de altura, con el fin de evitar problemas de difusión del aire a través del compostaje.
7. Finalmente la biopila debe cubrirse con un material inerte (grava, aserrín, polietileno de baja densidad, entre otros). En el caso de las biopilas estáticas, se requiere de la instalación de tubos de respiración.

3.6.6 Optimización del proceso

Con la finalidad de optimizar la operación de la biopila, es recomendable realizar el monitoreo y análisis rutinario del suelo contaminado durante el periodo de tratamiento. Las pruebas que generalmente se realizan son: a) físicoquímicas: que incluyen determinaciones de pH, temperatura, contenido de humedad y de nutrientes, concentración de oxígeno en el interior del compostaje y concentración del/los contaminante/s y b) biológicas: que sirven para cuantificar la población y actividad microbiana, así como la capacidad de biodegradación de los contaminantes presentes en el suelo.

En las biopilas estáticas con sistema de inyección o extracción de aire, se puede determinar la actividad microbiana durante el tiempo real del proceso de compostaje, mediante la medición del consumo de oxígeno o por la producción de bióxido de carbono en el vapor de salida de la biopila. Es recomendable realizar esta medición al menos en los primeros tres meses del tratamiento.

El resultado de estos análisis es de gran importancia para determinar el estado en el que se encuentra la biopila, lo que permite ajustar cada parámetro hasta obtener las condiciones óptimas de operación. De esta manera, es posible ajustar el pH, las velocidades del flujo de

inyección o extracción de aire, el mezclado del compost, la adición de agua, nutrientes y, en algunos casos, microorganismos exógenos adaptados para degradar cierto tipo de contaminantes.

3.7 La situación de los RSU en Argentina y Misiones

Es una realidad, que los desechos sólidos urbanos representan una gran preocupación en nuestra sociedad de consumo. Su eliminación es costosa y hace necesaria controles y monitoreos constantes de la contaminación atmosférica y de aguas subterráneas que se producen. Sin embargo, la mayor parte son residuos orgánicos son rápidamente biodegradables, los cuales en forma separada se convierten en un recurso muy valioso para la obtención de compost. Pero, una limitación relacionada a nuestro país, es que si bien se presenta como uno de los procesos más apropiados para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, tanto municipales como los generados en algunas fuentes específicas, la falta de mercado para su producto (compost) hace que actualmente su uso se haya restringido a la agricultura, como mejorador de suelos.

3.7.1 Generación

Según datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación [6] la provincia de Misiones es la provincia argentina que menor cantidad de RSU genera, con un total de 0.641 kg/habitante/día es decir, 521 t/día, dando un total de 190.165 t/año. Y donde, de la población total, que según el Censo 2010 es de 1.101.593 habitantes, 812.613 son las personas cuentan con servicio ligado a la gestión de los residuos. En comparación con el país, Misiones genera el 1.35% del total que asciende a 14.094.110 t/año de residuos.

3.7.2 Recolección y Transporte

Según la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos - ENGIRSU publicada por la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación - SAYDS [16] en la mayoría de las ciudades medianas y pequeñas, el servicio de recolección y transporte es operado por los municipios en forma directa o por contratación de operadores privados a través de empresas especializadas o cooperativas que prestan simultáneamente otros servicios públicos. Este caso se da generalmente en ciudades de menos de 50.000 habitantes. En las grandes ciudades se tiende a tercerizar el servicio, o bien transformarlo en sistema mixto junto al sistema municipal. En cuanto al tipo de recolección, a excepción de grandes ciudades, encabezada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), donde la recolección se realiza en forma diferenciada, en el resto del país, prevalece la recolección de los residuos sin ningún tipo de diferenciación por tipo, y dispuestos en bolsas dentro de contenedores o sobre la vereda. Por otra parte, en Argentina el servicio de recolección y transporte de RSU llega a una cobertura superior al 90%, siendo del 100% para ciudades grandes y medianas y un 97% para ciudades pequeñas. Otro dato es la frecuencia de recolección, que en Argentina oscila entre 5 y 6 días por semana en ciudades grandes y medianas y tiende a 3 veces por semana en las pequeñas.

3.7.3 Estaciones de Transferencia

Según lo relevado en el marco de la ENGIRSU nuestro país cuenta con pocos ejemplos de Estaciones de Transferencia, por otra parte algunas ciudades informan como Estación de Transferencia a los sitios de acopio temporal de residuos, pero que no responden al concepto de Estación de Transferencia. El hecho de que haya pocas Estaciones de Transferencia en el país indica que los sitios de disposición final actuales están cercanos a las ciudades donde se generan los residuos. Misiones, se realiza la gestión integral de residuos sólidos urbanos,

patológicos y pilas a través de la Empresa AESA Misiones S.A., que gestiona 145.000 t/año de residuos, mediante la operación de rellenos sanitarios y estaciones de transferencia.

3.7.4 Tratamiento

De acuerdo a la ENGIRSU las prácticas reciclado y compostaje de carácter formal, en general están más difundidas en las ciudades pequeñas. No obstante, se menciona que las tres áreas metropolitanas más grandes del país tienen instalaciones para producir compost (Buenos Aires, Córdoba y Rosario). En el territorio nacional alrededor del 15%, de las localidades más pequeñas (entre 2.000 y 10.000 habitantes), tiene recolección selectiva y plantas de recuperación para reciclado y compost, siendo creciente el número de comunidades que adhieren a este tipo de manejo. Por otra parte, aunque la cantidad de materiales potencialmente recuperables es importante, en general en el país se trabaja de manera informal. Asimismo, el contexto macroeconómico y las fluctuaciones propias de cada uno de los potenciales mercados, inciden fuertemente en la posibilidad de recuperar residuos para su efectiva valorización. La recuperación y aprovechamiento de materiales de los residuos se vería favorecida si se implementaran políticas de manejo y segregación en origen por parte de la población. De esta forma los materiales no cargarían con exceso de humedad ni se encontrarían contaminados con otras corrientes de RSU, en algunos casos de características peligrosas.

En Misiones, el único tratamiento que reciben los residuos, previo a su disposición final, es una clasificación (húmedo – seco), que es realizada por operarios en las 26 Estaciones de Transferencia distribuidos en toda la provincia. Un caso excepcional es la Localidad de Apóstoles (Departamento Apóstoles), donde desde el año 2008 se lleva a cabo la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos -GIRSU. Aquí se capacita a la ciudadanía para que clasifiquen los residuos en origen y así poder ser recolectados en forma diferenciada (orgánicos húmedos e inorgánicos) y transportados a la Planta de Tratamiento Municipal. En cuanto a los residuos inorgánicos, pasan por una cinta donde los operarios vuelven a clasificarlos y separarlos en los rubros: cartón, papel blanco, papel impreso, vidrio, botellas PET, aluminio, cobre, hojalata, plástico soplado (recipientes de lavandina y otros productos de limpieza). Para los residuos que no tienen mercado o que no se pueden recuperar por sus características o por su calidad, se envían a la estación de transferencia (Empresa AESA Misiones SA) que se encuentra dentro del predio de la Planta Municipal, y cuyo destino es el relleno sanitario de Fachinal. En cuanto al resto del material inorgánico reclasificado, se prensa y se arman fardos que son acopiados en la planta durante un breve período de tiempo y luego son vendidos a empresas recicladoras. Con el material orgánico, que también es recibido en la planta, se prepara un fertilizante orgánico llamado lombricompost, que se comercializa a viveros, productores y particulares de la zona.

3.7.5 Disposición final

Datos de la ENGIRSU [16] arrojan que todos los municipios más grandes, es decir, de más de 500.000 habitantes, implementan el Relleno Controlado como sistema de disposición final, o al menos lo hacen con disposición semi controlada. A ellos se les suman algunas ciudades medianas y en menor medida alguna pequeña. En poblaciones hasta 100.000 habitantes predomina la disposición a cielo abierto, mientras que esta tendencia se va revirtiendo a medida que tratamos con poblaciones de mayor cantidad de habitantes. También datos de la ENGIRSU estiman que el 45% de los residuos generados en el país se vierten en forma inadecuada, ya sea en basurales a cielo abierto oficiales y en centros semi controlados que carecen de los controles mínimos, como también en basurales a cielo abierto ‘clandestinos’, que existen tanto en pequeñas, medianas, y grandes ciudades.

4. Conclusiones y recomendaciones

A nivel mundial, el uso de tecnologías de biorremediación para el tratamiento de sitios contaminados, es relativamente reciente y presenta ventajas respecto de los métodos físico-químicos tradicionales. Y de acuerdo con estudios realizados en EEUU y el Reino Unido, el mercado de la biorremediación para el tratamiento de suelos contaminados se ha incrementado debido a que los costos pueden reducirse entre 65% y 80%, respecto de los métodos físico-químicos. Este panorama es alentador para nuestro país, donde la aplicación de estas técnicas es aún muy incipiente. Por otra parte, es importante tener en cuenta que antes de aplicar algún proceso de compostaje para la remediación de un sitio en particular, es indispensable contar con información completa del sitio (origen de la contaminación, caracterización del suelo y del contaminante a tratar) y establecer pruebas de biodegradación del contaminante por microorganismos autóctonos o exógenos para posteriormente, seleccionar el tipo de tecnología con base en sus costos y a la disponibilidad de materiales y equipo para realizar el tratamiento.

Para el caso de Misiones, es la provincia argentina que menor cantidad de residuos sólidos urbanos produce, por otra parte cuenta con las condiciones climáticas adecuadas para la aplicación de la tecnología de la biorremediación con compostaje, presentando una temperatura media de 20°C y precipitaciones anuales de 1700 mm, además del suelo tipo arcilloso, situación que facilitaría la implementación de una política de estado ambiental, como ser la recuperación de áreas contaminadas como los rellenos sanitarios o basurales a cielo abierto.

Un dato no menor es que la principal actividad productiva de la provincia es la forestación, donde además de generar materia prima para las industrias madereras, se genera con ello biomasa vegetal (ramas y hojas), que podría utilizarse incluso como agente de volumen, para la preparación del material a compostar.

Si bien hay mucha tarea previa por hacer como comenzar con la sensibilización de la ciudadanía y la integración y cooperación de todos los sectores involucrados, es importante considerar hoy día al problema de los residuos como una estrategia de desarrollo, mediante alternativas de gestión e implementación que no solo aborden los componentes ambiental y social, sino también económico, factor que en la actualidad es la principal limitante para su desarrollo. Con base en lo anterior, la clave está en abordar el problema de los residuos y la remediación de los suelos contaminados desde una perspectiva holística, que incluya a todos los actores y componentes afectados, tomando como base todas aquellas acciones que cuenten como antecedente, y crear políticas de acción enmarcadas en la legislación vigente y factibles en términos ambientales, económicos y sociales.

Finalmente, en nuestra provincia sería una buena estrategia comenzar con la mejora de las áreas degradadas por los rellenos sanitarios, por sobre los basurales a cielo abierto. Ya que los primeros serán más sencillos de localizar ya que son solamente dos rellenos; al contrario de los basurales que son numerosos, pequeños (micro) y se encuentran dispersos en todo el territorio provincial. Se empezaría entonces por la identificación de las zonas afectadas, luego un diagnóstico que describa su situación ambiental, y relacionada a los componentes sociales, económicos y políticos, después el diseño de estrategias para la mitigación de impactos incorporando las tecnologías de la biorremediación con compostaje, y por último la ejecución que incluya procedimientos de control y monitoreo permanentes.

5. Referencias

- [1] CRUZ SOTELO, S; OJEDA BENITEZ, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. vol. 29, p. 7- 8.
- [2] GALERA, A. (2014). Biorresiduos: gestión y alternativas de utilización. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Murcia, España, p. 1- 29.
- [3] DIAZ, L. *et al.* (1993). Composting and recycling municipal solid waste. Lewis Publishers. USA. En CASTILLO BORGES E; SAURI RIANCHO, M. (2002). Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Revista Ingeniería* 6-3. p. 55-60.
- [4] SAMPIERI, R.; COLLADO, C.; LUCIO, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Sed. México D.F.: McGraw-Hill, 613p.
- [5] EPSTEIN, E. (1997). The science of composting. TECNOMIC publication. USA. En CASTILLO BORGES E; SAURI RIANCHO, M. (2002). Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Revista Ingeniería* 6-3, p. 55-60.
- [6] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN. (2016). Sistema de Estadística Ambiental Argentina. “Recuperado de <http://estadisticas.ambiente.gob.ar/?idarticulo=14085#estadi>, enero, 2016”.
- [7] DI PAOLA, M; VICIÉN C. (2010). Biorremediación: vinculaciones entre investigación, desarrollo y legislación. CEUR-CONICET. Documento de Trabajo, octubre, 2010. p. 1-33.
- [8] GONZÁLEZ, G. (2010) Residuos sólidos urbanos. Argentina. Tratamiento y disposición final. Situación actual y alternativas futuras. Buenos Aires, Argentina. p.12- 25 y 35p.
- [9] AGUILERA RIBA, F. *et al.* (2005). El compostaje como vía de tratamiento de R.S.U. Aplicaciones y limitaciones de la tecnología. n. 420, p. 234-242.
- [10] PUERTA ECHEVERRI, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación*. v.1, n.1, p.56-62.
- [11] VELASCO TREJO, J; VOLKE SEPÚLVEDA, T. (2003). El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México. *Gaceta Ecológica*, núm. 66, enero-marzo, 2003. p. 41-53.
- [12] MORAL HERRERO R; MORENO CASTRO, J. (2007). Compostaje. España. p. 42-54 y p.75-159.
- [13] EWEIS, J. *et al.* (1998). *Bioremediation Principles*. McGraw-Hill International Editions. 266p. En VELASCO TREJO, J; VOLKE SEPÚLVEDA, T. (2003). El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México. p. 41-53.
- [14] EPA -Environmental Protection Agency-. (2010) *An analysis of composting as an environmental remediation technology*. EPA530-R-98-008.
- [15] SELLERS, K. *et al.* (1993). Review of soil mound technologies for the bioremediation of hydrocarbon contaminate soil. En VELASCO TREJO, J; VOLKE SEPÚLVEDA, T. (2003). El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México. p. 41-53.
- [16] SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN (2005). Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. p. 1-27.

OPTIMIZACION ENERGETICA DE SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO

Alderetes Carlos O.¹

¹ Planta Piloto de Ingeniería Química

Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

Facultad Regional Resistencia

French 414 – (H3500CHJ)- Resistencia, Chaco

correo-e: calderetes@gmail.com

Resumen. El aire comprimido se usa en diversas aplicaciones comerciales, medicinales e industriales y está considerado como el cuarto servicio auxiliar (facilities) en importancia junto a la energía, agua y vapor. Este servicio, independiente de sus funciones operativas, representa un consumidor de energía de relevancia, ya que se estima consume en promedio entre el 10-15% de la energía de una planta industrial, llegando en algunos casos hasta el 20%

En el presente trabajo y tomando como referencia al Segundo Principio de la Termodinámica y siguiendo los lineamientos del estándar ASME EA4-2010: Energy Assessment for Compressed Air Systems, se analiza exergéticamente un sistema industrial de aire comprimido perteneciente a una planta fabricante de bebidas carbonatadas. El análisis exergético permitirá llevar a cabo procesos de benchmarking con plantas similares y evaluar su optimización energética.

En la primera parte del trabajo se analizan las principales operaciones y equipos involucrados, se plantean las ecuaciones principales y se determinan las principales pérdidas de exergía en la instalación. En la segunda parte, y tomando como base el diagnóstico inicial, se plantean las reformas y/o cambios que deben implementarse en las instalaciones y operaciones a los efectos de minimizar las pérdidas de exergía y el consumo de energía de la planta. Posteriormente, se presentan los ahorros de energía y el aumento global de eficiencia energética y exergética del sistema. Finalmente, el trabajo muestra la importancia de implementar estas herramientas de análisis conjuntas para abordar la optimización exergética del proceso.

Palabras Claves: *aire comprimido, exergía, optimización, costos.*

1. Introducción

El uso racional de los combustibles y de la energía constituye una preocupación esencial de todos los países tanto desarrollados como en vías de desarrollo. El escenario nacional muestra un pronóstico de demanda creciente tanto de energía y combustibles como de precios también. Esta preocupación por la racionalización energética y los problemas ambientales asociados, llevó a que en el año 2009 la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) publicara

cuatro nuevos estándares: Energy Assessment for Industrial Systems destinados a los facilities industriales y luego la Organización Internacional de Estandarización (ISO) publicara en el 2011 una nueva Norma ISO 50001:2011 – Energy Management Systems al respecto [1],[2].

Es en este contexto, donde los sistemas industriales de aire comprimido adquieren particular importancia ya que este servicio demanda entre el 10-15% en promedio de la energía total consumida por la planta [3]. Una de las industrias que presenta un gran potencial de ahorro energético en sus servicios es la fabricación de bebidas carbonatadas. La elaboración de estos productos demanda energía eléctrica y térmica para sus operaciones.

La figura N° 1 muestra una típica distribución del consumo de energía eléctrica en las mismas y en la que puede observarse que el sistema de aire comprimido demanda el 17% de la energía total de la planta [4]. Las embotelladoras de bebidas carbonatadas son grandes consumidoras de aire comprimido ya que más del 75% del volumen producido en el país se envasa en botellas de PET [5].

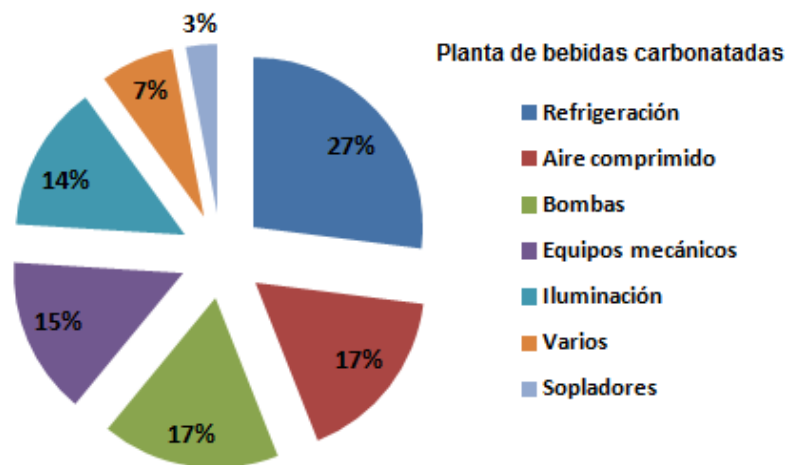


Figura N°1 – composición consumo energía planta embotelladora
Fuente: elaboración propia en base a información de www.baseco.com

Con el propósito de optimizar energéticamente el sistema de aire comprimido de la planta embotelladora, se consideraron las recomendaciones y metodología establecida en el estándar ASME EA4-2010: Energy Assessment for Compressed Air Systems. Este estándar identifica tres subsistemas funcionales (generación, distribución y consumo) o niveles de jerarquía a través de los cuales se irán efectuando las mediciones y relevamiento de datos.

2. Análisis del Caso

Para este análisis se tomaron los datos de una planta embotelladora de mediana capacidad, en donde las características operativas e instalaciones de aire comprimido se muestran en la figura N°2 y en la tabla N°1.

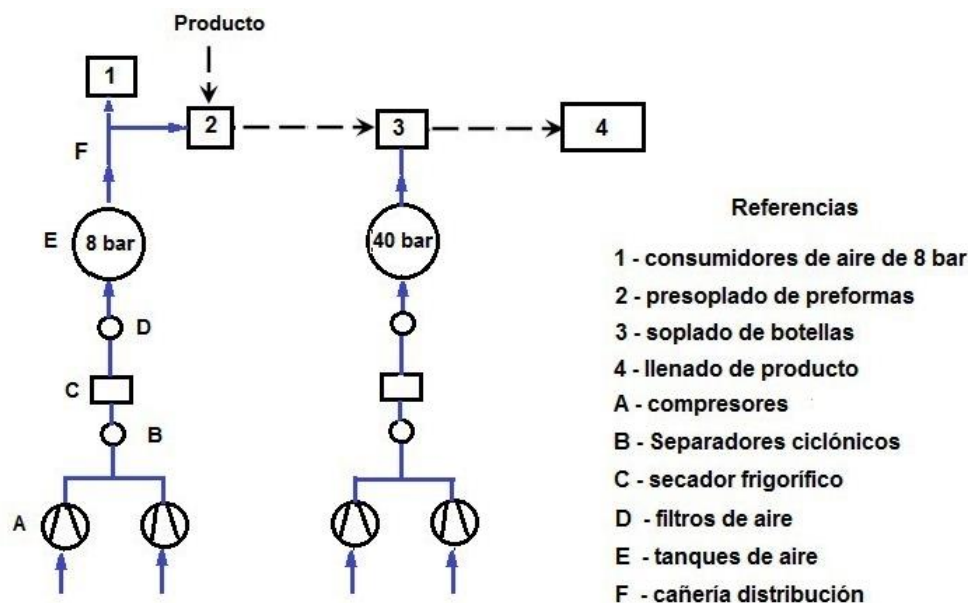


Figura N°2 – Esquema del sistema de aire comprimido

El aire comprimido en la planta se usa principalmente para:

- ✓ Presoplado y soplado de las botellas de PET (tereftalato de polietileno)
- ✓ Transporte, acomodamiento y llenado de botellas
- ✓ Mandos neumáticos
- ✓ Instrumentación
- ✓ Usos generales en planta

Una característica interesante de este sistema es la necesidad de contar con aire comprimido a dos niveles de presión y caudales. Estas demandas son:

- Etapa de baja presión (0.8 MPa) para el presoplado de las preformas de PET mediante compresores a tornillo ($FAD = 1 \times 16 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 110 \text{ Kw} + FAD = 1 \times 10 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 75 \text{ Kw}$)
- Etapa de alta presión (4 MPa) para el moldeo del material PET mediante compresores a pistón de tres (3) etapas ($FAD = 1 \times 25 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 250 \text{ Kw} + FAD = 1 \times 17 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 200 \text{ Kw}$)

Esta condición debe ser satisfecha con dos equipos de compresión tecnológicamente diferentes que a su vez tienen eficiencias termodinámicas distintas. El reto es buscar la mejor combinación que otorgue confiabilidad operativa al menor costo energético. Estas operaciones en plantas de gran capacidad y modernas son realizadas en equipamiento de soplado que permiten usar solamente compresores de alta presión con recupero de aire en baja presión.

Tabla N°1 – Datos principales de las instalaciones

Datos de producción		Datos de las instalaciones	
Volumen producción	240.000.000 lit. / año	Capacidad de soplado	8000 botellas /h
Días de operación	330 días / año	FAD en alta presión*	42 Nm ³ / min
Tiempo efectivo operación	22 horas / día	Tanque de alta presión	10.000 litros
Consumo energía	0.38 MJ / lt.bebida	FAD en baja presión*	26 Nm ³ / min
Líneas de producción PET	4	Tanque de baja presión	5000 litros

Fuente: elaboración propia - *FAD: free air delivery

3. Balance de masas y energía

En la figura N° 3 se esquematiza el sistema de aire comprimido a través del cual se plantearán los balances de masas, energía y exergía

$$\text{El balance de masas está dado por: } G_{au} = G_e - (G_{ac} + G_c + \Sigma G_p) \quad (1)$$

$$\text{El balance de energía es: } E_e + E_{af} + E_s = E_u + E_p + Q_c + Q_{af} + Q_s \quad (2)$$

$$\text{Eficiencia global del sistema (\%): } \varepsilon = E_u / (E_e + E_{af} + E_s) \cdot 100 \quad (3)$$

Donde:

- G_e , G_{ac} , G_c , G_{au} y G_p representan respectivamente los flujos másicos de aire aspirado, aire comprimido, condensado, aire utilizado y aire de fugas en [kg/sec]
- E_u , E_e , E_{af} , E_s , y E_p representan respectivamente, la energía útil en el sistema, la energía suministrada al compresor, aftercooler, al secador frigorífico y pérdidas varias de energía en [kwh] y Q_c , Q_{af} , y Q_s indican el calor eliminado en el proceso de compresión, postenfriamiento y secado del aire en [kwh]

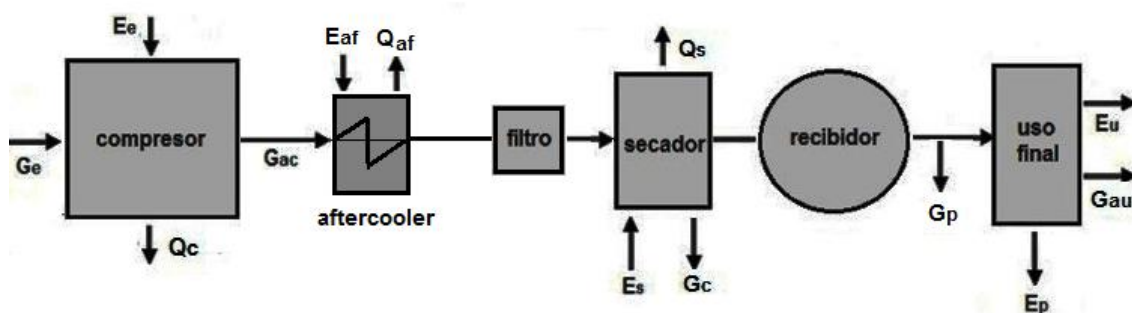


Figura N°3 – Balance de masas y energía

En el sistema de aire comprimido, el término E_p incluye pérdidas varias tales como, las pérdidas por caídas de presión en la distribución, en los elementos de filtración y regulación, las pérdidas

por fugas y por presión en exceso. Se obtienen por medición directa y estimaciones en base a datos de los fabricantes de equipos [6], [7], [8].

3.1 Balance de exergía

Para este balance es preciso definir las condiciones de referencia del medio ambiente y se fijaron las siguientes: presión atmosférica $P_o = 0.1$ MPa y temperatura ambiente $T_o = 298$ °K (25°C). El balance exergía consiste en determinar las pérdidas en los siguientes procesos:

- ✓ Compresión del aire (estado de carga y vacío según el duty cycle de cada equipo)
- ✓ Cambios en las condiciones de aspiración y/o descarga
- ✓ Post enfriador y secado del aire
- ✓ Procesos transitorios de carga y descarga de los tanques amortiguadores de la demanda
- ✓ Fugas de aire por falta de estanqueidad
- ✓ Caídas de presión en la distribución del aire
- ✓ Caídas de presión en los elementos de tratamiento y regulación del aire

Despreciando los cambios de exergía cinética y potencial, la exergía específica del aire comprimido para un sistema cerrado está dada por la ecuación siguiente [9-13]

$$a = (u - u_o) + P(v - v_o) - T_o(s - s_o) \quad (4)$$

$$a = R \cdot T_o \ln \frac{P}{P_o} + R \cdot T \cdot \frac{P_o}{P} + R \cdot T_o \left[\frac{\left(\frac{T}{T_o} - k - k \ln \frac{T}{T_o} \right)}{k-1} \right] \quad (5)$$

donde: u , v , s : representan la energía interna, volumen y entropía específica del aire en [kJ/kg] en las condiciones de proceso y a las del medio ambiente de referencia. Las variables P y T representan la presión y temperatura absoluta del aire en las condiciones de proceso y de referencia en [MPa] y [°K] respectivamente y R la constante del aire en [kJ /kg°K]

Analizando la ecuación (5) y calculando los coeficientes de sensibilidad de la exergía específica respecto a la presión, la temperatura del aire comprimido y respecto de la temperatura ambiente, se tiene que:

$$\Delta p = \frac{\partial a}{\partial P}, \quad \Delta t = \frac{\partial a}{\partial T}, \quad \Delta t_o = \frac{\partial a}{\partial T_o} \quad (6)$$

Haciendo un análisis de sensibilidad vemos que, dando un aumento del 1% para cada variable manteniendo constante las demás, la exergía aumenta en mayor proporción en el siguiente orden y cuando:

- ✓ sube la presión del aire
- ✓ aumenta la temperatura ambiente
- ✓ baja la temperatura del aire

Por lo contrario, la exergía específica disminuye cuando:

- ✓ baja la presión del aire
- ✓ baja la temperatura ambiente

- ✓ aumenta la temperatura del aire

Despreciando los cambios de exergía cinética y potencial, la exergía específica del aire comprimido para un sistema abierto está dada por:

$$b = h - h_o - T_o (s - s_o) = c_p (t - t_o) - T_o (c_p \ln \frac{T}{T_o} - R \ln \frac{P}{P_o}) \quad (7)$$

Donde: b, h y s: representan la exergía, entalpía y entropía específica del aire en [kJ/kg], en las condiciones de proceso (P y T) y a las del medio ambiente de referencia (Po, To). El balance de exergía para un sistema abierto se puede escribir como:

$$\Sigma G_i.b_i = \Sigma G_s.b_s + \Sigma E_p \quad (8)$$

$$\Sigma E_p = \Sigma G_i.b_i - \Sigma G_s.b_s = T_o \Sigma \Delta S_{irr} \quad (9)$$

Donde: Gi, Gs, bi, bs representan los flujos másicos y exergías específicas de las corrientes que ingresan y egresan del sistema en [kg/sec] y [kJ/kg] respectivamente.

El término ΣE_p representa la exergía perdida en el sistema y el factor ΔS_{irr} representa el aumento de entropía del sistema analizado [kJ/sec.°K]. A partir de las ecuaciones generales veremos las pérdidas de exergía en cada componente del sistema en función del potencial que cada uno representa.

3.2 Balance exergético del sistema

El balance de exergía del compresor y after cooler está dado por:

$$\text{compresor: } G_i.b_i + N_c = G_s.b_s + E_p \quad (10)$$

$$N_c = (h_1 - h_2) / \eta_{ad} \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_v \quad (11)$$

$$\text{rend.exergético: } \varepsilon_c = [G_i (b_s - b_i) / N_c] 100 \quad (12)$$

$$\text{aftercooler: } N_{af} + G_s.b_e = G_s.b_s + E_p \quad (13)$$

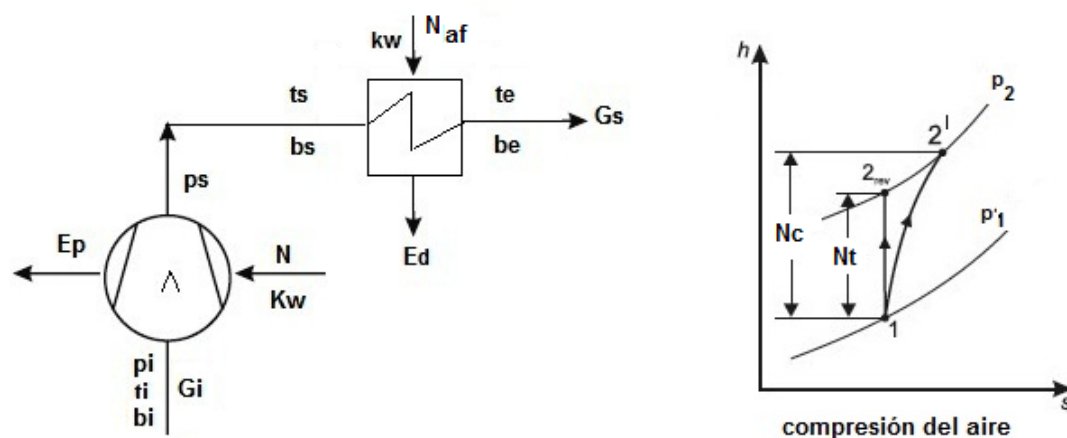


Figura N° 4 – Esquema del compresor y aftercooler

La exergía perdida en el secador de aire está dada por

$$\text{Secador frigorífico: } G_s \cdot b_e + N_s = G_s \cdot b_f + E_p \quad (14)$$

$$\text{Rendimiento secador frigorífico: } \varepsilon_s = [G_s (b_s - b_i) / N_s] \cdot 100 \quad (15)$$

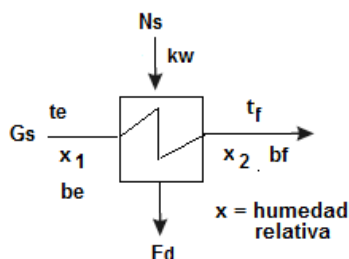


Figura N° 5 – Esquema del secador frigorífico

La exergía perdida en los tanques de amortiguación y ecualización de la demanda de aire constituyen sistemas abiertos en estado transitorio y se aplican tanto en los procesos de carga como descarga de los mismos. La pérdida está dada por el proceso de mezcla entre la corriente que ingresa y la masa acumulada en el tanque. Depende de la acumulación en el tanque, de la diferencia de presión entre las corrientes y de la frecuencia del proceso de llenado y vaciado

El balance de exergía en los tanques de aire comprimido viene dado por

$$\text{Acumulación: } G_a = G_i - G_s \quad (16)$$

$$E_p = (G_i - G_s)(b_s - b_i) \quad (17)$$

Las pérdidas de exergía por pérdidas de carga en las cañerías de transporte y distribución y en los elementos de tratamiento del aire y su regulación (ciclones, filtros, reguladores, etc.) se pueden considerar como sistemas adiabáticos. Esta pérdida se calcula como:

$$E_p = -T_o.R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (18)$$

Las pérdidas de exergía por fugas se calculan teóricamente como la descarga a través de un orificio en la que el aire comprimido se expande hasta equilibrarse con la atmósfera. En la práctica puede valorizarse como igual al flujo de exergía que se fuga al exterior en el punto donde tiene lugar, esto es:

$$E_p = G_{ax}.b_x \quad (19)$$

A partir de las ecuaciones planteadas y de los relevamientos de planta se ha calculado las pérdidas de exergía en el sistema cuyos resultados se resumen en la tabla N°2 y la figura N°6

Tabla N°2 – Balance exergético sistema aire comprimido

Balance exergético	Línea 0.8 MPa	Línea 4 MPa
Exergía ingresada	155 kw	439 kw
Exergía recuperada sistema AC	89 kw	259 kw
Exergía útil en el soplado	174 kw	
Exergía perdida sistema AC	66 kw	180 kw
Exergía perdida en el soplado	174 kw	
Rendimiento exergético proceso	29.30%	
Índice pérdida del proceso	70.70%	
Rend. exergético compresor	62.70%	64%
Rend. exergético aftercooler	96.72%	93%
Rend. exergético secador	96.70%	97.65%

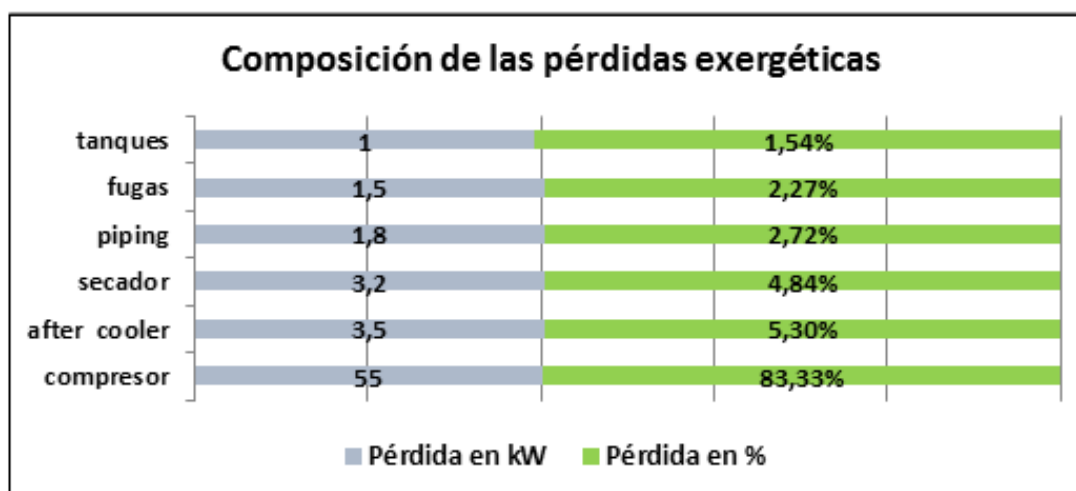


Figura N°6 – composición de pérdidas exergéticas – línea de 0.8 MPa

Como se observa en el gráfico, la mayor pérdida exergética está centrada en los equipos de compresión principalmente, en donde se focalizarán las acciones de mejora. El Ciclo de Vida de los Costos (LCC) de los sistemas de aire comprimido, muestra que el consumo de energía eléctrica representa alrededor del 75% de los costos totales, razón por la que es imperativo reducir las pérdidas de exergía en el proceso [15].

3.3 Optimización exergética

Los compresores a tornillo trabajan con un ciclo de 80% del tiempo en marcha y de 20% en vacío, mientras que los compresores a pistón lo hacen a razón de 70 a 30% (duty cycle). La marcha en vacío implica un rendimiento exergético nulo, es decir pura pérdida de exergía. En la tabla N°3 se resume la situación de los compresores en estos dos estados de carga

Tabla N°3 – variación del rendimiento exergético en estado de carga / vacío

Parámetro	Línea de 0.8 MPa	Línea de 4 MPa
Potencia en carga	143 kW	430 kW
Potencia en vacío	37 kW	126 kW
Potencia promedio	122	339
Rendimiento exergético a plena carga	62,70%	64%
Rendimiento exergético promedio	58.36%	53.48%

Para evitar el deterioro exergético que implica la marcha en vacío, se propone:

- Reemplazo del sistema actual de control (carga /descarga) por un sistema de velocidad variable con control maestro computarizado, que permita regular el flujo conforme a la demanda y evitar la marcha en vacío, ordenando la parada y arranque de los equipos. Con un sistema de control de velocidad variable puede ahorrarse según las experiencias implementadas en la industria, hasta un mínimo de 20% de la energía requerida por el sistema, lo que significa un ahorro de 620 MWh anuales [16],[17]
- En el aftercooler se podrá recuperar 54 kWh para calentar 900 kg/h agua de 20 a 70°C para usos diversos en planta tales como limpieza de tanques, preparación de jarabe o simplemente para precalentar el agua de alimentación a calderas. Esto significa un ahorro de 392 MWh / año que contribuye a reducir el consumo de energía térmica.
- Otra alternativa es fraccionar el proceso de compresión en la línea de alta presión, instalando una etapa de compresión como booster de (0.1- 0.8 MPa) mediante compresores a tornillo y alimentar a un compresor que eleve la presión desde estos valores hasta los 4MPa. Con esta disposición, se reemplaza en la primera etapa de compresión el consumo específico de 8-9 kW /Nm³.min de un compresor a pistón, por otro de 5-6 kW /Nm³.min dada por el compresor a tornillo. De esta forma se obtiene una reducción del consumo de unos 100 Mwh anuales.
- Para evitar el arranque de los compresores debido a las fugas en el sistema durante los períodos no productivos, deberá instalarse a la salida de los tanques una válvula pilotada y temporizada por reloj que asegure la estanqueidad del mismo. Limitamos así la pérdida por fuga y se ahorran otros 10 MWh anuales

- Resumiendo, con una demanda de energía de 3100 Mwh anuales en los compresores, es posible ahorrar en estos ítems, unos 1100 Mwh anuales, lo que implica una reducción del 35% en los costos energéticos

Otros sectores de pérdidas tales como el secado del aire, pueden ser optimizados. Los secadores de masa térmica dan una mejor performance energética que los secadores frigoríficos estándares. Cada mejora deberá valorizarse financieramente a los efectos de juzgar la conveniencia de la inversión, más aún en un contexto de precios en alza e importación de energía y combustibles como el que tiene lugar en el país

El sistema analizado es típico en plantas embotelladoras de capacidad pequeña o mediana en las que las soluciones propuestas pueden tener lugar, ya que en las plantas de gran capacidad y de buen nivel de modernización, la planta de soplado opera solamente en alta presión con dispositivos de recuperación de parte del aire comprimido en baja presión (0.6 o 0.8 MPa) para las etapas posteriores, teniendo en estos casos un bajo consumo específico y una mejor eficiencia energética que las instalaciones citadas

4. Conclusiones

Las plantas embotelladoras de bebidas carbonatadas son importantes consumidoras de energía eléctrica en sus instalaciones de soplado PET. Utilizando la evaluación energética estandarizada por la Norma ASME EA4-2010 junto al análisis exergético, es posible identificar y valorar las pérdidas energéticas en los sistemas de aire comprimido y enfocar las acciones de mejora continua tendientes a reducirlas y optimizar la performance exergética de los mismos. En el caso analizado es posible reducir hasta un 35% el consumo de energía eléctrica mediante la aplicación de las herramientas citadas

5. Referencias

- [1] ASME EA4-2010: Energy Assessment for Compressed Air Systems. Published by the American Society of Mechanical Engineers, NY- 2009
- [2] ISO 50001-2011: Energy Management Systems. Published by ISO
- [3] ANON. (2003) - Improving Compressed Air System Performance. Published by the U.S. Department of Energy. Website: www.eere.energy.gov/industry
- [4] GANGJ AHMAD (2002). Energy Conservation Opportunities in Carbonated Soft Drink Canning / Bottling Facilities. Houston, Texas. Disponible en: www.baseco.com
- [5] ABLIN AMALIE (2013). Revista Alimentos Argentinos, N° 58. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar /contenido/revista/pdfs/58/bebidaoriginal.pdf>
- [6] SCALES W. (2007). Best Practices for Compressed Air Systems. Second Edition Published by Compressed Air Challenge, U.S.
- [7] KOVACEVICK & STOCIK (2007). Screw Compressors. Edit.Springer Verlag
- [8] BLOCH HEINZ (2006). A Practical Guide to Compressors Technology. Edit by JWS,
- [9] BAEHR H.D (2006). Thermodynamik. Edit. Springer Verlag
- [10] MAYINGER FRANZ (2006). Thermodynamik. Edit. Springer Verlag
- [11] BEJAN ADRIAN (2006). Advanced Engineering Thermodynamics. Edit by JWS

- [12] ANDRIANOVA T. (1977). Problemas de Termodinámica Técnica. Editorial Mir Moscú,
- [13] CARRANZA ALBERTO (2004). Exergía del aire comprimido. Revista Scientia et Technica, Año 10, N°25 – Colombia
- [14] BAEHR.H.D (1961). Ein exergie-entropie diagramm für luft. Revista Chemie-Ing.Tech.N°33, N°5, pp. 335-338
- [15] ANON. (2011) 7th International Conference on Compressors and their Systems. City University London. Edit. Woodhead Publishing Limited. UK
- [16] WAGNER HAROLD (2003). Selecting air compressors and systems control. Kaeser Brochure. Disponible en www.kaeser.com
- [17] VAN ORMER HANK (2009). Evaluating central compressed air management systems. Compressed air best practices magazine, October, pp.35-40. Disponible en www.airbestpractice.com

Energía Renovable: Estudio de Factibilidad de Generación de Energía a Partir de una Albúfera Artificial

Isabel Ferraris, Universidad Nacional del Comahue; icferrar@yahoo.com.ar

Mario Daniel de la Canal, Universidad Nacional del Comahue; dmdlcanal@yahoo.com.ar

Carlos Labriola, Universidad Nacional del Comahue; carloslabriola54@yahoo.com.ar

Luis Bertani, Universidad Nacional del Comahue; bertani8300@gmail.com

Resumen— El presente trabajo forma parte de la producción científica del grupo de investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNCo en el marco del PDTs N° 637 convenio entre el CIN-SPU-CONICET. El objetivo planteado es estudiar la utilización de la depresión natural de Bajo del Gualicho, Río Negro, Argentina que inundada por medio de canales y túneles con agua proveniente del Océano Atlántico, permitirá obtener una albúfera artificial. En dichos canales y túneles se instalarán equipos de generación eléctrica por corrientes marinas.

El beneficiode mejora en la calidad de vida de las personas, sin embargo, trae inevitablemente aparejada cambios en el entorno. Es así que al estudiar su factibilidad se debe tener en cuenta los aspectos favorables junto con las características adversas que provoque en el medio ambiente.

Se propone realizar un balance integral y jerárquico de estos dos aspectos. En trabajos anteriores se ha avanzado en el análisis del impacto adverso sobre el contexto de la obra proyectada. En el presente trabajo se estudiarán y analizarán en particular los beneficios que la misma tendrá sobre la comunidad. El balance de ambos factores, asociado a los conceptos de aceptabilidad o tolerabilidad contribuirá a la toma de decisiones tanto en lo que respecta a la comunicación del proyecto a la comunidad como a su futura concreción.

Palabras clave— *albufera, energía, factibilidad, toma de decisiones*

1. Introducción

Desde el año 2014 se está elaborando en el ámbito de la UNCo una propuesta que consiste en utilizar la depresión absoluta de “Bajo del Gualicho” (−72 m), de la provincia de Río Negro, para generación eléctrica mareomotriz. La depresión será inundada con agua de mar a través de una conexión a construir con el océano Atlántico, en la región Patagónica Argentina [1]. Esto permitiría crear una “albúfera artificial” que cubrirá un área aproximada de 1234 km² en El Gualicho. Este lago estará expuesto a mareas por medio de una serie de canales combinados con 4 túneles por canal, que estarán localizados entre el mar y el lago. Tomando

como referencia el Puerto de San Antonio Este, el rango medio de marea alcanza 6,73m, durando 6 hs. 20 min [2]. Es de destacar que en la parte más alta del perilago se puede realizar un emprendimiento eólico de envergadura adicionando potencia instalada.

Además la propuesta incorpora todos los posibles emprendimientos que se puedan localizar en el perilago y en el lago. También considera la posible radicación de industrias de equipamiento electromecánico necesario para el emprendimiento mareomotriz.

La obra completa es de una importantísima envergadura y complejidad. En ella convergen los más variados aspectos que van desde los puramente técnicos hasta los sociales y culturales pasando por los económicos y financieros. El medio ambiente se verá modificado por este emprendimiento que lo que procura es aportar como beneficio un aumento en la calidad de vida de las personas. Asimismo una obra de tal magnitud, trae aparejado debates inter e intra disciplinarios por lo que sería importante para poder articular la totalidad y al mismo tiempo dar espacio a lo individual, contar con herramientas formales que permitieran poner en un lenguaje común lo que cada disciplina con sus propias e inherentes características sostiene. Sería una manera de “homologar” sus análisis y evaluaciones.

En este trabajo se presenta una propuesta holística y jerárquica de abordaje de la factibilidad de realización de la obra, incorporando información relevante de todo tipo. Hay que tener en cuenta que cada variable a analizar y su incertidumbre asociada tienen sus propias y distintas características. Las variables técnicas poseen altas precisiones, se las suele llamar objetivas y sus valores numéricos se determinan en experimentos controlados y protocolizados. Con ellas conviven aspectos, como los sociales, cuyos valores se califican, más que se cuantifican, no se “miden” en el sentido tradicional de la palabra y se las piensan como subjetivas. Generalmente estas calificaciones están en manos de expertos que expresan su opinión en paneles convocados a tal fin. A esto se agrega que las fuentes de información pueden ser de distinta calidad, yendo desde las más confiables y precisas a las más inciertas. Aquí surge un problema extra que es cómo modelizar apropiadamente con una única herramienta formal que rigurosamente permita mezclar información. La Teoría de Conjuntos Borrosos [3] ha demostrado ser en este aspecto un instrumento eficaz para el tratamiento de variables de las características descriptas y sus incertidumbres.

Los resultados que se obtengan contribuirán a la comunicación del proyecto tanto a la comunidad como a las autoridades del gobierno, que en última instancia tienen en sus manos las decisiones de las que depende la concreción del emprendimiento.

2. Descripción Física del Emprendimiento Energético

La palabra “albufera” identifica aquellos lugares cercanos a la costa que son inundados por el océano resultando una laguna de agua salada conectada al mar mediante un canal natural. En Argentina está el caso de la albufera natural de Mar Chiquita al norte de Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires.

Es de destacar que nuestro país posee dos bajos relevantes, el de El Gualicho (-72 m, Río Negro) y el de San Julián (-114 m, Santa Cruz, 7° en profundidad en el mundo). La ubicación de los lugares descriptos se puede apreciar en la Figura 1, donde:

○ Albufera Natural de Mar Chiquita, Bs. As.

△ Bajo del Gualicho, Río Negro.

□ Bajo de San Julián, Santa Cruz

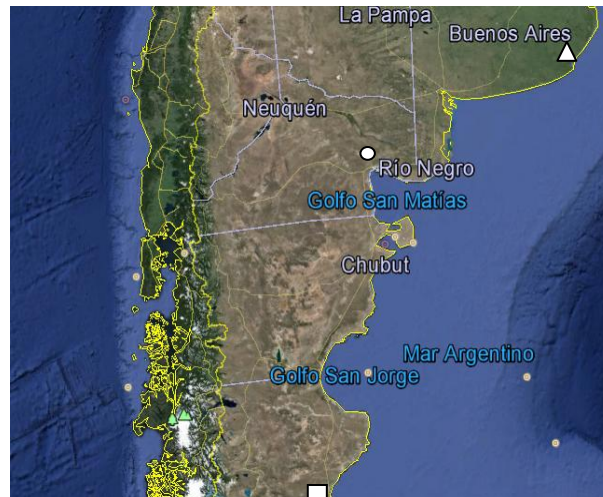


Figura1. Ubicación de albuferas naturales y posibles artificiales [5].

El Bajo del Gualicho está en la Provincia de Río Negro $^{\circ}22'43.46''S$ $65^{\circ}15'2.66''O$, a 20/30 km de la costa del mar y posee en su profundidad una salina. En la Figura 2 puede observarse el futuro lago a nivel 0 de 1234 km^2 , que sería el más grande artificial de la Argentina, superando al lago Ramos Mexía del Chocón que es de 830 km^2 y al más grande natural que es el Lago Argentino de 1200 km^2 [4].

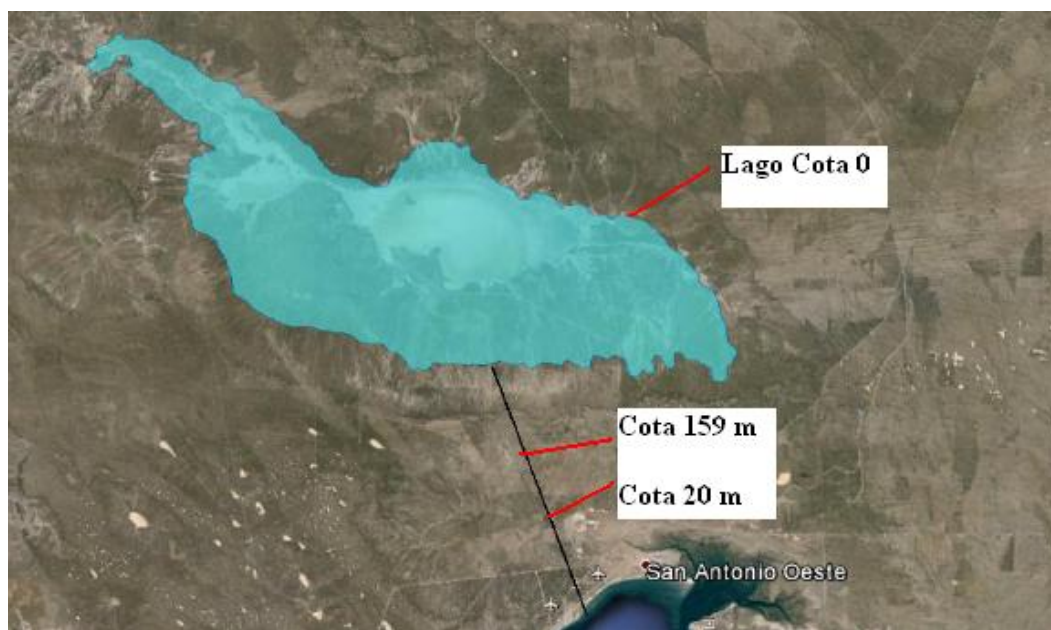


Figura 2. Área a inundar en el Bajo del Gualicho

Dicho bajo está a 20/30 km de la costa del mar. En la cota cero, el futuro lago tendría unos 20 km de ancho por 80 km de largo aproximadamente [4]. Para conectar la depresión con el mar se prevé construir canales desde la playa de unos 10 a 15 km de extensión (desde cota 0 hasta cota 20) y túneles (4 por canal) de 15 a 20 km (desde cota 20 hasta la albufera). Los túneles son necesarios para salvar una meseta de 150 m altura entre la depresión y la costa. Las dimensiones son las siguientes:

- Canales: de 100 m de ancho, 25 m de profundidad 10/15 km de largo, revestido de H^ºA^º.

- Túneles: 15 m de diámetro y 15/20 km de longitud.

Para el caso los conversores de corrientes marinas seleccionados para la obtención de energía eléctrica son [5]:

- Turbinas bulbo: de 20 MW a la entrada del canal y de 10 MW en la entrada de cada túnel.
- Turbinas hidrocínéticas: dobles de 600 kW ($2 \times 600 \text{ kW} = 1,2 \text{ MW}$ por pilar) en canal de 25 m de profundidad.

Se puede apreciar en Figura 3 un arreglo de línea de túneles (línea naranja) y del canal (línea púrpura).



Figura 3. Posible distribución de túneles y canales [4]

El proceso de generación de energía eléctrica es en base a las mareas en la zona que permiten un desnivel por ciclo entre 6 a 7 m promedio.

Para el caso de pleamar habrá compuertas de acceso a los canales que permanecerán dos horas cerradas luego de iniciada la misma. Esto es para acumular un desnivel de entrada de por lo menos 2 m. Alcanzado el mismo se abrirán las compuertas limitando la velocidad del fluido a 4,5 m/s que es lo máximo tolerable en funcionamiento normal por las turbinas bulbo. La extracción de potencia por estas turbinas ($4 \times 20 \text{ MW}$ por canal) hará que la velocidad de salida del fluido decaiga a 2,5 a 3 m/s, que es ideal para el funcionamiento de las turbinas hidrocínéticas sumergidas en el canal ($40 \times 1,2 \text{ MW}$ por canal). Al final del canal se encuentran nuevamente en la entrada de los túneles, turbinas bulbo ($4 \times 10 \text{ MW}$ por canal), que recibirán la corriente del fluido entre 2 a 2,5 m/s, dados los espacios entre turbinas hidrocínéticas que permiten recomponer la corriente. Finalmente es posible que a la salida de los túneles se dispongan en canales más cortos algunas turbinas hidrocínéticas pero esta estimación se dejará para otra etapa del proyecto.

Como todas las turbinas, hidrocínéticas y bulbo son reversibles, el proceso en la bajamar es idéntico pero en sentido contrario, se esperará tener 2 m de diferencia de nivel para dar salida al fluido acumulado en la albúfera con el mismo nivel en su lago que en canales y túneles.

Cabe mencionar que todas las turbinas trabajan sumergidas completamente en el agua en todo el proceso de generación en pleamar y bajamar. Se estima un coeficiente de planta del 67% (16 horas de generación en 24 hs por día), pero para los cálculos se trabaja con $CP=60\%$.

Asimismo en la parte más alta el perillago es posible poner un anillo de generación eólica en tres filas de turbinas de eje horizontal, con un Coeficiente de Planta $CP=0,35$. Estas deben ser de turbinas eólicas Tipo II de hasta 2,5 MW de potencia por el tipo de ráfagas de la zona.

Para estimar la cantidad de agua movilizada evaluaremos primero el proceso de llenado, ya que durante un tiempo se utilizará el complejo mareomotriz sólo en pleamar para llenar la depresión, hasta llegar a los niveles útiles para provocar las corrientes marinas reversibles.

Para el cálculo del agua a movilizar por ciclo de marea, se calcula primero la superficie del lago en cota de 0 metro (1234 km^2) por la amplitud media de las mareas (6,68 m).

$$1233,7 \text{ km}^2 * 0.00668 \text{ km} = 8.241 \text{ km}^3 \text{ (8.241.000.000 m}^3\text{)}$$

El valor obtenido ($8,241 \text{ km}^3$) es el que recorrerá el túnel (o los túneles) que unan el mar con el lago del bajo del Gualicho en 6 horas y 20 minutos. Estos valores son estimativos y podrán ser ajustados en una futura etapa del proyecto.

3. Impacto Positivo

Esta propuesta está dirigida a producir energía eléctrica a partir de fuentes renovables (mareomotriz y eólica) y así disminuir el uso de la combustión de hidrocarburos en generación térmica y posibilitar además la baja de la importación de los mismos. Lo antes dicho tiene un impacto benéfico en el ambiente por la reducción de emisiones de CO_2 a la atmósfera al usar Energía Renovable Mareomotriz y Eólica. Luego socialmente permitirá disponer de electricidad que es factor de desarrollo y confort, procurando mejor calidad de vida a la población y además tal vez poder destinar, en base al ahorro en importaciones de energía y combustibles, más beneficios a la población en otro tipo de obras públicas. Además este proyecto tiende a crear condiciones que permitirían la puesta en valor de un espacio de baja densidad de uso para transformarlo en generador de oportunidades para el crecimiento de la región.

Ya sea el complejo Mareomotriz-Eólico como todos los emprendimientos posteriores generarán la creación de puestos de trabajo local en la zona.

3.1 Cantidad de Energía a Producir

Este es un aspecto clave por tratarse de un proyecto de alta intervención ambiental que se justificaría principalmente en caso que constituya un aporte significativo de energía eléctrica.

En la Tabla 1 se estima la energía a producir en base a la potencia instalada, el Coeficiente de Planta (horas de generación a Potencia Nominal/horas totales del año 8760 h) y las horas anuales.

Tabla 1. Energía anual eólico-mareomotriz[6]

Lugar	Tipo de Generación	Potencia Instalada	Coeficiente de Planta	Horas al año	Energía GWh/año
Gualicho	Hidraulica	10464	0,6	8760	54999
	Eólica	1875	0,35	8760	5749
	Total				60748

Es de notar que es similar a la potencia instalada de Yacyreta, pero como se verá la generación eléctrica podrá iniciarse antes de que se termine la obra completa por la modularidad del proyecto.

3.2 CO₂ evitado en emisiones a la atmósfera

Teniendo en cuenta que lo que más se está importando es gas y su coeficiente de emisión, podemos estimar el CO₂ evitado de emitir a la atmósfera, según la Tabla 2:

Tabla 2. CO₂ evitado[6]

Lugar	Tipo de Generación	Coeficiente de emisión Gas Natural TnCO ₂ /MWh	Energía GWh/año	Tn CO ₂ evitadas por año
Gualicho	Hidraulica	0,138	54999	7590
	Eólica	0,138	5749	793
Total				8383

3.3. Retorno de capital por bonos verdes:

Se propone para este emprendimiento una forma modular de construcción (módulo canal+4túneles). Esta técnica constructiva junto con el tamaño relativo pequeño de los convertidores de energía (Hidrocinéticas 2x600 kW-Bulbo 20 y 10 MW – Eólica 2,5 MW), permitirá su construcción en forma más rápida en comparación con obras hidráulicas de gran magnitud con las que cuenta el país (200 MW a 350 MW) ya finalizadas. En estas últimas la energía eléctrica se obtiene luego de alrededor de 4 a 5 años.

Una vez construido el primer módulo Canal-Túneles ya se puede instalar la generación en términos de meses. En consecuencia, la obra no necesita estar terminada en su totalidad (65 módulos de canal-túneles) para empezar a producir energía y tener retorno de capital. Se estima que entre el 2º y 3º año el complejo energético podría estar produciendo energía eólico-mareomotriz.

Además de ese retorno de capital por energía, se podría certificar la energía producida mediante los términos de Mecanismo de Desarrollo Limpio desarrollados en la ONU, para la obtención de bonos verdes. Estos se comercializan en el mercado a U\$S 6,6/t CO₂ y se estima que estarán a U\$S 40/t CO₂ en el 2020. De esta manera se puede estimar el ingreso por bonos verdes para la obra en su totalidad en el rango de dichos valores, según Tabla 3:

Tabla 3. Ingreso por bonos verdes[6]

Ton CO ₂ anuales	Valor 2014 U\$S/tn CO ₂	Millones U\$S	Valor 2020 U\$S/tnCO ₂	Millones U\$S
8383160	6,6	55	40	335

O sea que se recuperará estimativamente como se dijo, entre 55 a 335 millones de dólares por bonos verdes de todo el complejo. Este monto se ha calculado en función del gas que se dejará de importar combinado con el valor del factor de emisión es según el combustible que utiliza aquel que compra el bono verde.

3.4. Inundación del Bajo del Gualicho

Inundar una superficie de más de 1200 km², permite evitar que la sal de la salina del fondo no sea más arrastrada por el viento causando la acidificación de las tierras circundantes. Esto junto con un regado conveniente con agua dulce por canales, permitirá recuperar tierras para cultivo y asentamientos urbanos.

Dada la existencia de la salina en el fondo de dicho lago, la salinización del agua sería estratificada con mayor densidad en el fondo y menor en la superficie dado un gradiente de temperatura que se da y además por la filtración del riego del perilago y del recambio cada día del agua de superficie del mar. Se está trabajando en la modelización de esta situación.

3.5. Beneficio económico

Como se ha visto en puntos anteriores se han hecho estimaciones económicas en base a beneficios energéticos y ambientales del complejo Eólico-Mareomotriz.

Resumiendo, podemos decir que los beneficios económicos directos son los siguientes:

- Habrá ingresos anuales de energía que se irán incrementando a medida que se ingrese al SADI generación eléctrica hasta completar los 65 módulos canal-túneles.
- Se obtendrán por única vez bonos verdes según el CO₂ evitado de emitir a la atmósfera por cada certificación de generación renovable de cada módulo y por MDL.
- Se evitarán las importaciones de energía que se realizan (desde Brasil, Uruguay, Paraguay, Chile) y la compra de gas por buque o por gasoducto (Bolivia y Chile). Asimismo podría darse un excedente de energía que pueda ser exportado a quienes nos han vendido mediante las interconexiones.

3.6. Beneficio Social

Dentro de lo Social ya hemos explicitado que la energía eléctrica es sinónimo de mayor calidad de vida y además de posibles radicaciones o ampliaciones de industrias electro-intensivas (acero, aluminio, etc.).

Como se dijo, la posibilidad de riego mediante extensión del canal de agua de Pomona es posible y permitirá el desarrollo de agroindustria: plantaciones de olivares, vides, fruta fina, forestación, forrajes, etc. Lo que daría la posibilidad de asentamiento en las cercanías de aceiteras, bodegas, galpones de empaque y frío, aserraderos, etc. Es posible mediante el forraje el engorde de ganado vacuno, ovino y caprino, con la consiguiente posibilidad de asentamiento de mataderos y frigoríficos. En el caso de los ovinos y caprinos la obtención de lana y cachemir.

También el lago permitirá actividades turísticas acuáticas de superficie o de inmersión, radicación de villas de esparcimiento en vacaciones o feriados, turismo rurales emprendimientos agropecuarios y ganaderos.

Todo esto trae aparejado como se ve una valorización de las tierras circundantes del perilago lo que permite desarrollar la actividad inmobiliaria ya sea para terrenos y casas de fin de semana, hectáreas de cultivo o para ganado e incluso villas permanentes para los trabajadores en los emprendimientos citados incluso del complejo eólico-mareomotriz.

En definitiva podemos decir que todos estos emprendimientos directos e indirectos traerán mayor demanda de mano de obra y migración a la zona de desarrollo agropecuario e industrial. Sólo por el emprendimiento eólico-mareomotriz se estiman 5 puestos de trabajo por MW instalado en forma directa y 20 puestos de trabajo en forma indirecta.

4. Posibles problemáticas

El desarrollo de este tipo de proyecto tendrá sin duda un alto impacto sobre el ambiente, y podrá concretarse sólo en caso que la cantidad de energía a generar tenga valores que ameriten realizarlo. Si es así, esta modalidad de generación energética relegaría a otras que sí producen mayor impacto al ambiente como la energía térmica de origen de la combustión de hidrocarburos y que aún así se siguen utilizando.

4.1 Producción de Sal

En la actualidad la salina que alberga el Gran Bajo del Gualicho produce **sal** en volúmenes más que interesantes: las reservas estimadas para la capa madre, son de 582.810.000 t, y las reservas para la capa temporaria, explotable por el método tradicional de cosecha, ronda los 7.900.000 t. (Yañez, M.L. 2003).

“Las más valiosas son el cloruro (NaCl o sal de mesa) y el sulfato de sodio (Na_2SO_4) de los que se puede obtener cloro, soda cáustica (NaOH) y soda Solvay (Na_2CO_3). Estos productos finales tienen una gran número de aplicaciones industriales” (<http://cyt-ar.com.ar/cyt-ar>). Actualmente se producen en el bajo unas 600.000 t anuales de sal.

Todo esto implica un estudio detallado de lo que se obtendría (energía) y lo que se perdería (sal) y las implicancias de este posible cambio, en particular para la producción de Alpat, la planta de soda solvay localizada en San Antonio Oeste.

4.2 Población existente en la zona. Viviendas

El proyecto impactará en otro tipo de infraestructura existente como ser viviendas (crianceros), ductos y caminos que atraviesan lo que sería el futuro lago a construir. Por todo esto será necesario realizar una aproximación más certera a fin de evaluar la viabilidad de este proyecto desde el punto de vista ambiental y económico.

5. Propuesta de análisis y evaluación de la Factibilidad

5.1 Factibilidad

Tal lo presentado en los apartados anteriores, las principales características de este emprendimiento son:

- importante superficie y volumen de energía involucrada en su implementación.
- novedad específica referida a la fuente de energía a utilizar –mareas- y el procedimiento para la concreción de la transformación.
- fuerte impacto ambiental
- generación de un debate multi y transdisciplinario alrededor de la posibilidad de concretar el emprendimiento.

Lo antes dicho, convierte a este proyecto en una problemática de altísima complejidad, con variedad de información en cuanto a cantidad y calidad.

Analizar la factibilidad de construir lo proyectado, para luego evaluarla hace necesario contar con un equipo interdisciplinario de expertos en las distintas áreas que abarca el proyecto. Por otro lado, se deben incorporar las opiniones de los distintos representantes de los sectores sociales, políticos y gubernamentales involucrados en él.

Pensamos a la Factibilidad como la variable en estudio y evaluación, la cual es de valor lingüístico que podrá tomar valores tales como: alta, baja, mediana o cualquier valor intermedio que serán representados con la variable básica x [3] (Figura 4). Los modelos matemáticos basados en la matemática bivalente no permiten expresar las gradualidades y contenido de variables con estas características. Definiendo una escala, eventualmente, se podría convertir las calificaciones en números. En la búsqueda de una herramienta apropiada, la Teoría de Conjuntos Borrosos (TCB) ha mostrado ser una herramienta eficaz a la hora de representar y operar de manera adecuada, completa y racional con este tipo de variables [3] [9]. Así definida la variable Factibilidad, se puede destacar su amplio contenido conceptual y poca precisión.

Necesitamos ahora enfocar un poco más el problema y eso nos llevará a buscar elementos o información con un grado de precisión mayor. Recordamos aquí que pueden existir (y de hecho es casi seguro que existirán) distintas posturas desde el punto de vista político-social-económico-técnico. Necesitamos poder representar esta diversidad también. La TCB además permite construir conjuntos borrosos cuya estructura represente las distintas posiciones mencionadas. Estas se observarán en los distintos asentimientos asignados (sustentos, μ surgidos de evidencias disponibles en la jerarquía [3] [7] [9]. Ver Figura 4. Estos conjuntos borrosos serán verdaderos indicadores de los cuales la variable Factibilidad depende y que poseen un grado de precisión mayor que ella.

5.2 Algoritmos de Cálculo

Para evaluar la Factibilidad se definirán indicadores que abarcan tres aspectos del emprendimiento:

- ✓ Ambientales
- ✓ Sociales
- ✓ Económicos – Financieros

Cada indicador será analizado mediante componentes arregladas jerárquicamente con una concepción holística, la que surgió de la observación de los sistemas biológicos [8]. Tomando este modelo de representación, en el que cada componente, el holón, es “parte” y “todo” según como se lo analice, los sistemas son estructurados jerárquicamente en niveles [10] [11] [12] [13]. En niveles superiores se ubican los de mayor envergadura conceptual y menor precisión. Descendiendo a niveles inferiores se encuentran los holones más precisos y menos conceptuales. En la Figura 4 puede observarse que los holones “Generación de Energía” y “Emprendimientos Productivos” pueden ser vistos como partes de Factibilidad y al mismo tiempo como el todo de los holones inferiores a ellos.

Un grupo de expertos multidisciplinario participa en la construcción de la estructura jerárquica, que constituirá un mapa detallado de todos factores que inciden sobre los indicadores en los que se basará la variable Factibilidad [11] [14], como muestra la Figura 4.

Las distintas componentes evalúan aspectos del indicador que favorecen la construcción del emprendimiento y también los que no la favorecen.

Utilizando evidencias disponibles, cuanto más baja en la jerarquía se la considera más “objetiva”, se analizarán y evaluarán las distintas componentes que definen los indicadores.

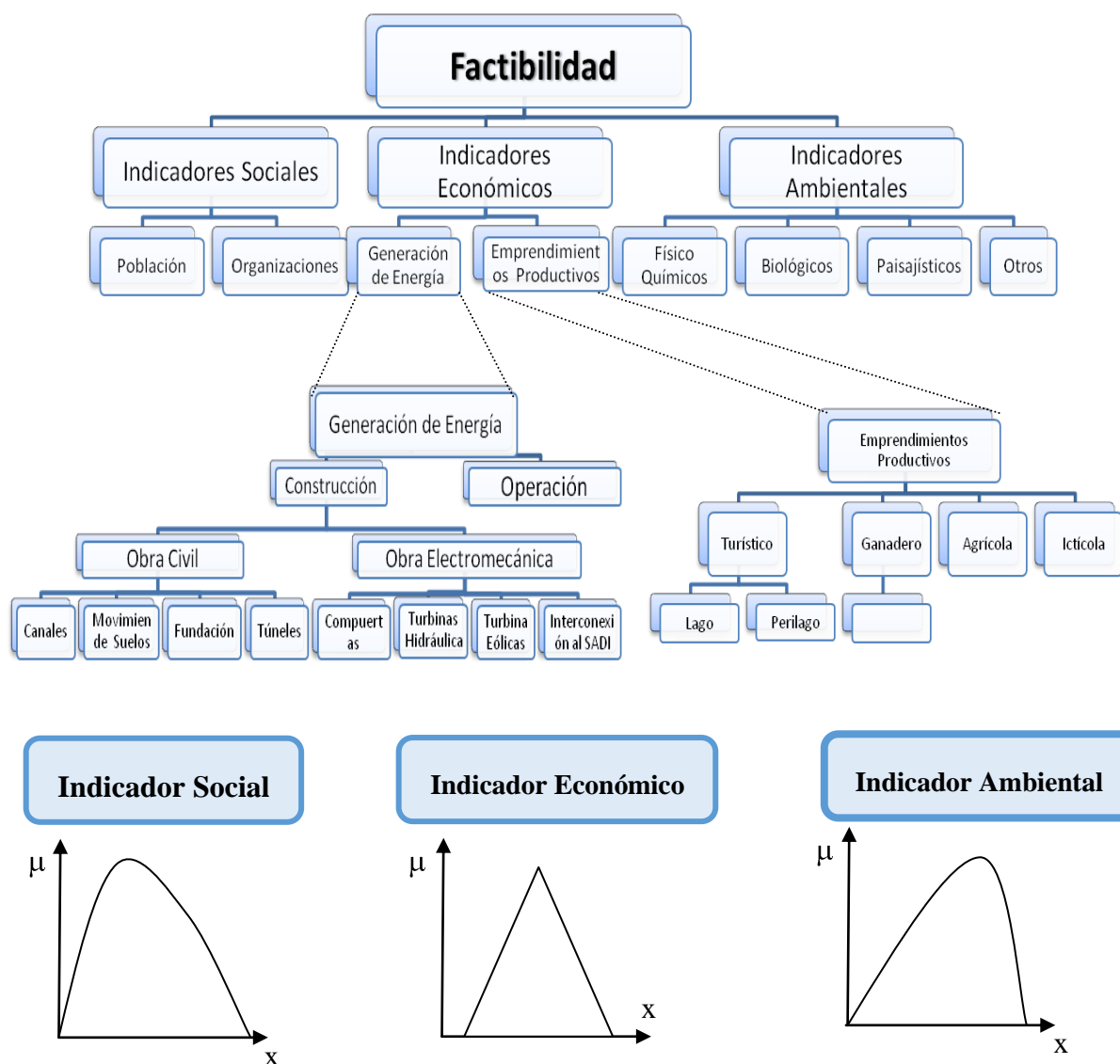


Figura 4. Árbol Jerárquico Holístico – Calificación de los Indicadores

La información disponible podrá ser numérica o no, inclusive de origen estadístico o proveniente de opiniones de expertos. La TCB permite transformar toda esta información en conjuntos borrosos y operar con ellos [3] [7] [9] [14].

Cada indicador en sí mismo tendrá valoración positiva (a favor) y negativa (desfavorable), un planteo borroso permite representarlos numéricamente.

Por ejemplo, existen componentes en el indicador ambiental, que mejorarían con la construcción del emprendimiento y a la vez otros componentes se verían desfavorecidos. Un balance de cada uno de ellos permite toma de decisiones con mayor información y racionalidad.

Como resultado del análisis de factibilidad se obtendrán tres conjuntos borrosos, que califican los tres indicadores elegidos. Figura 4.

En base a la cardinalidad del CB y una operación de filtrado (filtro diseñado por el conjunto de expertos de todas las disciplinas involucradas) se podrá caracterizar el resultado obtenido y

utilizarlo en un proceso de toma de decisiones sobre la factibilidad del emprendimiento [3] [9].

6. Conclusiones

Mediante la construcción de canales y túneles se proyecta la instalación de equipos de generación eléctrica por corrientes marinas, en la depresión natural de Bajo del Gualicho, Río Negro, Argentina. Este emprendimiento implica el manejo de un volumen importante de espacio geográfico, energía y recursos económicos. Naturalmente esto provocará también un gran impacto en el medio ambiente donde se proyecta la instalación. Argumentos técnicos, políticos, sociales y económicos deberán debatir sus posturas sobre la conveniencia o no de materializar este emprendimiento.

Un emprendimiento de esta magnitud y complejidad requiere de amplios consensos y que cada posición pueda argumentar de manera objetiva sus posturas y estas se vean reflejadas en el conclusión final.

Buscando integrar y tener en cuenta toda la información disponible y las distintas posturas, se diseñó un procedimiento holístico para analizar y posteriormente evaluar la factibilidad de materialización del emprendimiento.

El procedimiento elabora un árbol jerárquico utilizando expertos de cada una de las disciplinas y mediante conjuntos borrosos se califican las distintas componentes de los indicadores que describen la factibilidad el emprendimiento.

El procedimiento diseñado permite integrar de manera sencilla y racional información de distinto tipo y calidad.

En el resultado obtenido se pueden visualizar y cuantificar las distintas posturas así como también las evidencias objetivas que llevaron a la construcción de la calificación obtenida.

En etapa de investigación están los procedimientos tendientes a conectar estos valores obtenidos con un proceso de toma de decisiones, socialización de la propuesta y resolución de problemáticas que no queden aun saldadas cuando se apruebe la factibilidad.

7. Referencias

- [1] INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, (2003) Manuales y plancheta 642/13. Datos geográficos de Argentina
- [2] SERVICIO DE HIDROLOGÍA NAVAL, (2014) Reporte y tabla de Mareas de la Argentina,
- [3] KLIR G., YUAN B. (1995) - *"Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications"* Ed. Prentice Hall.
- [4] BERTANI, L. LABRIOLA, C: (2014) Proyecto Nacional Enrique Mosconi,; *"Aprovechamiento Energético del Bajo del Gualicho"*. Informe final de proyecto, aprobado por el Estado Nacional, 2015.
- [5] BERTANI, L. LABRIOLA, C, MARCHEGIANI A.; AUDISIO O (2016). *"Centrales Eléctricas Maremotrices mediante "albuferas" artificiales en Argentina"*, 3º Simposio Internacional de Energía Oceánica de América del Sur, Facultad Regional Buenos Aires, UTN, CABA

- [6] GRUPOS DE INVESTIGACIÓN GES, GIV y LAMHI (2016) “*Centrales Eléctricas Mareomotrices mediante “albuferas” artificiales en Argentina*”, Emprendimiento multipropósito en la Provincia de Río Negro: Propuesta de la Universidad del Comahue al Gobierno de la Provincia de Río Negro.
- [7] BIGNOLI, A. FERRARIS I., DE LA CANAL M. (2002) - “*La Incertidumbre en el Ejercicio Profesional de la Ingeniería*” Editorial Alsina
- [8] KOESTLER, A (1967) “*The Ghost in the Machine*” Ed. Arkana
- [9] ROSS, T. (1995) - “*Fuzzy Logic with Engineering Applications*”, Ed. Wiley
- [10] FERRARIS I., DE LA CANAL M., (2006) - “*Vulnerabilidad del Contexto de una Obra de Ingeniería: Análisis y Evaluación desde una Perspectiva Borrosa*” - XIX Jornadas AIE - Mar del Plata.
- [11] FERRARIS I., DE LA CANAL M., (2012) – “*Risk Analysis in Engineering Facilities- A Holistic Approach*” Proceedings of the 1st International Symposium on Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling, Brazil p. 409-423
- [12] DE LA CANAL M., FERRARIS I., (2013) – “*Risk Analysis Holistic Approach as a Base for Decision Making under Uncertainties*” - Prognostics and System Health Management Conference, PHM-2013, Milan, Italy
- [13] FERRARIS I., DE LA CANAL M., LABRIOLA C., BERTANI L. (2015)- “*Sistemas No Convencionales de Potencia: Análisis de la Vulnerabilidad del Entorno*” CLAGTEE 2015 - XI Latin-American Congress Electricity Generation and Transmission. São José dos Campos. Brasil
- [14] COOKE R., (1991) - “*Experts in Uncertainty*” Oxford University Press, New York.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

GESTION DE RESIDUOS EN EL SECTOR METALMECANICO DE LAS PYMES EN LA CIUDAD DE CAMPANA

Jorge Raúl Parente 1, U.T.N Facultad Regional Delta, parentej@frd.utn.edu.ar

Luis Nuncio Leanza 2, U.T.N Facultad Regional Delta, bosania@frd.utn.edu.ar

Giuliana Micaela Haag 3, U.T.N Facultad Regional Delta, giulianahaag@gmail.com

Maria Belén Rodrigues 4, U.T.N Facultad Regional Delta, belirodrigues21@gmail.com

Resumen— Se realizó un primer relevamiento de las industria Pymes radicadas en la ciudad de Campana y se observó que el rubro que predomina corresponde al sector metalmecánico, lo que nos llevó a fijarnos como objetivo de este Proyecto de Desarrollo Sostenible, caracterizar cualitativamente los residuos generados y estudiar si se podrían poner en marcha medidas que supusiesen el aprovechamiento de los mismos. En primer término se mantuvo vinculación con la actividad privada a los efectos de difundir el proyecto, solicitando información del tipo de residuos generados. Con los resultados del diagnóstico, se establecieron recomendaciones y estrategias para su manejo, basados en buenas prácticas de producción y reutilización de los desechos generados. También se realizó un relevamientos de empresas tratadoras y recuperadoras de residuos en la zona de Zárate y Campana. Se continuará trabajando en la elaboración de una guía para la gestión y manejo integral de residuos en la industria metalmecánica que será transferido a las Pymes y en el apoyo al grado de nuestra Facultad en aquellas asignaturas que en su programa contemplan la preservación del ambiente.

Palabras clave— *Empresas Pymes, Metalmecánicas, Medio Ambiente, Tratamiento de Residuos.*

1. Introducción

La totalidad de las industrias, independientemente del tamaño que posean, deben cumplir con la legislación ambiental que rigen a sus procesos productivos. Por lo que un manejo responsable de sus residuos, no solo evitará costosas multas sino que también evitara riesgos en la salubridad pública. Otro factor positivo a tener en cuenta es que actualmente se están desarrollando normas que sostienen que un correcto manejo de los residuos aumenta la productividad y competitividad de las empresas obteniendo de esta manera un beneficio económico y una mejor imagen pública.

Antes de continuar, es importante definir dos términos que parecen de manera recurrente en este trabajo.

RESIDUO O DESECHO: Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o

depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

RESIDUO O DESECHO ESPECIAL: Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se consideran residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Si bien existen diversas técnicas para el manejo y tratamiento de los residuos generados por las empresas, no solo basta contar con la tecnología necesaria, sino que además se requiere gran compromiso por parte del personal y de las máximas autoridades.

El tratamiento de residuos no es algo que se realiza una única vez, es algo que debe permanecer en el tiempo realizando mejoras continuas.

El reducir al mínimo los residuos generados genera una serie de ventajas:

- Evita la disminución de la mayoría de las fuentes no renovables.
- Disminuyen el consumo energético utilizado para el tratamiento de los residuos.
- Disminuye los costos de recogida, separación, almacenamiento, transporte, y tratamiento.
- Evitamos la presión pública y legislativa.
- Aumenta el rendimiento de la empresa.

Los objetivos que nos planteamos fueron:

- Realizar un relevamiento de empresas Pymes de la ciudad de Campana agrupadas por categorías.
- Determinar cuál es el rubro predominante y que residuos generan.
- Plantear estrategias viables de prevención y minimización.

2. Materiales y Métodos

La ciudad de Campana cuenta con empresas e importantes grupos industriales, debido a esto también cuenta con la radicación de Pymes que proveen de insumos a las mismas. Esto provoca una mayor generación de mano de obra en la zona. Por tal motivo es de gran importancia no solo el desarrollo industrial para el crecimiento y desarrollo socio económico poblacional, sino que es de suma importancia el control del impacto ambiental que estas industrias generan.

La problemática ambiental que generan los residuos no se evita únicamente realizando una correcta gestión de los mismos, es necesario minimizar su generación desde el inicio del proceso productivo. Será bueno aplicar el principio de que el mejor residuo es aquel que no se genera.

Para abordar este proyecto lo primero que se realizó fue un relevamiento de las industrias Pymes de primera y segunda categoría según la Ley de Radicación Industrial de la Provincia de Buenos Aires [1], obteniéndose los siguientes resultados:

De un total de 125 empresas Pymes, 55 corresponden a primera categoría y 70 a segunda categoría. En la Figura 1 se observa el porcentaje que corresponde a cada categoría industrial.

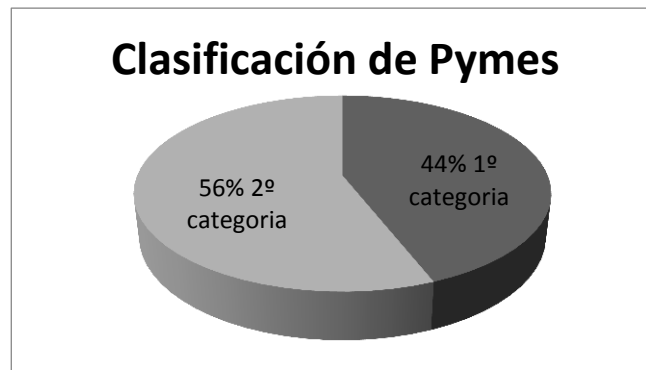


Figura 1. Empresas categorizadas
Fuente: Elaboración propia

Luego se agrupó a las empresas por actividades y se determinó que el rubro mayoritario corresponde a empresas Pymes del sector metalmecánico con aproximadamente un 30 %. En la Figura 2 se presentan los distintos rubros con el porcentaje correspondiente.

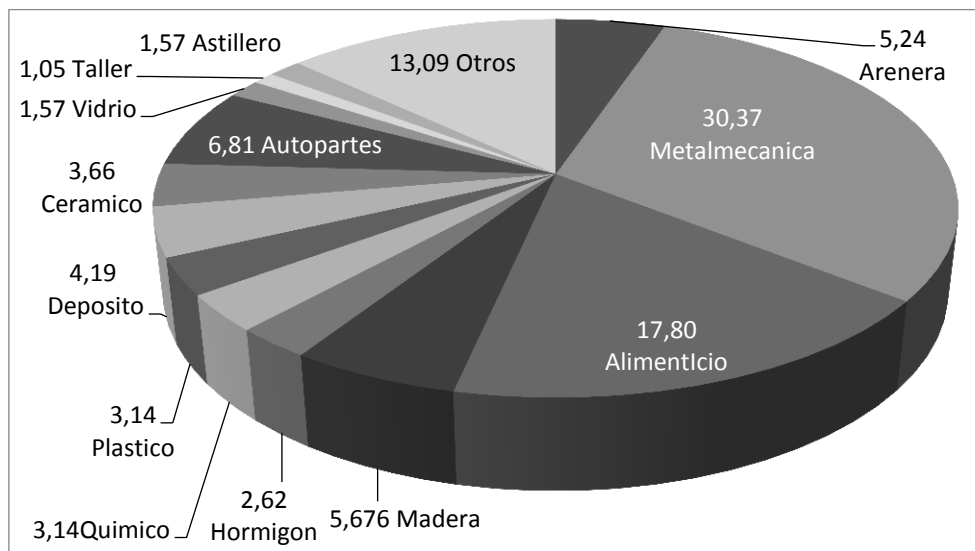


Figura 2. Porcentaje de Empresas Pymes por rubros
Fuente: Elaboración propia

El sector metalmecánico abastece las industrias manufactureras destinadas a la fabricación, reparación, ensamble y transformación del metal. Interviene en la elaboración de una amplia gama de productos y servicios indispensables para el desarrollo de la sociedad, que van desde la transformación del hierro, acero, aluminio y otros metales no ferrosos, hasta su uso en grandes construcciones, producción de máquinas y equipos (tanto industriales como domiciliarios).

Una vez efectuado el relevamiento se propuso realizar una encuesta a las industrias metalmeccánicas sobre los distintos tipos de residuos, cantidad generada de los mismos, y el destino final que poseen.

Para ello se eligieron diez empresas de manera de tener información que represente el rubro predominante, y se realizaron visitas, en horas laborales, acompañados por supervisores que permitieron describir la situación actual de las mismas. Se analizó el proceso desde el ingreso

de las materias primas hasta la elaboración final de los productos. Se analizaron los datos ambientales y formas de tratar los desechos generados.

Los residuos comunes que se relevaron en estas industrias fueron los siguientes:

- Residuos de embalajes
- Detergentes
- Aceites
- Fluidos de corte
- Disolventes de limpieza
- Chatarra, virutas y material férreo
- Material de esmerilado
- Trapos y papeles sucios
- Latas de pinturas

3. Resultados y Discusión

En cuanto a la disposición final de residuos especiales que no son reutilizables o reciclables, hemos concluido que el proceso más utilizado, principalmente por la industria metalmeccánica, es la incineración.

Dentro de los compuestos más comunes incinerados por este rubro podemos mencionar aceites, refrigerantes, lubricantes, papel, estopa, aserrín y trapos impregnados con compuestos volátiles utilizados para el mecanizado de las piezas metálicas. La Tabla 1, presenta algunos operadores de residuos especiales autorizados por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, en la zona Zárate – Campana.

Tabla 1. Operadores de residuos especiales

Razón Social	Planta	Tecnología a utilizar
Ambiensa Servicios S.A.	Zárate	D9- Tratamiento fisicoquímico no especificado en otra parte, que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminan mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A (por ejemplo evaporación, secado, calcinación, etc.). R1- Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía. R2- Recuperación o regeneración de disolventes.
Ambiental Campana S.A.	Zárate	D15- Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A. D9 5- Tratamiento físico-químico: Secado. R1 1- Operación de recuperación para su utilización como combustible. Estado LÍQUIDO. D14 5- Reempaque con anterioridad a las operaciones indicadas en la sección A. R13 1- Almacenamiento.
Carmocal S.A.	Campana	D14 6- Reempaque: Lavado y Recuperación de tambores y/o bins y/o recipientes plásticos.
Eittor S.A.	Zárate	D14- Reempaque con anterioridad a las operaciones indicadas en la sección A. R1 1- Operación de recuperación para su utilización como combustible. Estado LÍQUIDO.

Hera Ailenco S.A.	Zárate	D5- Rellenos especialmente diseñados (por ejemplo vertidos en compartimientos estancos, separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente, etc.). D10- Incineración en la Tierra. D9 6- Tratamiento físico-químico: Estabilización. D9 7- Tratamiento físico-químico: Declorinación de PCB.
Landnort S.A.	Campana	D2- Tratamiento de la tierra (por ejemplo biodegradación de desperdicios líquidos o fangosos en suelos, etc.).
Qualita Servicios Ambientales S.A.	Campana	D5- Rellenos especialmente diseñados (por ejemplo vertidos en compartimientos estancos, separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente, etc.). D15- Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A. R5- Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas D9 6- Tratamiento físico-químico: Estabilización D14 3- Reempaque: Perforado y tratamiento de aerosol. R13 1- Almacenamiento.
Recovering S.A.	Campana	D5- Rellenos especialmente diseñados (por ejemplo vertidos en compartimientos estancos, separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente, etc.). D10- Incineración en la Tierra. D15- Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A. D9 6- Tratamiento físico-químico: Estabilización. R1 1- Operación de recuperación para su utilización como combustible. Estado LÍQUIDO. R1 2- Operación de recuperación para su utilización como combustible. Estado SÓLIDO. R13 1- Almacenamiento.

Fuente: OPDS (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible)

Hoy día hay diversidad de empresas que tienen interés comercial, industrial o sanitario para la adquisición de residuos, por ello es conveniente establecer contactos con ellas y negociar aspectos como: precios y frecuencia de recolección.

El Comité Ambiental Municipal de la ciudad de Campana aprobó, en diciembre de 2013, el Proyecto de Formalización de Recuperadores cuyo objetivo fue legitimar la actividad del recuperador informal, valorizando de esta manera su rol en la gestión integral de los Residuos.

Como resultado de este relevamiento, se han encuestado a 100 recuperadores que realizan la actividad con diferentes tipos de transporte.

“En la zona se identificaron nueve depósitos de materiales reciclables, de los cuales cinco son polirubros o generalistas, es decir compran chatarra u uno sólo se dedica a papeles y cartón. En cuanto a las trayectorias laborales de sus referentes, cinco operan hace más de cuarenta años en el sector; algunos con intermitencia y cambios de locación y municipio. Algunos depósitos combinan la actividad de recepción y acopio, con la de fletero, transportando mercadería de distintos rubros” [2].

La gran mayoría de los desperdicios metálicos son reutilizables, incluso los lubricantes, desengrasantes y refrigerantes, después de su tratamiento.

La prevención de la contaminación para los fluidos de trabajo debe ser practicada siempre que sea posible. Históricamente, se tendía a disponer los líquidos enfriamiento o líquidos de trabajo tan pronto como mostraran signos de suciedad o disminuyeran su eficiencia. Un programa completo de manejo puede, en teoría, prolongar indefinidamente la vida de estos fluidos [3].

El reciclaje de los metales contribuye significativamente a recuperar parte de la inversión y sobre todo a no empeorar el entorno medioambiental. Al reciclar chatarra, se reduce la contaminación de agua, aire y suelo. Así mismo, por ejemplo, reciclar aluminio reduce el 95 por ciento la contaminación del aire, ahorra el 90 por ciento de la energía consumida al elaborarlo y contribuye a la menor utilización de energía eléctrica, en comparación con el procesado de materiales vírgenes.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las empresas del rubro presentan deficiencias en el manejo de sus desechos desde la etapa de acumulación. En esta etapa, mezclan desechos especiales con ordinarios, no se manejan recipientes con la rotulación apropiada ni se realiza una inspección periódica, entre otras deficiencias.

Los principales contaminantes del rubro metalmecánico son de estado líquidos y están asociados a los compuestos químicos que contienen los fluidos de trabajo y la contaminación por la operación de los mismos. La etapa de manejo más frecuente en la cual se encuentran es la de almacenamiento en espera de un tratamiento.

En la Ley Provincial de Residuos Especiales [4], existen recomendaciones sobre el almacenamiento de los residuos peligrosos de acuerdo con sus incompatibilidades, las cuales no necesariamente se siguen en las actividades de acumulación y almacenamiento de las empresas.

El transporte de residuos especiales se realiza por parte de la mayoría de las empresas cumpliendo con la legislación nacional vigente.

Varias empresas nos comentaron las dificultades para tratar sus residuos especiales, ya que por su pequeño volumen de residuos generados es más costoso el flete que el tratamiento de los residuos y los tratadores no quieren realizar el retiro de pequeñas cantidades.

“El Art. 49 de la Ley de Residuos Especiales, dice: Los municipios podrán, con intervención de la Autoridad de Aplicación y el Consejo Regional respectivo (Ley 11.459), celebrar acuerdos a fin de establecer plantas de almacenamiento comunes con una compensación económica a favor del municipio que la tuviere radicada” [4] . Esto podría dar solución al punto anterior, permitiendo aplicar los beneficios de la cooperación entre empresarios para el aprovechamiento de sus residuos, contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

Nuestra recomendación a nivel general, es la implantación de un sistema de gestión ambiental, asignando responsabilidades y estableciendo los procedimientos de actuación.

“Sin embargo, a pesar del éxito que pueda tener un programa o una gestión adecuada de residuos, no se debe nunca dar por terminado. No es un programa para una sola vez, sino debe ser continuado. Por tanto se deberían realizar mejoras constantes y buscar nuevos métodos de reducción de residuos” [5].

En la Tabla 2, se presentan las acciones propuestas para el manejo de residuos.

Tabla 2. Propuestas para el manejo de residuos en la industria metalmecánica

Manejo de Residuos	Acción
Metal de chatarra (Los chatarreros a menudo recogen la chatarra, gratuitamente o pagando un precio bajo)	Buscar alternativas de comercialización de la chatarra.
Envases	Usar el envase varias veces, esto reduce costos. Arreglar con el proveedor la devolución de los mismos.
Papel	Minimice el uso de papel en oficina
Trapo y estopa	Prefiera usar papel y no trapo al realizar la limpieza. Se genera menos kg de producto absorbido que compensa el gasto del papel.
Aceites y refrigerantes	Elegir con el proveedor el material más adecuado para minimizar los riesgos y optimizar el producto. Mantenga los aceites y refrigerantes lo menos contaminados posibles, libres de agua, sólidos u otros contaminantes.
Almacenamiento	Espaciar los contenedores para facilitar su inspección. Mantener las distancias entre productos químicos incompatibles.
Minimización	Plan de minimización de la cantidad de los residuos.
Prevención de fugas y derrames	Facilitar la inspección visual, siendo conveniente que los bidones metálicos se aislen del suelo por medio de tarimas de madera, evitando la corrosión por humedad. Inspecciones rutinarias. Mantenimiento preventivo en tanques e instalaciones. Disponer de bateas contención derrames y material absorbente.
Hojas de Seguridad	Hojas de seguridad para los diferentes tipos de residuos generados en la empresa.
Capacitación	Plan de capacitación a todo el personal en Gestión Residuos.
Plan de contingencia	Disponer de plan contingencia.

Fuente: Elaboración propia

Se continuará trabajando en la elaboración de una guía para la gestión y manejo integral de residuos en la industria metalmecánica que será transferido a las Pymes y en el apoyo al grado de nuestra Facultad en aquellas asignaturas que en su programa contemplan la preservación del ambiente.

5. Referencias

- [1] Ley 11459 (1993). De Radicación Industrial. Provincia de Buenos Aires.
- [2] PABLO SHAMBER Y FRANCISCO SUAREZ, (2014). Informe Relevamiento de depósitos de materiales reciclables y de recuperadores urbanos de Campana. Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. p.15.
- [3] Ohio EPA (1993). Extending the Life of Metal Working Fluids. Fact Sheet - Number 11, March Pollution.
- [4] Ley 11720 (1995). De Residuos Especiales. De generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento, y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires.
- [5] KIELY, G (1999). Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Mc Graw-Hill. Capítulo 18. Minimización de residuos. pp. 1109.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

INFLUENCIA SOBRE LA RED ELÉCTRICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED (SFVCR) EN LA SEDE PARQUE INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS DE LA UNSE

Ana Irene Ruggeri, Depto de Electricidad FCEyT - UNSE, aruggeri@unse.edu.ar

Carlos Ramón Juárez, Depto de Física y Química FCEyT - UNSE,
jucarlosram@yahoo.com.ar

Roberto Enrique Pinto, Depto de Electricidad FCEyT - UNSE,
robertoepinto@yahoo.com.ar

Resumen— El presente trabajo se refiere a la evaluación de la calidad de la energía eléctrica en la sede Parque Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE, la cual tiene instalada un SFVCR de 4,6 kWp, en una de sus fases. Se analiza el contenido armónico de la fase, el factor de potencia de la instalación y la influencia del SFVCR en la misma, comparando el comportamiento de la red eléctrica interna en días de gran aporte de energía fotovoltaica, y en días con el sistema desconectado.

Los resultados sugieren un efecto de reducción del factor de potencia cuando el mismo es visto desde el punto de vista de la red en horas de gran radiación solar y la correspondiente generación del sistema fotovoltaico. Este efecto se hace más notorio cuando la generación del SFVCR es comparable con la potencia instalada en la fase donde se encuentra conectado el generador fotovoltaico. También se aprecia la influencia, en el contenido de y tipo de armónicos, del inversor del SFVCR. Se establece la necesidad de acciones que tiendan a corregir estos efectos indeseados, de manera de cumplir con los valores establecidos por norma. El sistema se encuentra en constante monitoreo tendiente a obtener más datos sobre su comportamiento y profundizar este análisis.

Palabras clave— *Calidad de la energía, factor de potencia, armónicos, SFVCR.*

1. Introducción

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación Impacto de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red de Energía Eléctrica en Áreas Urbanas, el cual se viene desarrollando desde el año 2012, y que analiza el aporte de energía de un SFVCR de 4,6 kWp y su influencia en la calidad de la energía de la instalación eléctrica.

El SFV del que se dispone, es un sistema de 4,6 kWp de potencia, conectado a una fase de la instalación eléctrica de la sede Parque Industrial de la FCEyT - UNSE, de acuerdo con el siguiente esquema unifilar.

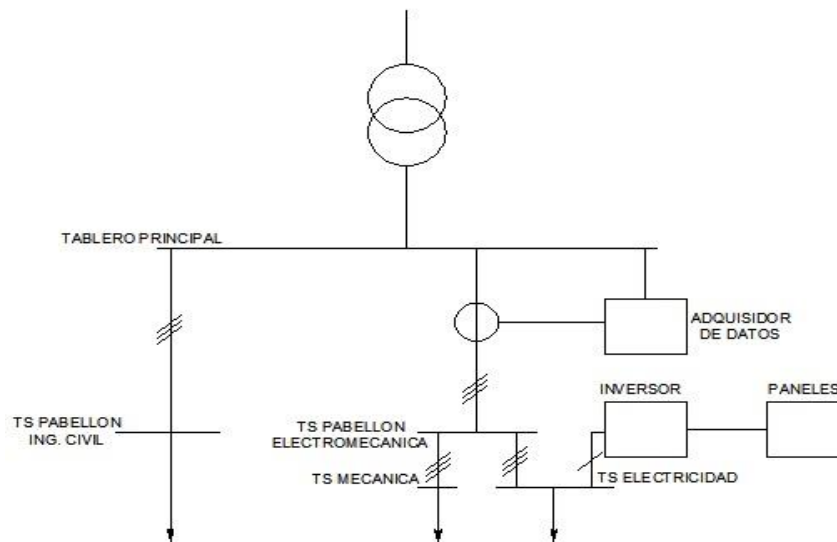


Figura 1. Esquema unifilar de la instalación eléctrica y ubicación del SFV.
Fuente: elaboración propia

En las instalaciones eléctricas se considera que la forma de onda de la tensión suministrada por el proveedor es perfectamente sinusoidal y sobre esa base se diseñan la mayoría de los elementos y aparatos del sistema. Por ello es que los equipos suelen ser muy sensibles a las condiciones técnicas con que se los alimenta (tensión y frecuencia).

La exactitud, calidad, prestaciones y el efectivo servicio que prestan muchos de los elementos y aparatos eléctricos dependen de la calidad de la onda de tensión del suministro. [1].

1.1 Calidad de la energía eléctrica

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Cuatro parámetros pueden servir como referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de la energía:

- Variaciones de frecuencia que raramente ocurren en sistemas alimentados por las compañías suministradoras, siendo más común que se encuentren en sistemas aislados de motor-generator en los que las variaciones de carga provocan variaciones de frecuencia.
- Variaciones de amplitud pueden ocurrir en diferentes formas y rangos de duración que van desde transitorios de muy corta duración hasta condiciones de estado estable.
- Variaciones en la forma de onda de voltaje o corriente producidas por cargas no lineales, denominada distorsión armónica, siendo una condición de estado estable.
- Desbalanceo entre las fases de un sistema polifásico causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan principalmente a máquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos. [2]

Podemos mencionar también el factor de potencia de la carga, puesto que éste indica la eficiencia con que una instalación utiliza la energía eléctrica disponible. En este trabajo se hará enfoque en la distorsión armónica de las ondas de voltaje y corriente, y el factor de potencia.

1.2 Factor de potencia

El factor de potencia se denomina como la eficiencia con que se está utilizando la energía para producir un trabajo útil y se expresa como la relación entre la potencia útil o activa (W), a la potencia aparente (VA) entregada por la empresa distribuidora.

$$FP = \frac{P(W)}{S(VA)} \quad (1)$$

Como toda eficiencia, se busca que esta sea lo mayor posible, por lo que existen normativas que establecen los valores límites que debe tener este indicador, en el caso de los consumidores, debe ser de 0.85. Valores menores a este significarán una penalización al consumidor por parte de la empresa prestataria del servicio.

En condiciones ideales, o sea, cuando se tienen una tensión perfectamente sinusoidal, y cargas lineales, las cuales producen corrientes sinusoidales, el factor de potencia es igual al $\cos\varphi$, siendo φ el ángulo de desfase entre la tensión y la corriente de carga. En la gran mayoría de las instalaciones eléctricas actuales, se encuentran presentes cargas alineales, como ser fuentes conmutadas para equipos de computación y televisión, balastos electrónicos sin filtros, etc. Estas cargas producen variaciones en la forma de onda de la corriente y voltaje, o sea, introducen armónicos, tanto en la tensión como en la corriente.

Entre las causas de bajo factor de potencia se pueden mencionar cargas muy inductivas, como ser iluminación fluorescente, y la distorsión de la forma de onda, mencionada anteriormente.

1.3 Distorsión de la forma de onda por presencia de armónicos

“Una señal periódica tiene armónicas cuando la forma de la onda no es puramente senoidal. Una tensión armónica es una tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación” [1]. Cada múltiplo de la onda fundamental se conoce como orden de la armónica. Cuando las diferentes señales armónicas se suman a la señal fundamental, dan una forma de onda distorsionada. De manera recíproca, podemos decir, que una señal distorsionada puede descomponerse en una señal fundamental y sus armónicas.

La aparición de corrientes armónicas se debe a la presencia de elementos no lineales dentro del sistema, es decir, cuya tensión y corriente instantáneas no están relacionadas linealmente. Las armónicas son originadas por fuentes conmutadas (televisores, computadoras, hornos de microondas, etc.), fluorescentes con balastos electrónicos, entre otros, elementos que están presentes en todas las instalaciones eléctricas actuales.

Los efectos que producen la presencia de estas perturbaciones son, fundamentalmente:

- La sobrecarga del conductor neutro en instalaciones trifásicas (esto debido a la presencia de armónicas de secuencia cero u homopolar, las cuales se suman en este conductor).
- El aumento de resistencia efectiva de los cables, debido a los efectos pelicular o skin y proximidad, los cuales aumentan con la frecuencia.

Actuaciones accidentales de las protecciones por sobrecalentamientos de los termomagnéticos y por el incremento de la resistencia.

Según Pinto [1], “las normas internacionales establecen tasas individuales para cada armónico, cuya probabilidad de no ser sobrepasadas debe ser del 95% como mínimo”.

También se establece la tasa de distorsión total en forma de porcentaje respecto de la componente fundamental, en la cual se tiene en cuenta hasta la armónica de orden 40 [1]

$$\text{TDT}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} U_i^2}}{U_1} * 100 \quad (2)$$

$$\text{TDI}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} I_i^2}}{I_1} * 100 \quad (3)$$

Para instalaciones de BT, el valor de TDT no debe superar el 8% [1].

2. Materiales y Métodos

La metodología adoptada consiste en realizar mediciones de las principales magnitudes eléctricas (tales como tensión, corriente, potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia, nivel de armónicos), a través de la instalación de un sistema de información con un adquisidor de datos (Circutor Modelo BDM CVM, [3]), en la fase en la cual está conectado el Sistema Fotovoltaico (SFV). Asimismo se utilizaron valores obtenidos de la central meteorológica y del inversor del sistema (Inversor Protect PV 4600 de AEG[4], Central meteorológica Davis Vantage Pro [5]), como radiación solar (W/m^2), y potencia generada por el sistema (W).

Estas mediciones fueron realizadas desde marzo a diciembre del año 2015 y se tomaron dos días típicos, uno con el SFV conectado y otro con el SFV desconectado de la red. Se buscó que la nubosidad diaria haya sido la menor posible, de manera que el SFV esté funcionando en plenitud y se observe con claridad su influencia.

3. Resultados y Discusión

3.1 Factor de potencia

Observaremos el comportamiento del sistema durante dos días, en uno de los cuales el SFV está conectado (21 de agosto), y en el restante (26 de agosto) está desconectado.

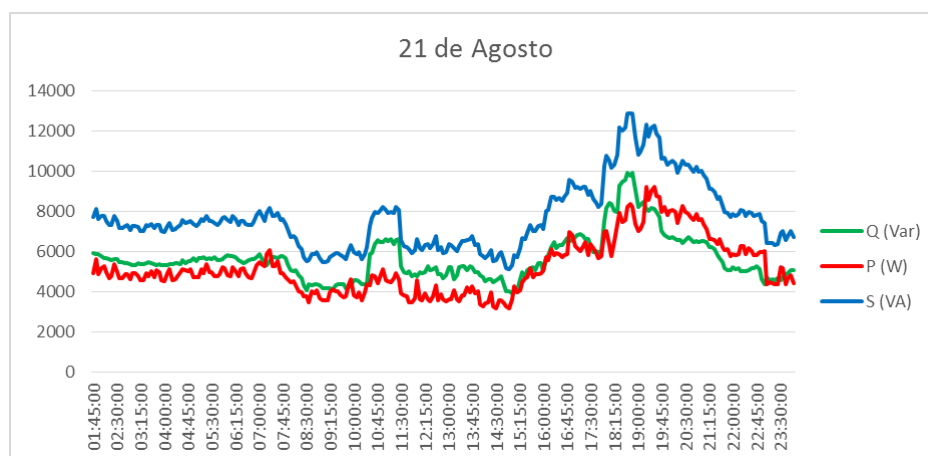


Figura 2. Potencias diarias 21 de agosto con SFV conectado.
Fuente: elaboración propia

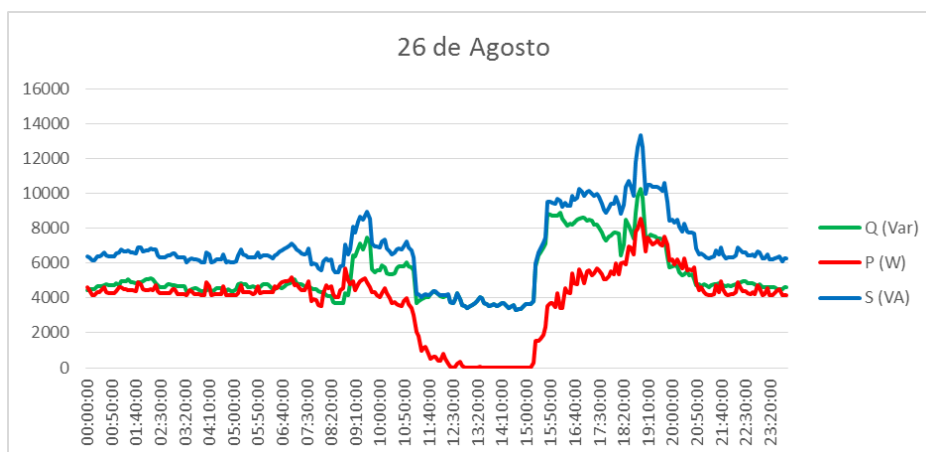


Figura 3. Potencias diarias 26 de agosto con SFV desconectado.

Fuente: elaboración propia

En los gráficos anteriores se observa claramente como hay una gran demanda de potencia reactiva, el día 26 de agosto se ve claramente como desde aproximadamente las 11 hs hasta las 15.30 hs, toda la demanda exterior de potencia de la fase analizada es reactiva, y la suministra la red. La potencia activa demandada en este lapso es totalmente suministrada por el SFVCR.

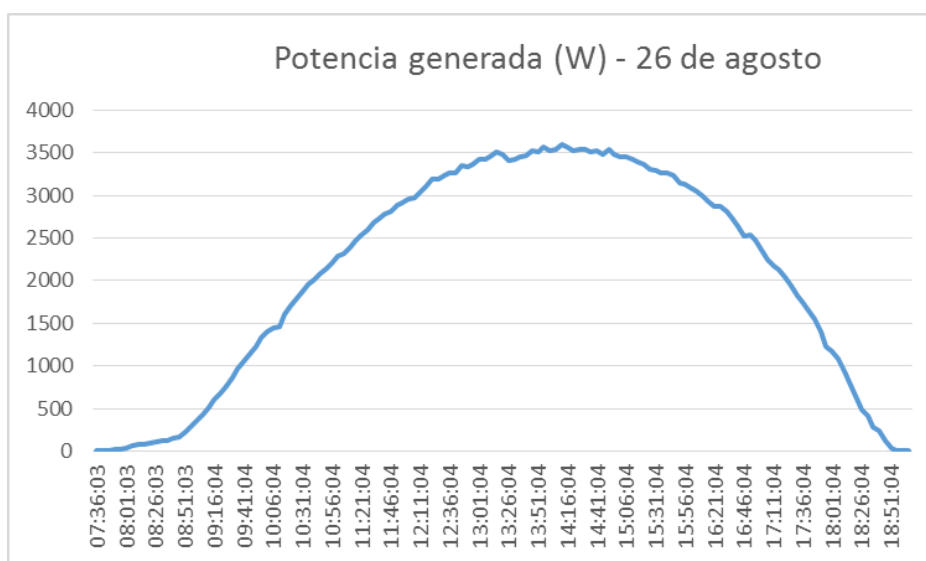


Figura 4. Potencia generada (W) – 26 de agosto

Fuente: elaboración propia

Dicho comportamiento se traduce claramente en los gráficos de factor de potencia, los que siguen a continuación.

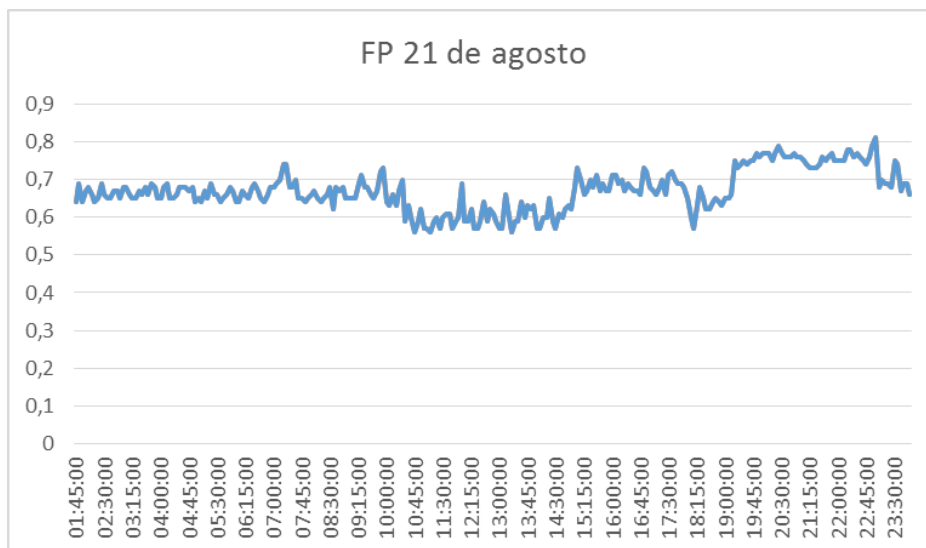


Figura 5. Factor de potencia horario 21 de agosto
Fuente: elaboración propia

El valor medio diario del factor de potencia para este día fue de 0.67.



Figura 6. Factor de potencia horario 26 de agosto
Fuente: elaboración propia

El valor medio del factor de potencia fue de 0.55, aunque se observa que durante las horas de mayos radiación solar, este valor cae a 0 en varias oportunidades.

En el anterior gráfico claramente se ve que a las horas de mayor radiación solar (W/m^2), el factor de potencia de la fase cae abruptamente, hasta alcanzar el valor nulo. Esto se debe a que, como se indicó anteriormente, el SFVCR provee a la instalación en esta fase de toda la potencia activa que se requiere, por lo tanto le demanda a la red únicamente potencia reactiva. En estas condiciones esta fase se comporta como un inductor.

Tal situación provoca la caída del factor de potencia medio mensual, que es la relación entre la energía activa mensual (kWh) y la energía aparente mensual (kVAh).

$$FP_{\text{mensual}} = \frac{EP(\text{kWh})}{ES(\text{kVAh})} \quad (4)$$

Ya de por si bajo.

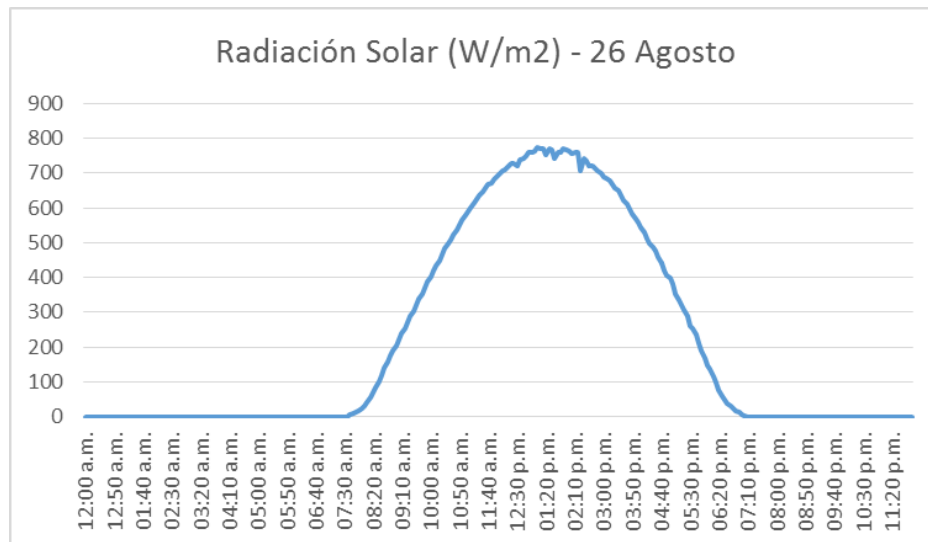


Figura 7. Radiación solar (W/m²) 26 de agosto
Fuente: elaboración propia

3.2 Contenido de armónicos

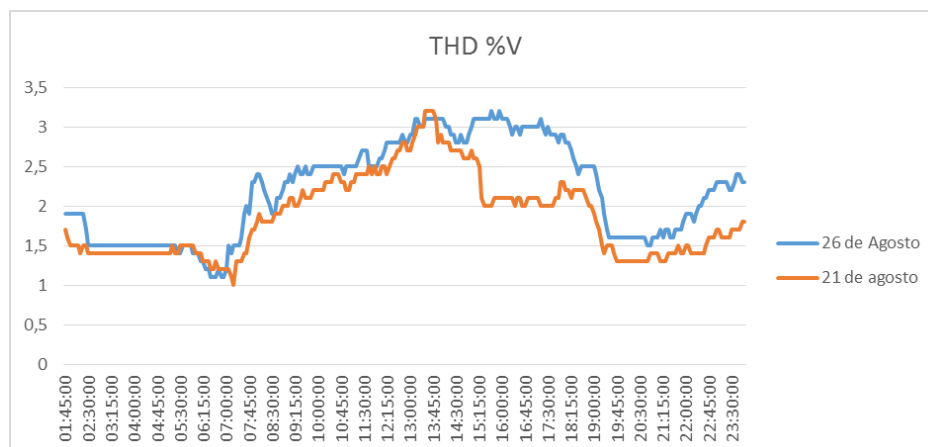


Figura 8. THD % V para ambos días
Fuente: elaboración propia

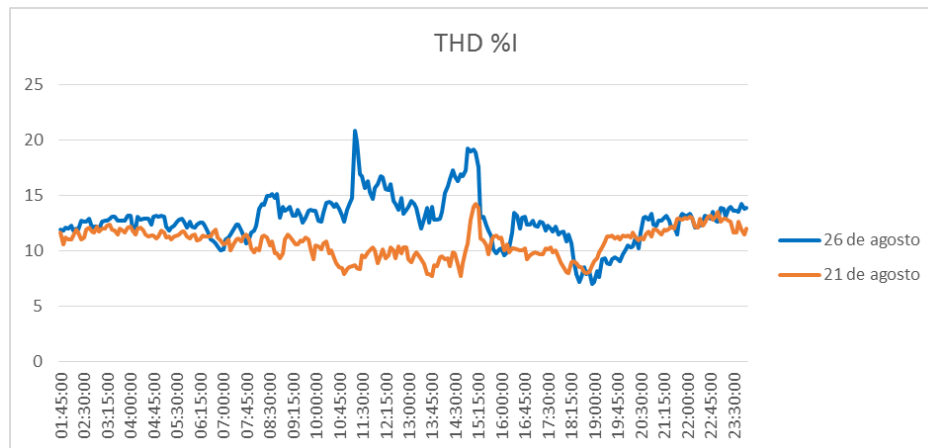


Figura 9. THD% I para ambos días
Fuente: elaboración propia

En ambos casos se observa la influencia del inversor, el cual aumenta el nivel del contenido armónico en la señal, de por sí ya fuera de los límites permitidos, ocasionando los inconvenientes antes mencionados.

4. Conclusiones y recomendaciones

El análisis de las gráficas de factor de potencia sugiere que en instalaciones eléctricas, cuyo consumo sea comparable con la potencia generada por el SFVCR, el factor de potencia, desde el punto de vista de la empresa prestataria, se verá muy disminuido, por lo que es probable que se produzcan multas, por trabajar con valores por debajo de los permitidos. Actualmente se está trabajando en el análisis de esta problemática, tendiente a desarrollar un sistema de corrección del factor de potencia y que tenga en cuenta el carácter aleatorio del recurso solar.

En cuanto al contenido armónico, la instalación de por sí ya posee una gran cantidad de armónicas, pero de todas maneras se observa la gran inyección de armónicas que provoca el inversor. Se cree que la influencia es aún mayor, y que estos valores se han visto atenuados por la longitud que hay entre el punto de obtención de estos valores y el punto de conexión del SFV. Queda analizar un sistema de filtros para subsanar este inconveniente. Las mediciones continúan a la fecha.

5. Referencias

- [1] PINTO, R.E. (2000). *Calidad de la Energía Eléctrica*. Córdoba. Ed. Científica Universitaria. 264p.
- [2] <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20Energia.pdf>
- [3] <http://www.davisnet.com/weather/products/vantage-pro-professional-weather-stations.asp>
- [4] <http://circutor.com/es/productos/medida-y-control/analizadores-de-redes-fijos/analizadores-de-redes/serie-cvm-bd-bdm-detail>
- [5] <http://circutor.com/docs/M98153001-01.pdf>

CARACTERIZACIÓN INDUSTRIAL EN UN SECTOR DEL DISTRITO EQUIPAMIENTOS PRODUCTIVOS

Tabella, Julio Antonio, UNaM Facultad de Ingeniería, tabella713@gmail.com

Kolodziej, Sebastián Federico, UNaM Facultad de Ingeniería, kolodz@fio.unam.edu.ar

Cruz, Eugenio Rubén, UNaM Facultad de Ingeniería, cruz@fio.unam.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se llevó a cabo un relevamiento de las industrias localizadas en un sector de la ciudad de Oberá que corresponde, de acuerdo al Plan Regulador, a la zona denominada Equipamiento Productivo. El objetivo fue conocer el potencial impacto ambiental generado en el entorno por las industrias instaladas, con la finalidad de obtener información actualizada que permita establecer una línea base ambiental, la cual servirá como punto de partida para posteriores estudios. Mediante datos brindados por el municipio se identificaron y localizaron las diferentes industrias de la zona de interés en el plano de la ciudad de Oberá, verificando su ubicación geográfica a través del software Google Earth y mediante visitas *in situ*. Posteriormente, se visitaron las industrias y se realizó una encuesta con el fin de determinar la situación actual de sus actividades industriales y su relación con el entorno. Se relevaron un total de 15 industrias de diferentes rubros, principalmente madereras y metalmecánicas. De los resultados obtenidos se aprecia que en general las industrias no llevan controles precisos en lo que se refiere al consumo de recursos y a la generación de residuos, efluentes y emisiones con la consiguiente contaminación que generan.

Palabras clave— *aspectos ambientales; asentamientos Industriales; caracterización industrial.*

1. Introducción

La ciudad de Oberá, fundada en 1928 en el lugar conocido como Yermal Viejo, constituye la segunda ciudad de Misiones, debido a su relevancia social, económica y cultural. Posee una superficie de 160 km² y se encuentra ubicada a una altitud media de 298 msnm [1].

Su antigua denominación, Yermal Viejo, caracteriza los orígenes industriales de la región, donde existían campos silvestres de yerba mate, que más adelante pasarían a ser explotados productivamente mediante el asentamiento de secaderos y molinos de yerba mate. Con el correr de los años fueron prosperando también industrias, que buscaban aprovechar otros cultivos que caracterizan a la región donde se ubica la ciudad de Oberá. Entre estos cultivos se destaca principalmente al té, que convierte al municipio como el principal productor nacional de té y también la silvicultura, que se caracteriza por la explotación de especies nativas e implantadas, siendo esta última la que aporta el volumen más importante para la producción, particularmente en especies como pino, eucalipto y paraíso, los cuales se destinan como materia prima en los más de cincuenta aserraderos existentes.

La instalación de las industrias antes mencionadas, ha generado que los asentamientos urbanos se distribuyan en proximidades de los establecimientos industriales, lo cual determinó que en la actualidad, coexistan en un mismo territorio empresas, comercios y viviendas.

A lo largo de su historia, la ciudad de Oberá ha tenido un crecimiento tanto demográfico como económico, en concordancia con la realidad de la provincia y el país al que pertenece. Este crecimiento se centró principalmente en la instalación de industrias, muchas de ellas empresas familiares, que buscando explotar los recursos característicos de la región; yerba mate, té, madera, entre otros y valiéndose de los servicios y la mano de obra que aporta el municipio, fueron localizándose en la periferia del ejido urbano.

La provincia de Misiones posee una ley de radicación y habilitación de establecimientos industriales de aplicación en todo su territorio. En el marco de esta ley cada municipio establece su propia normativa y reglamenta a través de su código de planeamiento las zonas industriales. Cabe destacar que el municipio no posee un parque industrial lo cual propició la instalación de industrias en zonas que pueden considerarse urbanas como así también la instalación de viviendas en zonas que podrían ser industriales.

Este tipo de convivencia entre viviendas familiares y plantas industriales presenta para ambos sectores tanto beneficios como dificultades. Entre los beneficios se puede destacar principalmente la cercanía propiamente dicha entre la industria y sus trabajadores, lo que reduce la necesidad de traslados junto con el riesgo y el costo que ello representa. Como dificultad se suele plantear la presencia de algunos contaminantes que caracterizan a cada industria (residuos, ruido, partículas, humo, etc.), como así también perturbaciones en el tránsito por el movimiento de transportes pesados.

Estas diferencias que surgen de la convivencia de empresas y viviendas, da lugar a debates muchas veces infundados ya que se carece de información fidedigna que respalde cualquier postura. En este sentido, el municipio de Oberá, si bien conoce las industrias que se encuentran asentadas en su territorio, no dispone de información actualizada sobre las características de cada una. Esta falta de información muchas veces dificulta la toma de decisiones para dar respuesta a interrogantes como cantidad de personas que demanda cada industria, consumo de energía, generación de residuos, generación de ruido, emisión de partículas al ambiente y otro tipo de cuestiones que resultan fundamentales conocer al momento de definir políticas de desarrollo industrial, sustentabilidad ambiental y ordenamiento territorial.

El camino hacia la sustentabilidad del municipio, buscando un equilibrio entre el desarrollo económico de la población, la generación de empleo, el acceso a la vivienda y servicios, y por supuesto la conservación de la riqueza natural, requiere de información actualizada de las actividades industriales y su impacto socio-ambiental en el municipio.

De acuerdo al Código de Planeamiento Urbano Ambiental – CPUA [2], la ciudad se divide en 19 distritos. En este trabajo se realizó un relevamiento industrial en el distrito denominado “Equipamiento Productivo” que se ubica sobre la Ruta Nacional 14, en el tramo comprendido entre la Terminal de Ómnibus y el cruce con la Ruta Provincial 103.

El objetivo de este trabajo es determinar la ubicación geográfica, rubro, características generales, y potenciales impactos ambientales de las actividades de los establecimientos industriales.

2. Materiales y Métodos

A partir de la información suministrada por el municipio, se identificaron y ubicaron en una imagen satelital obtenida del Google Earth, los establecimientos industriales instalados en el distrito equipamiento productivo.

Posteriormente, se visitaron las industrias y se realizó una encuesta con el fin de determinar la situación actual de sus actividades y su relación con el entorno. Se relevaron un total de 15 industrias de diferentes rubros, principalmente madereras y metalmecánicas.

Se ubican las industrias en un mapa catastral donde se indica la zona en estudio, distrito equipamiento productivo, de acuerdo a la zonificación establecida en el CPUA.

A partir de la localización y los datos relevados mediante la encuesta realizada, se clasifican las industrias de acuerdo al rubro industrial al cual pertenece y se identifican los residuos que generan, el volumen de producción, la energía consumida, etc. Para la clasificación por rubro se adopta la Clasificación Industrial Internacional Uniforme – CIIU [3], utilizada universalmente.

Con esta información se confecciona un mapa industrial en el cual se visualiza la distribución real de las industrias en el municipio, verificando la adecuación de la ubicación de las mismas con la zonificación propuesta por el CPUA. Por otra parte, se realiza una descripción general de la situación de los establecimientos, por rubro, con respecto al medio ambiente.

3. Resultados y Discusión

Con la información suministrada por el municipio y el relevamiento realizado se identificaron los establecimientos industriales localizados en el distrito equipamiento productivo. Esta zona determinada por el CPUA, está destinada a albergar actividades vinculadas al sector productivo que pueden producir molestias o congestión y además requieren superficies importantes para su funcionamiento y fácil acceso desde rutas nacionales y provinciales.

Los establecimientos identificados fueron clasificados por rubro de acuerdo a la CIIU, teniendo en cuenta el grupo al cual pertenecen en función de las características de las materias primas que emplean, los procesos que se utilicen y los productos elaborados.

En la Tabla 1 se listan únicamente aquellos establecimientos registrados en la municipalidad que fueron visitados y respondieron a la encuesta. No se consideraron aquellas industrias ubicadas fuera de la zona indicada en la figura 1, las que no estaban activas al momento de la visita y aquellas que no quisieron responder a la encuesta. Si se consideran todos los establecimientos ubicados en la zona, se tendría alrededor de treinta.

En algunos casos no aceptaron responder las encuestas, en general se trataban de industrias familiares muy pequeñas, con instalaciones precarias y en proceso de crecimiento. Estas industrias se caracterizan por ser sus dueños tanto operarios como gerente de las mismas y carecen del cumplimiento de varias normativas, las instalaciones no son aptas para el trabajo que desempeña, falta de herramientas, señalizaciones, elementos de protección personal, irregularidades con el personal, etc.

Se utilizaron las encuestas diseñadas para el proyecto de investigación “Sistema de indicadores ambientales para el sector industrial de la ciudad de Oberá” que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería – UNaM, que contempla un relevamiento industrial de todo el territorio que comprende el municipio. Mediante esta encuesta se obtuvieron datos generales respecto las actividades que desarrollan las industrias que pueden generar un impacto en el medio ambiente.

Tabla 1: Establecimientos Industriales relevados

Fuente: Elaboración propia

Nº	Establecimiento Industrial Actividades que desarrolla	Rubro de acuerdo a la CIU
1	Aserrado de madera Fábrica de machimbre	Aserrado y cepillado de madera Fabricación de productos de madera
2	Aserrado de madera Fábrica de machimbre	Aserrado y cepillado de madera Fabricación de productos de madera
3	Envasado de Productos Regionales	Elaboración de productos alimenticios
4	Secadero de Yerba Mate	Elaboración de productos alimenticios
5	Metalúrgica Fábrica de aberturas de aluminio	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo
6	Aserrado de madera Fábrica de terciados	Aserrado y cepillado de madera Fabricación de productos de madera
7	Fábrica de premoldeados/postes/baldosas	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
8	Metalúrgica	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo
9	Metalúrgica	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo
10	Metalúrgica	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo
11	Marmolería	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
12	Metalúrgica	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo
13	Fábrica de premoldeados/postes	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
14	Metalúrgica	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo
15	Metalúrgica	Fabricación de productos elaborados de metal. Excepto maquinaria y equipo

En la figura 1 se puede observar un mapa catastral de la ciudad de Oberá con el distrito equipamiento productivo indicado en color rojo y la ubicación de las diferentes industrias relevadas. Entre ellas se identificaron; aserraderos, metalúrgicas, fábrica de premoldeados, envasado de productos regionales, secaderos de yerba mate y marmolerías. Todas son micro y pequeñas empresas familiares y con cierta antigüedad en el rubro. Estas empresas se caracterizan por ser dirigidas por los mismos dueños, que en ocasiones se trata de personas con experiencia pero sin formación para ocupar cargos gerenciales. Esta situación condiciona o limita las posibilidades de crecimiento al no ser consideradas ciertas cuestiones como la planificación ante un aumento de la demanda, aplicación de buenas prácticas y control de la calidad. Por otra parte en general se carece de conocimiento y concientización en el manejo de los residuos que generan.

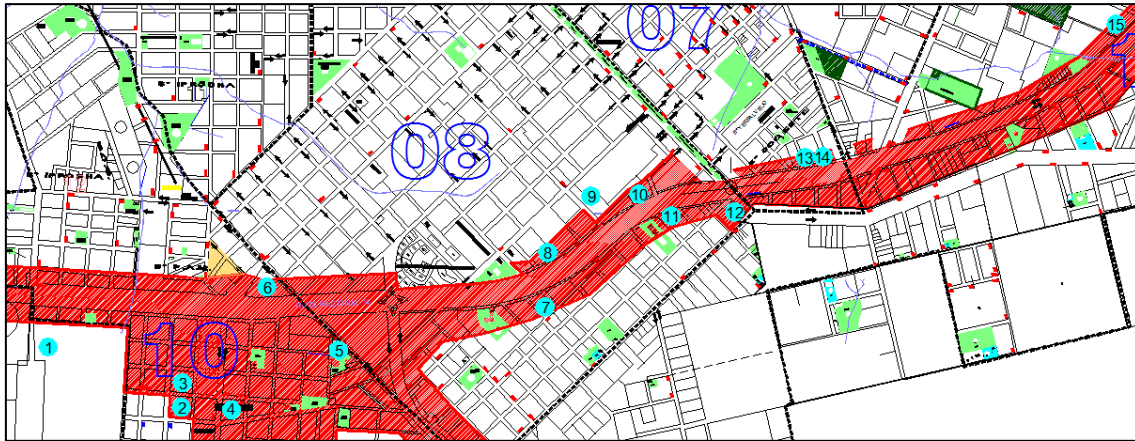


Figura 1: Localización de los Establecimientos Industriales
Fuente: Elaboración propia

A partir del listado de industrias registradas, se realizó una primera verificación de la ubicación con el Google Earth (Figura 2) donde se pudo constatar que el distrito equipamiento productivo incluye sectores densamente poblados donde coexisten las viviendas familiares con los establecimientos industriales.



Figura 2: Imagen satelital con la localización de los Establecimientos Industriales
Fuente: Elaboración propia

Varias de estas industrias son muy pequeñas, donde el staff de trabajadores está formado principalmente por los miembros de la familia, además, tienen instalaciones muy precarias y no cumplen con las normativas vigentes en Higiene y Seguridad en el Trabajo [4].

Los residuos industriales generados por los procesos de las diferentes industrias, se presentan en varios tipos; sólidos, líquidos y gaseosos generando diferentes impactos en el medio ambiente.

Dentro de la zona estudiada se pueden destacar como de mayor impacto a los residuos provenientes de los aserraderos y las metalúrgicas, cuyo volumen no está cuantificado por lo tanto es muy difícil evaluar el impacto que pueden generar. Para los otros rubros se estiman pequeños volúmenes de residuos por lo tanto el impacto ambiental es menor que en los casos anteriores. Es importante resaltar que en ninguno de los casos los residuos reciben algún tipo

de tratamiento. En el caso de los residuos de aserradero es cada vez más significativo el aprovechamiento energético como combustible para la generación de vapor.

4. Conclusiones y recomendaciones

A partir de este estudio se puso en evidencia que existe un escaso cumplimiento respecto al uso del suelo en el distrito equipamiento productivo como lo establece el Código de Planeamiento Urbano Ambiental. Actualmente esta zona tiene establecimientos industriales, comerciales, viviendas particulares y algunos sectores densamente poblados. Esta situación genera innumerables inconvenientes tanto para las industrias como para los habitantes del lugar y el medio ambiente. Probablemente esta situación tiene su origen no solo en el cumplimiento de la normativa, sino en el rápido crecimiento poblacional sin un adecuado orden.

Del análisis de las encuestas surge que las industrias carecen de personal con formación profesional, lo que trae consigo ciertas desventajas ante aquellas industrias que cuentan con recursos humanos calificados.

Por otra parte, el poco control del órgano gubernamental trae consigo una despreocupación por parte de las industrias con respecto al estado de las instalaciones, manejo de los residuos, y en general respecto al impacto ambiental de sus actividades en el entorno.

Actualmente, no existe en el municipio un sistema de tratamiento de residuos industriales, por lo tanto tampoco hay control sobre la contaminación que se produce como consecuencia de las actividades que desarrollan las industrias.

Se puede destacar que existe una diversidad de rubros industriales en la zona, siendo en mayor cantidad los aserraderos, esta situación se debe a que la explotación forestal en la provincia es una de las principales actividades económicas. Por otro lado se denota un crecimiento en el área metal mecánica que involucran a las metalúrgicas, y las fábricas de premoldeados para la construcción.

En la zona se destacan en mayor medida pequeñas industrias familiares, éstas se caracterizan por tener una baja producción, poco control en el manejo de sus instalaciones y escasa planificación en sus actividades.

Evidentemente, muchos de los problemas mencionados estarían controlados con la instalación de un parque industrial en el municipio.

5. Referencias

- [1] INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (IPEC) (2012). *Gran Atlas de Misiones*. Gobierno de la Provincia de Misiones. Posadas, Misiones, Argentina.
- [2] MUNICIPALIDAD DE OBERA (1998). *Código de Planeamiento Urbano Ambiental*. Oberá, Misiones.
- [3] NACIONES UNIDAS (2009) *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas*. Nueva York, UN.
- [4] MINISTERIO DE TRABAJO (1972). Ley 19587, Higiene y Seguridad en el Trabajo y decretos reglamentarios. Buenos Aires, Argentina.

ETERNIT – Fábrica de Tanques de Asbesto-Cemento

Ing. ALPIRI, Emilce Natalia, UTN Fac. Reg. San Francisco, emilcealpiri@gmail.com

Ing. CERINO, Darío Natalio, UTN Fac. Reg. San Francisco, dariocerino@hotmail.com

Ing. HERRERO, Marcelo Alejandro, UTN Fac. Reg. San Francisco,
marceloherrero97@gmail.com

Ing. VELAZQUEZ, Héctor Antonio, UTN Fac. Reg. San Francisco,
hectoravelaz@hotmail.com

Resumen— La toxicología ambiental evalúa los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado.

Este trabajo estudia la incidencia de la ex fábrica ETERNIT, radicada en la ciudad de San Francisco, provincia de Córdoba. Ésta producía en los comienzos del año 1960, hasta comienzos del año 1986, un promedio de 50 tanques de fibrocemento de 1000 L, diarios. El porcentaje de rotura equivalía al 5% de la producción, quedando ésta en un depósito a cielo abierto. Recién en el año 2001 se realiza el tapado con 50 cm de tierra, permaneciendo así hasta la actualidad.

Los obreros de la ex ETERNIT, estuvieron expuestos a este material catalogado como cancerígeno o potencial cancerígeno, durante toda la etapa de funcionamiento de la fábrica. Los efectos adversos, tales como asbestosis o cáncer pulmonar, son provocados principalmente por Inhalación de las fibrillas de asbesto cemento, formadas en su descomposición (rotura) en un polvo no visible para el ojo humano.

Debido a esto, se deben tomar medidas especiales en el orden y limpieza, depósitos, extracción y/o sustituciones y además plantear programas de seguimiento sanitario a los expuestos al asbesto tanto laborales como ambientales.

En Argentina, está prohibido del uso de asbesto desde 2001, pero sus efectos cancerígenos y respiratorios tardan años en manifestarse.

Palabras clave— *Toxicología, Efectos, Disposición final.*

1. Introducción

Concentraremos el presente trabajo en el análisis del proceso de fabricación de tanques de agua de asbesto – cemento, producidos en la planta ETERNIT. Dicha planta estuvo radicada en la ciudad de San Francisco desde inicios de la década del 60 y cesa su producción en el año 1986 cuando transfiere todas sus instalaciones a la firma LUIS DELFABRO S.A (fábrica de amortiguadores), quién adquiere todo el predio industrial de la ex ETERNIT.

En el año 1997 la empresa LUIS DELFABRO S.A., transfiere todas las instalaciones, a la firma alemana de Amortiguadores SACHS S.A., EXCLUYENDO UN DEPOSITO A CIELO ABIERTO, de materiales de roturas de tanques y cañerías de Asbesto Cemento de la ex ETERNIT, este depósito se visualiza en la imagen aérea del año 1970 (figura 1), dicho depósito se encontraba totalmente desprotegido y con contacto directo con el medio.



Figura 1: Imagen de la zona año 1979. Fuente: Archivo Personal

El depósito de desechos industriales debe ser separado en la venta, a Amortiguadores SACHS S.A., según la condición que le impone esta última firma a LUIS DELFABRO S.A., para adquirir las instalaciones.

Por ser el depósito de materiales de desecho, de la ex ETERNIT, un problema para el Medio Ambiente, se solicita a la Oficina de Medio Ambiente Provincial, que actúe en consecuencia, por ello dicha repartición procede en el año 2001 a realizar el tapado con suelo vegetal (tierra) con un espesor de aproximadamente 50 cm, originando una montaña sobre los desechos de asbesto cemento (figura 2).



Figura 2: Imagen de la zona año 2013. Fuente: Google Earth.

Se puede ver en las imágenes la evolución de la zona de estudio, en la primera se visualiza el depósito de desechos totalmente descubierto, las propiedades linderas, que en un principio eran simplemente campos, y las instalaciones de un ex seminario, construido por MISIONES CONSOLATAS, hasta que en el año 1986 este ex seminario es totalmente transferido a la actual ubicación de la U.T.N. FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO, la cual funciona desde dicha fecha en el predio antes mencionado.

Es importante mencionar que el primer Barrio Residencial, denominado “Las Rosas”, colindante a los predios de U.T.N San Francisco, se comienza a delinear a principio de la década del año 1980, allí comienzan las radicaciones urbanas en la zona vecinas con los desechos de asbesto cemento antes mencionados, y actualmente cubren totalmente la zona circundante de la actual fábrica de Amortiguadores Sachs S.A., esto se observa en fotografía aérea adjunta.

La ex fábrica ETERNIT, producía en los comienzos del año 1960, hasta comienzos del año 1986, en promedio de 50 tanques de fibrocemento de 1000 L, diarios, o el equivalente en placas de asbesto cemento en metros cuadrado para cañerías de conducción de agua o cloacas, discontinuando la fabricación, ya sea en tanques o cañerías, con una rotura diaria equivalente al 5% de la producción, es la rotura que diariamente se depositaba como desecho en la cava, antes mencionada.

Si suponemos un tanque de asbesto cemento de 1000 L con un diámetro de 1,10 m y una altura de 1,50 m, podemos obtener la siguiente superficie de placa por tanque:

$$\text{Sup.lateral} = 2\pi r \times 1,50\text{m} = 5,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Sup. de las dos tapas} = \pi r^2 \times 2 = 1,90 \text{ m}^2$$

$$\text{SUPERFICIE TOTAL DE UN TANQUE} = 5,2 + 1,9 = 7,10 \text{ m}^2$$

PARA UNA PRODUCCION DE 50 TANQUES DIARIOS SERA = $7,10\text{m}^2 \times 50 = 355 \text{ m}^2$ DE PLACAS.

Si suponemos un desecho del 5% en roturas será:

$$355 \text{ m}^2 \times 0,05 = 18 \text{ m}^2 \text{ de desechos diarios a la cava}$$

Si suponemos que la Frecuencia de Exposición (EF) (días por año), por inhalación de aire según (EPA/600/P-95/0,02F,1997), correspondiendo a una Duración de Exposición (ED) de 30 años (Año 1956-1986)(durante la etapa de funcionamiento de la fábrica Eternit), corresponderá según dicha norma:

$$EF = 350 \text{ días/ año}$$

$$ED = 30 \text{ años (etapa de funcionamiento de la planta Eternit)}$$

$$350 \text{ días/año} \times 30 \text{ años} = 10500 \text{ días de exposición}$$

Según la norma aplicada un adulto externo a la fábrica inhala $20 \text{ m}^3/\text{día}$ de aire (Tasa de Consumo IR), será:

$$10.500 \text{ días} \times 20 \text{ m}^3/\text{día} = 210.000 \text{ m}^3 \text{ durante toda la etapa de fabricación de Eternit.}$$

Según dicha norma los adultos obreros de la fábrica, que estuvieron en contacto, durante la fabricación e industrialización del fibrocemento, por efecto de los desechos industriales será:

$$EF = 245 \text{ días / año}$$

$$ED = 21 \text{ años (etapa de funcionamiento de la planta Eternit)}$$

$$245 \text{ días/año} \times 21 \text{ años} = 5.145 \text{ días de exposición}$$

Según la norma aplicada un obrero adulto interno de la fábrica, inhala $10 \text{ m}^3/\text{día}$ de aire (Tasa de consumo IR), será:

$$5.145 \text{ días} \times 10 \text{ m}^3/\text{día} = 51.450 \text{ m}^3 \text{ durante toda la etapa de fabricación de Eternit.}$$

Dicho esto, comenzaremos definiendo algunos conceptos importantes, seguidamente se describirá el proceso de fabricación utilizado y finalmente analizaremos los potenciales riesgos que presentan los materiales utilizados.

2. Definición de Conceptos Básicos

2.1 Toxicología Ambiental

Estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el medio ambiente.

El objetivo principal de la toxicología ambiental es evaluar los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado.

Se estudiaron los efectos sobre humanos, aunque pudiera existir, en el sitio en estudio, otros blancos de los tóxicos tales como microorganismos, plantas animales etc.

Los tóxicos son los xenobióticos que producen efectos adversos en los organismos vivos.

Un xenobiótico es cualquier sustancia que no ha sido producida por la biota (todos los seres vivos, sean plantas, animales superiores o microorganismos), tales como los productos industriales, que es el caso del asbesto.

2.2 Exposición

Es el contacto de una población o individuo con un agente químico o físico. La magnitud de la exposición se determina midiendo o estimando la cantidad (concentración) del agente presente en la superficie de contacto, durante un período especificado. Esta cantidad se expresa por unidad de masa corporal del individuo expuesto y se denomina DOSIS SUMINISTRADA.

La Exposición Máxima Razonable (EMR), se define como la exposición más alta que es razonable esperar que ocurra en un sitio.

Calcular EMR es hacer una estimación de la exposición que esté dentro de los niveles posibles y nos permita hacer predicciones conservadoras de los efectos que puede causar el tóxico.

2.3 Ruta de Exposición

Camino que sigue un agente químico, en este caso el polvo con restos de asbesto, desde la cava de desechos, hasta el contacto con los habitantes colindantes a dicha fábrica, o a los obreros que trabajaron en el lugar.

Se consideran como rutas significativas las que dan lugar a exposición humana, o sea:

- Fuentes y mecanismos de emisión de tóxicos. En este caso la rotura de los desechos del asbesto cemento, produjo la emanación de polvos, con presencia de fibras que se desparrramaron en el aire de la zona circundante.
- Medios de retención y transporte. En este caso al estar totalmente descubierta la fosa de los residuos tóxicos del asbesto cemento, no existía retención y el transporte lo realizó el aire del medio ambiente.
- Punto de contacto potencial entre el medio contaminado y los individuos. En este caso por inhalación del aire contaminado, el individuo expuesto lo absorbió a través de la vía oral, hacia sus pulmones.
- Vía de ingreso al organismo. A través del aparato respiratorio, hacia los órganos pulmonares del individuo.

2.4 Vía de Exposición

Es el mecanismo por medio del cual el tóxico entra en el organismo. En este caso para la toxicología ambiental lo importante es a través de la respiración.

2.5 Tiempo de Exposición

- Exposiciones Crónicas: Son exposiciones que duran entre un 10% y el 100% del período de vida. Como se supone que en el caso del hombre es entre 7 y 70 años, en este caso hubo exposiciones de 15 años para la población de U.T.N. SAN FRANCISCO, desde año 1986 hasta 2001, en el caso mínimo, y mayores para la población circundante desde años anteriores al cierre de fábrica y durante la producción de la misma. O sea todas son exposiciones CRONICAS para el caso estudiado.
- Exposiciones subcrónicas: De corta duración, menores que el 10% del período vital. No corresponden a este caso.
- Exposiciones Agudas: Son exposiciones de un día o menos y en caso de un solo evento. No corresponde a este caso.

2.6 Dosis

Está definida por la cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto.

La dosis determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica, concepto central de la toxicología.

Efecto adverso o daño, es función de la dosis y condiciones de exposición (vía de ingreso, duración y frecuencia de las exposiciones, tasa de contacto con el medio contaminado).

2.7 Riesgo

El término “peligroso” define la capacidad de una sustancia de producir efectos adversos en los organismos, y el término “riesgo” describe la probabilidad de que, en una situación dada, una sustancia peligrosa produzca un daño.

Se dice que una persona se puso en “riesgo”, cuando está “expuesta” a un “peligro” y la magnitud del riesgo es una función de la peligrosidad de la sustancia y de la magnitud de la exposición.

Para que exista un riesgo es necesario que se esté expuesto a una sustancia y que esta exposición represente un peligro para la salud. Se necesitan tanto el peligro como la exposición, si alguno de ellos es igual a cero entonces no hay riesgo.

La toxicidad es una medida del peligro inherente de la sustancia.

2.8 Evaluación de Riesgo para la Salud Humana (ER)

La determinación y caracterización de los riesgos para la salud pública en un sitio determinado se lleva a cabo en cuatro pasos:

- ANALISIS DE DATOS
- EVALUACION DE LA EXPOSICION
- EVALUACION DE LA TOXICIDAD
- CARACTERIZACION DE LOS RIESGOS

2.8.1 Análisis de datos

Se identificó la información de buena calidad sobre la ubicación, fechas y tiempos de la ex ETERNIT, y se seleccionó el tóxico para su evaluación de riesgos, que corresponde las fibras minúsculas del fibrocemento transformado en polvo por sus roturas en los desechos de la fábrica.

2.8.2 Evaluación de la exposición

Se estimó la magnitud, pasada (la fábrica ya no existe), con los años en que se produjo el proceso toxicológico, la cantidad de personas expuestas, la duración de las exposiciones y las rutas y vías de exposición, que correspondieron al aire consumido por las personas expuestas.

2.8.3 Evaluación de la toxicidad

Se añade la información cualitativa y cuantitativa sobre los efectos adversos (cáncer pulmonar), que producen las fibrillas de asbesto cemento, en su descomposición (rotura) en polvo.

2.8.4 Caracterización de los riesgos

Según la cantidad de aire consumido por un adulto, niño o mujer, se estiman los riesgos de la población para la salud.

2.9 Restauración Ambiental

En el sitio analizado (cava de desechos de fabricación, por roturas de placas de asbesto cemento, durante la producción), y a fin de evitar la proliferación del nivel tóxico de los mismos, la Agencia Córdoba del Medio Ambiente, procedió a la remediación o corrección ambiental, realizando un tapado con tierra vegetal y monitoreo de sus emanaciones en forma permanente, a fin de controlar los riesgos para la salud humana, que tal vaciadero a cielo abierto originalmente producía.

Todo lo anterior permite reducir la concentración de los contaminantes (polvo del asbesto cemento), por debajo de los niveles normativos (con el tapado con suelo vegetal, sin producir movimiento alguno), a costos aceptables y con ello una solución permanente del problema toxicológico.

3. Peligros – Efectos

Los efectos de la exposición a cualquier sustancia tóxica dependen de la dosis, la duración de la exposición, los hábitos, las características personales y de la presencia de otras sustancias químicas.

La exposición al asbesto ocurre generalmente al respirar aire contaminado en lugares de trabajo que usan o manufacturan asbesto. También se encuentra asbesto en el aire de viviendas que están siendo destruidas o renovadas. Las personas que trabajan en industrias que fabrican o usan productos de asbesto o que trabajan en la minería de asbesto y las personas que viven cerca de estas industrias también pueden estar expuestas a altos niveles de asbesto en el aire.

Su alta toxicidad reside en que esas fibrillas pueden separarse con facilidad en fibras cada vez más finas hasta llegar a tamaños microscópicos: billones de ellas pueden estar en el ambiente y ser transportadas por corrientes de aire hasta distancias considerables.

Todos estamos expuestos a pequeñas cantidades de asbesto en el aire que respiramos: estos niveles varían entre 0,00001 y 0,0001 fibras por mililitro de aire. Los niveles más altos se encuentran generalmente en ciudades y en áreas industriales.

Las fibras de asbesto pueden estar en suspensión en el aire y mediante el proceso normal de respiración las inhalamos. Éstas pueden alcanzar el pulmón y permanecer en él durante cierto tiempo convirtiéndose en una fuente constante de irritación que desemboca en una alteración y destrucción del tejido pulmonar.

Una fibra es una partícula alargada cuya longitud sobrepasa al menos en 3 veces su diámetro. Las fibras con diámetro superior a 3 micras son retenidas por la mucosa de las paredes altas de los bronquios, nariz y laringe y pueden ser expulsadas por los estornudos o la tos. Las de menor diámetro, pueden llegar hasta las partes más pequeñas de la bifurcación de los bronquios.

Las fibras más peligrosas son las fibras largas, ya que si miden más de 5 μm , los macrófagos (células especializadas de defensa), no pueden eliminarlas. Los mecanismos de defensa del

cuerpo tratan de descomponerlas y expulsarlas, pero a pesar de estos esfuerzos, siguen siendo muchas las que consiguen quedarse en el cuerpo y permanecer en él durante tiempo.

Una vez que las fibras están dentro del cuerpo, pueden cambiar de sitio, aunque no se sabe bien cómo. Pueden trasladarse desde los pulmones a la pleura o a los ganglios del sistema linfático, lo que significa que pueden ser llevadas a otras partes del cuerpo desarrollando distintos tipos de enfermedades causadas por el asbesto.

El amianto es considerado sumamente tóxico para el sistema respiratorio. Su peligrosidad recae en la biopersistencia de las fibras en los pulmones, esto es, que no se eliminan y pueden permanecer intactas por muchos años, lo que le da suficiente tiempo al organismo para que desarrolle formaciones cancerosas. Lo alarmante es que no hay cantidad mínima de fibras inhaladas para causar daño: una sola incrustada en el pulmón alcanza.

Aunque todas las clases de asbesto se consideran peligrosas, los distintos tipos de fibras de asbesto pueden estar asociados con distintos riesgos para la salud. Por ejemplo, los resultados de varios estudios sugieren que el asbesto anfibólico puede ser más peligroso que el crisótilo, especialmente en relación con el riesgo de mesotelioma, porque suele permanecer en el pulmón por más tiempo.

La característica particular del amianto es que las enfermedades se producen entre 15 y 20 o más años después de la exposición y muchas veces, el afectado no relaciona la enfermedad con el trabajo de tiempo atrás. Son enfermedades de pronóstico irreversible y que en la actualidad no tienen cura.

Además, no existe un nivel de exposición por debajo del cual los riesgos a la salud no existan y el riesgo persiste a lo largo de toda la vida.

Muchas investigaciones han demostrado que la combinación de fumar y la exposición al asbesto son particularmente peligrosas. Los fumadores que están también expuestos al asbesto tienen un riesgo mayor de presentar cáncer de pulmón que si se sumaran los riesgos individuales de la exposición al asbesto a los riesgos de fumar.

Si bien la industria desarrolló productos alternativos, muchas fábricas siguen conservándolo y poniendo en riesgo no sólo a sus empleados, sino a los habitantes de los barrios o localidades donde están instaladas.

4. Enfermedades Asociadas al Asbesto

La exposición al asbesto se produce principalmente por inhalación de las fibras contenidas en el aire contaminado del entorno laboral y, también, en el ambiente próximo a los puntos de extracción de dichas fibras, así como en el interior de viviendas y locales construidos con materiales que contienen asbesto que se desmenuza fácilmente (friable). La exposición también puede producirse durante la instalación y utilización de productos que contienen asbesto y el mantenimiento de vehículos automotores. Muchos edificios todavía incluyen materiales fabricados con asbesto, por lo que, durante su mantenimiento, reforma, eliminación y demolición, siguen provocando una exposición a esas fibras minerales. Su presencia, como parte integral de las estructuras, sigue generando exposición, debido al desgaste de las mismas.

Las fibras de asbesto, debido a su pequeño tamaño y su forma larga y delgada, pueden permanecer en el aire mucho tiempo y, por lo tanto, podemos respirarlas. Al ser respiradas pueden penetrar fácilmente en los tejidos del cuerpo y, debido a su resistencia biológica

(capacidad de permanecer en el organismo), pueden quedarse en el cuerpo durante muchos años.

Las personas que han estado expuestas (o que sospechan haber estado expuestas) a las fibras de asbesto en su trabajo, por el ambiente o en su casa por algún familiar, deben informar a su médico sobre sus antecedentes de exposición y si experimentan algún síntoma o no. Los síntomas de las enfermedades relacionadas con el asbesto pueden presentarse muchas décadas después de la exposición. Es especialmente importante que consulten con un médico si tienen cualquiera de los síntomas siguientes:

Adelgazamiento, dificultad para pasar alimentos, dolor o tensión en el pecho, falta de aire, silbidos o ronquera, falta de apetito, fatiga o anemia, hinchazón del cuello o de la cara, sangre en la flema que sale de los pulmones al toser, tos persistente que empeora con el tiempo.

Se puede recomendar un examen físico completo que incluya una radiografía de pecho y pruebas de funcionamiento de los pulmones. La radiografía de pecho es actualmente la herramienta más común que se usa para detectar las enfermedades relacionadas con el asbesto. Sin embargo, es importante subrayar que las radiografías de pecho no pueden detectar las fibras de asbesto en los pulmones, pero pueden ayudar a identificar las señales tempranas de una enfermedad pulmonar causada por la exposición al asbesto.

Según los estudios, la tomografía computarizada puede ser más efectiva que las radiografías convencionales del pecho para detectar anomalías pulmonares relacionadas con el asbesto en las personas que han estado expuestas al mismo.

La prueba más confiable para confirmar la presencia de anomalías relacionadas con el asbesto es una biopsia de pulmón que detecta fibras microscópicas del asbesto en muestras de tejido pulmonar extraído quirúrgicamente. Una broncoscopia es una prueba menos invasiva que la biopsia y detecta las fibras de asbesto en el material que se enjuaga después de extraerse del pulmón. Es importante enfatizar que estas pruebas no pueden determinar cuánta haya sido la exposición de una persona al asbesto o si la exposición resultará en una enfermedad. Las fibras de asbesto pueden detectarse también en la orina, la mucosidad o las heces, pero estas pruebas no son confiables para determinar la cantidad de asbesto que se encuentra en los pulmones de la persona.

4.1 Abestosis

Se define como una fibrosis intersticial pulmonar difusa producida por exposición a polvo de amianto, que puede afectar al parénquima y a la pleura visceral y parietal.

Síntomas: disnea y tos, crepitantes inspiratorios en campos medios y bases pulmonares, y acropaquia. Pueden producirse anomalías funcionales respiratorias tales como alteración de la difusión alveolocapilar y un patrón restrictivo que puede asociarse a obstrucción. La disminución de la capacidad de difusión pulmonar es el parámetro que se altera más precozmente y su deterioro suele ir parejo a la evolución de la enfermedad. La alteración de la función pulmonar puede continuar aun cuando ha cesado la exposición y en ausencia de signos radiológicos de asbestosis, y parece haber una relación dosis – respuesta entre aquella y el nivel de exposición.

La disnea al esfuerzo es habitualmente el primer síntoma, aunque es de aparición tardía, tras 15 – 20 años del comienzo de la exposición. La tos es no productiva, y no aparece en todos los casos. En estadios avanzados puede aparecer astenia, cianosis y síntomas de cor pulmonale.

4.2 Mesotelioma Maligno

Es un tumor difuso maligno del mesotelio, que puede afectar a la pleura, el peritoneo y el pericardio, aunque es más frecuente la localización pleural. La localización peritoneal requiere una mayor exposición al asbesto.

El mesotelioma pleural se asocia a asbestosis en un 25% de los casos, mientras que el mesotelioma peritoneal se asocia frecuentemente a la asbestosis, debido en estos casos a exposiciones intensas al amianto. La gran mayoría de mesoteliomas se deben a la exposición a asbesto (en el 80 - 85% se constata exposición laboral). El tabaquismo y la presencia de metales o de sustancias orgánicas parecen no tener influencia en el riesgo de contraer la enfermedad.

El mesotelioma pleural cursa con derrame pleural, disnea y dolor torácico. Puede acompañarse de derrame o engrosamiento pleural.

4.3 Cáncer de Pulmón

El cáncer de pulmón por exposición al asbesto puede pertenecer a cualquier tipo histológico, y su historia natural no difiere de la del cáncer producido por otras causas. Parece existir una relación dosis-respuesta entre el riesgo de contraer cáncer de pulmón y el nivel de exposición a asbesto; exposiciones muy bajas parecen no incrementar el riesgo. El riesgo de cáncer de pulmón se incrementa notablemente si la exposición al asbesto se combina con el hábito tabáquico.

La atribución del cáncer al asbesto se basa en la historia anterior de exposición a este producto. Se requiere un período de latencia mínimo de 10 años.

5. Estudios Epidemiológicos

En Argentina, está prohibido el uso de asbesto o amianto desde 2001, pero sus efectos cancerígenos y respiratorios tardan años en manifestarse, por lo que muchos desconocen que es el verdadero causante de sus afecciones.

Esta prohibición solo impidió su utilización en nuevos productos fabricados, ya que no han existido planes de retiro en los lugares donde ya se estuvo utilizando.

Si bien no se han efectuado planes de detección y retiro de este contaminante, mucho menos se ha avanzado en programas de seguimiento médico de todos aquellos expuestos al asbesto en cualquiera de las formas en que se ha utilizado, problema que se agudiza desde lo legal, ya que en nuestro país sólo se reconocen las enfermedades que se producen cuando las fibras de asbesto ingresan por la vía respiratoria y no así, por ejemplo, las enfermedades producidas cuando el contaminante ingresa por vía oral o digestiva.

Si bien en Argentina no existen estadísticas sobre el amianto, los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) son preocupantes: en el mundo, hay unas 125 millones de personas expuestas a este mineral en el lugar de trabajo, lo que causa más de 107 mil muertes anuales por cáncer de pulmón relacionado con el asbesto, mesotelioma y asbestosis.

Ocurren varios miles de muertes por exposición no laboral. Un tercio de las muertes por cáncer de origen laboral son causadas por el asbesto.

En la Argentina, el uso del asbesto fue prohibido en el ámbito nacional a través de la Resolución N° 845/00 del Ministerio de Salud de la Nación, y la Resolución N° 823/01 del Ministerio de Salud de la Nación. Pero lo que no establecen ninguna de las dos resoluciones es el retiro de este mineral ya instalado en miles de lugares.

5.1 Medidas a tomar

5.1.1 Prevención

En principio se debe identificar la presencia de materiales con asbesto y su estado de conservación (inspección visual, análisis de muestras, medición de presencia de fibras en el aire).

La presencia de fibras de asbesto deberá generar la suspensión de las actividades hasta que se compruebe la inexistencia de las mismas en el lugar.

Como siguiente acción se debe proceder a su extracción y/o sustitución. Para esto se deberá confeccionar un plan de trabajo que comprenda el detalle de todas las tareas a realizar, los controles, requisitos, etc.

En nuestro país no existe un protocolo legal para la extracción del asbesto, por este motivo deberemos valernos de los procedimientos internacionales o de protocolos técnicos.

La extracción de este material implica el desarrollo previo de un plan de trabajo seguro, un procedimiento que especifique: tareas, tiempos, elementos de protección, tratamiento y disposición final del asbesto como residuo peligroso, capacitación de los trabajadores encargados de las tareas, preparación del espacio de trabajo, requerimientos de seguridad para la circulación de personas durante la remoción, responsabilidades, etc.

5.1.2 Propuestas para un plan nacional de erradicación de asbesto

En principio debemos distinguir dos variantes de contaminación por asbesto: una de origen laboral y la otra de origen ambiental.

En ambos casos necesitaremos la confirmación por laboratorio de la presencia de asbesto en todas sus variantes, dicha capacidad técnica y de dictamen la posee el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el que podría extender la capacidad de respuesta territorial mediante acuerdos con universidades nacionales con capacidad científico – técnica.

Son necesarios planes de relevamiento específicos para detectar la presencia de asbesto con riesgos para la salud de la población, en los ámbitos laborales deberá ser la autoridad administrativa del trabajo quien lo ejecute, en el resto será la autoridad ambiental.

El aislamiento o sellado serán considerados como medidas provisorias y siempre que se acredite factibilidad y conveniencia técnica. Puede convocarse a bomberos (voluntarios y/u oficiales), para realizar la extracción de ciertos materiales que contengan asbesto, como por ejemplo chapas de fibrocemento. Esto será posible si los mismos cuentan con formación y adiestramiento para el manejo del material.

Programas de seguimiento sanitario de los expuestos al asbesto tanto laborales como ambientales, dichos programas deberán llevar adelante la vigilancia periódica de la salud de la población expuesta, confeccionando historial de exposición, historia clínica, exploración clínica específica, diagnóstico por imágenes, pruebas funcionales respiratorias, lavado bronco alveolar (cuando razones legales lo justifiquen), en caso de detectarse enfermedad compatible por contaminación se comenzará tratamiento específico.

Los ministerios de salud Nacional y provinciales mediante convenio serán los responsables de llevar adelante el programa.

Se elaborará un plan de financiamiento a tasa pasiva para las empresas o entidades que deban efectuar plan de retiro. En el caso de viviendas particulares se efectuará mediante subsidio.

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, (Occupational Safety and Health Administration, OSHA), forma parte del Departamento de Trabajo de EE. UU. y es la dependencia federal responsable de las normas de salud y de seguridad en los lugares de trabajo marítimo, de la construcción, manufactura y servicios. OSHA estableció normas relativas a la exposición al asbesto en el trabajo; especialmente, en la construcción, en astilleros y en la industria general que las empresas están obligadas a obedecer. Además, la Administración de Seguridad y Salubridad en la Minería, (Mine Safety and Health Administration, MSHA), otro componente del Departamento de Trabajo, hace cumplir las normas relativas a la seguridad en las minas. Los trabajadores deberán usar todo el equipo de protección proporcionado por sus empresas y seguir las prácticas laborales y los procedimientos de seguridad recomendados. Por ejemplo, los trabajadores deberán usar respiradores aprobados por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacionales (NIOSH) que tengan un ajuste apropiado cuando se requieran.

Los trabajadores preocupados por la exposición al asbesto en el lugar de trabajo deberán hablar de su situación con otros empleados, con el representante de salud y de seguridad de los trabajadores y con sus empresas. Si es necesario, la OSHA puede proporcionar más información o realizar una inspección del lugar de trabajo.

6. Conclusiones y recomendaciones

Una vez analizada la situación actual de nuestra ciudad podemos concluir que hasta que no se implemente en nuestro país un protocolo legal para la extracción de este tipo de materiales, lo más recomendable es dejar el asbesto cubierto como se encuentra en este momento. Entendemos que representa un riesgo importante para la salud de los habitantes de nuestra ciudad y además para el medio ambiente pero el peligro que representado por la posible mal extracción del mismo es aún mayor. De todas formas es recomendable realizar mediciones periódicas de la calidad del aire para verificar la el funcionamiento de la cubierta. Las consecuencias de este depósito tardarán años en manifestarse.

7. Bibliografía - Webgrafía

- www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs61.htm
- www.geosalud.com/Ambiente/asbestos.htm



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN BANCO DE ENSAYO QUE PERMITA EVALUAR EL DESEMPEÑO, CARACTERIZAR FLUIDOS Y RELEVAR PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO EN UN CICLO RANKINE ORGÁNICO

Ing. Venturino, Enrique Agustín, Universidad Nacional del Sur,
enrique.venturino@uns.edu.ar

Ing. Valea, Juan Francisco, Universidad Nacional del Sur, p4.bblanca@hotmail.com

Ing. Oga, Juan Jose, Universidad Nacional del Sur, Juanjoseoga@hotmail.com

Ing. Donati, Julio Guido, Universidad Nacional del Sur, juliogdonati@hotmail.com

Ing. Maenza Luis Eduardo, Universidad Nacional del Sur, contactoenfoco@gmail.com

Bec. Baratçabal, Agustín Nicolás, Universidad Nacional del Sur, abaratcabal@gmail.com

Resumen— Resulta necesario mejorar la eficiencia de los motores endotérmicos alternativos, tanto para disminuir el consumo de combustible, como para reducir la generación de contaminantes a fin de disminuir su impacto ambiental.

Una posibilidad consiste en la aplicación de equipos de recuperación, de energía calórica residual, que responden a un ciclo Rankine, utilizando fluidos orgánicos de bajo punto de evaporación, ORC, (Ciclo Rankine orgánico, por sus siglas en inglés) [1].

En el presente se ha diseñado un banco de ensayo que permite simular diferentes configuraciones de ciclos ORC que dispone de fuentes térmicas a diferentes niveles de temperatura, instrumentación y componentes, a fin de evaluar la eficiencia de la producción energética alcanzada, el desempeño de diferentes fluidos de trabajo y demás parámetros funcionales de relevancia.

La arquitectura de la configuración y el equipamiento posibilitan la realización de experiencias piloto emulando el calor proveniente de los motores endotérmicos; permitiendo la adecuación a los parámetros característicos de los motores de propulsión ferroviaria o naval. [2]. Se propone además un anteproyecto de expansor volumétrico, dadas las dificultades que plantea adaptar componentes de otras aplicaciones, por las presiones de servicio requeridas y la conveniencia de trabajar exento de lubricación.

Palabras clave— ORC, banco de ensayo, recuperación de energía.

1. Introducción

La optimización de los procesos energéticos y la recuperación de las energías residuales, consecuencia de los mismos, es motivo de estudio por parte de entes gubernamentales, centros de investigación y empresas. Una de las mayores fuentes de energía térmica residual, son los motores de combustión interna alternativos (MCIA), empleados en diferentes tipos de medios de transporte (marítimo, automotriz, ferroviario, etc.).

Sólo una parte de la energía de combustión se convierte en trabajo útil en el eje propulsor del MCIA. Un porcentaje muy importante de esa energía, del orden del 60%, se disipa en los sistemas de gases de escape, de refrigeración y por radiación.

Para recuperar parte de la misma pueden utilizarse Ciclos Rankine Orgánicos (ORC) aumentando el rendimiento térmico global de la máquina en cuestión. Estos ciclos son similares al Ciclo Rankine tradicional utilizado para generación eléctrica. La diferencia más importante radica en el fluido de trabajo empleado; se utiliza un fluido orgánico con un punto de evaporación inferior al del agua, lo que permite recuperar calor de bajo nivel térmico para generar trabajo mecánico.

Estos ciclos recuperan, total o parcialmente, el calor residual, proveniente del sistema de refrigeración o de los gases de escape de un MCIA en un intercambiador, que cumple el rol de un evaporador. Los fluidos orgánicos que se utilizan pasan del estado líquido a fase vapor a valores relativamente elevados de presión. Luego se los hace evolucionar en un expansor, generando de esta forma potencia mecánica. El ciclo se completa, condensando al fluido de trabajo y elevando su presión mediante una bomba hasta la presión de evaporación. El desarrollo, diseño, y optimización de los ORC como sistemas de recuperación de energía térmica residual, se ha basado fundamentalmente en el análisis de los siguientes aspectos: 1) Tipo de fluido de trabajo, 2) características de fuentes térmicas residuales, 3) condiciones de funcionamiento del ciclo y 4) tipo de máquina expansora [3].

Las potenciales ventajas de las aplicaciones basadas en ciclos ORC para uso automotriz, ferroviario, naval o industriales son destacables, aunque el tamaño de los intercambiadores de calor aún representa un aspecto crucial y merecen desarrollos específicos.

En el presente se ha determinado la arquitectura y selección de componentes de un banco de ensayo para evaluar las posibilidades de aplicación de estas tecnologías en la recuperación de calor para los MCIA. El mismo permite simular diferentes configuraciones de ciclos ORC, ajustar la temperatura de las fuentes, tanto fría como caliente, adecuándose a los parámetros característicos de los motores bajo estudio, así como también analizar el desempeño, en diferentes circunstancias, de distintos fluidos de trabajo, resultando de particular interés aquellos comercialmente disponibles.

1.1 Alcance

Las posibles fuentes de calor, pueden tener un origen muy diverso pero circunscribiremos la tarea, pensando en su aplicación a los MCIA. Particularmente aquellos destinados a la propulsión ferroviaria, naval y estacionarios de gran porte, considerando que por potencia y tamaño presentan condiciones más favorables que los de propulsión automotriz y por lo tanto una mejor oportunidad de implementación.

Distintas configuraciones de ciclos han sido consideradas a fin de establecer su potencialidad en los casos que particularmente interesan, acorde a las características, magnitud y temperaturas de las fuentes frías y calientes disponibles.

Particular interés se ha prestado a la necesidad de establecer criterios de selección y de comportamiento para el dispositivo de expansión, ya que su rol es determinante en la eficacia del conjunto. También se ha tenido en cuenta que la demanda de potencia sea acorde a las posibilidades del laboratorio y a su vez los resultados sean escalables y representativos.

1.2 Fuentes de calor

La fase preliminar del diseño de un ORC requiere evaluar el potencial de las posibles fuentes de calor residual. La eficiencia térmica de los MCIA difícilmente sea mayor a un 42%. Esto significa que un porcentaje importantísimo de energía es disipado al medio. Los gases de escape y el líquido de refrigeración son las principales fuentes de potencia térmica residual, en un MCIA. La radiación también es un medio de disipación pero de menor relevancia y de difícil captación, por lo tanto normalmente no se considera [4].

1.3 Gases de escape

Los gases evacuados por el colector de escape, constituyen una potencia térmica residual recuperable para incrementar la potencia mecánica generada o para reducir el consumo de un

motor. En un MCIA, dependiendo del tipo de configuración de motor (aspiración natural o turbo sobrealimentado), entre un 20 y un 40% de la energía interviniente en el proceso de combustión es disipada por los gases de escape [5].

Desde el punto de vista de su recuperación pueden plantearse dos alternativas, un intercambiador que directamente transfiera el calor de los gases al fluido de trabajo del ciclo; o eventualmente mediante un fluido intermediario.

1.4 Líquido refrigerante

La potencia térmica residual disipada por el líquido de refrigeración proviene de las camisas y culatas del motor y del sistema de lubricación en un MCIA, presenta una fracción de la potencia residual similar o superior a la de los gases de escape [4]. La potencia térmica disponible en el líquido de refrigeración depende de la potencia nominal del MCIA. Sin embargo, sus temperaturas son prácticamente las mismas para los motores bajo análisis, lo que permite una caracterización general. La temperatura de salida del líquido refrigerante rara vez supera los 90-95 °C y la temperatura máxima de retorno fluctúa entre 70 y 85 °C. Luego, para obtener conclusiones aplicables a MCIA comerciales deben respetarse los valores de esos parámetros en la configuración de las fuentes térmicas del banco de ensayo.

1.5 Ciclos

Los estudios respecto a la optimización de las condiciones del ciclo, se centran básicamente en la optimización de la presión de evaporación, condensación, y temperaturas de sobrecalentamiento y subenfriamiento, si fuera el caso.

Diferentes configuraciones ORC pueden lograrse teniendo como fuentes térmicas el líquido refrigerante y los gases de escape de un MCIA, con diferentes niveles de complejidad mecánica y de eficiencia [6]. Considerando que en el caso bajo estudio se trata de aplicaciones orientadas a grandes motores, como los de empresas que poseen flotas Ferroviarias o Navales, donde si bien resulta interesante la cantidad de calor que pueda recuperarse y el consiguiente ahorro de combustible, en ambos casos, la eficiencia del proceso de recuperación no resultaría mandataria, y si otros aspectos como:

- Complejidad y costo del equipamiento resultante.
- Espacio disponible para su instalación.
- Necesidad de mantenimiento, atendiendo a su instalación en vehículos (locomotoras o buques) de servicio continuo por períodos prolongados de tiempo.
- Seguridad personal, mecánica y ambiental.

Se decide en consecuencia centrar el estudio en configuraciones que posibiliten instalaciones compactas y relativamente sencillas a expensas de sacrificar parcialmente la eficiencia que se pueda obtener. Por lo tanto se propone para el banco un esquema que puede trabajar cumpliendo tanto ciclos BORC, como SORC o RORC. Ver Figura 1.

La intervención directa en la corriente de gases de escape puede resultar compleja y generar contrapresiones que pueden afectar el funcionamiento de los motores, por lo tanto resulta más sencillo trabajar sobre el circuito de refrigeración de los MCIA el cual no presenta dichos inconvenientes. Por lo mencionado anteriormente se plantea que el proceso de evaporación se lleve a cabo mediante el intercambio térmico entre el fluido de trabajo y el líquido refrigerante del motor (BORC), y en el caso de ciclos con sobrecalentamiento (SORC) o regenerativos (RORC) se agrega un aporte calórico proveniente de la corriente de gases de escape, sin interferir directamente en la misma.

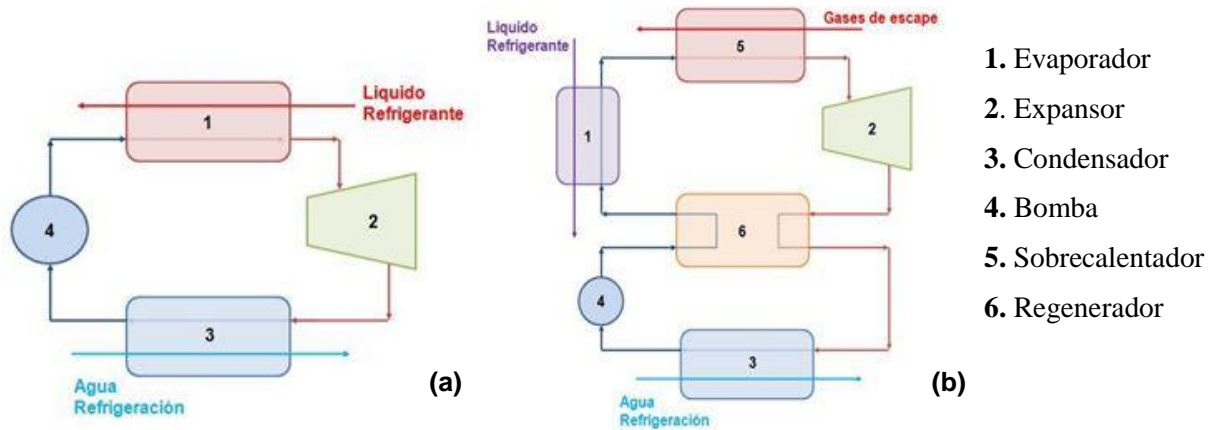


Figura 1: Configuraciones ORC a) básico b) regenerativo con sobrecalentamiento. Fuente: Elaboración Propia

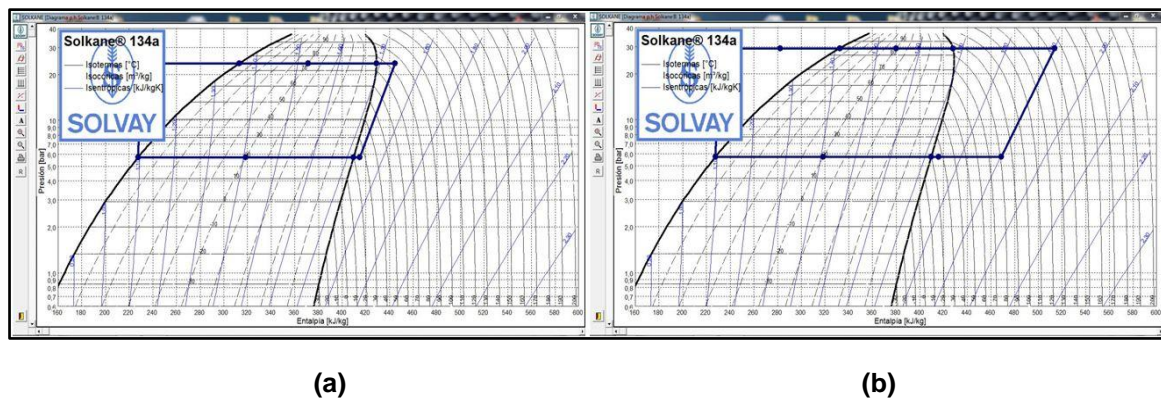


Figura 2: Diagramas P-h a) Básico b) Regenerativo con sobrecalentamiento. Fuente: Software Solkane

1.6 Fluido de Trabajo

La selección del fluido de trabajo tiene un gran efecto sobre la eficiencia del sistema para cualquier configuración de ORC. Uno de los más ampliamente utilizados es el criterio de la pendiente de la curva de saturación de vapor en el diagrama de temperatura-entropía. Si la pendiente es vertical el fluido se considera isoentrópico, si es positiva el fluido se denominará seco y se considera húmedo si la pendiente es negativa.

Los fluidos húmedos suelen no recomendarse debido al problema de la condensación durante la expansión que podría dañar el expansor. Sin embargo, un sobrecalentamiento puede evitar la formación de gotas de líquido durante la expansión. Por otra parte, el sobrecalentamiento también puede tener efectos positivos dependiendo de la configuración específica del ciclo, el fluido de trabajo y la fuente de temperatura.

Otros criterios, se basan en propiedades termo-físicas, de seguridad y medio ambiente que se resumen de la siguiente manera [7]:

- Alto calor latente de vaporización, influye en la eficiencia del ciclo.
- Volumen específico bajo, con el fin de obtener expansores más pequeños y baratos.
- Bajas presiones de trabajo, que se recomiendan para reducir el costo del equipo.
- Estabilidad química a las temperaturas máximas de funcionamiento para evitar la descomposición y el deterioro del fluido.
- Baja o nula inflamabilidad y toxicidad (PEL)
- Riesgo ambiental: nulo ODP (Ozone Depletion Potencial), bajo GWP (Global Warming Potencial) y corto ALT (atmospheric life time).

- Compatibilidad con materiales: corrosión, propiedades lubricantes.
- Disponibilidad comercial en el mercado local.

De los posibles fluidos frigoríficos a utilizarse y considerando los requisitos más arriba enunciados, el presente documento se limitará particularmente a los refrigerantes: R134a, R123 y R22. El R134a y el R123, por tratarse de fluidos frigoríficos que satisfacen razonablemente los requerimientos planteados, tanto desde el punto de vista termodinámico como ecológico y porque se trata de fluidos comercialmente disponibles en nuestro país. El R22 por tratarse de un fluido frigorífico tradicional y solamente a modo de referencia o como herramienta de comparación para los anteriores, ya que por su impacto ambiental está dejando de utilizarse.

Las propiedades de los fluidos de trabajo a fin de su utilización en ciclos ORC se vuelcan en la siguiente tabla.

Tabla 1: Características de los refrigerantes. Fuente: Elaboración Propia

N° ASHRAE	R-123	R-134a	R-22
Formula Química	CF ₃ CHCl ₂	CF ₃ CH ₂ F	CHClF ₂
Peso Molecular (Gr/mol)	152,93	102,03	86.5
Punto de Ebullición (°C)	27,85	-26,15	-40.8
Temperatura Crítica (°C)	183,79	101,06	96.1
Presión Crítica (bar)	36,74	40,56	49.9
ODP	0,012	0	0.050
GWP	120	1300	1700

- GWP(Global Warming Potencial) el cual indica el efecto ambiental ocasionado producto de una fuga de 1 kg de dicho refrigerante al ambiente, comparado con el efecto causado por 1 kg de CO₂ en el calentamiento del planeta.
- ODP (Ozone Depletion Potencial), que mide el efecto sobre la capa de ozono.

2. Materiales y Métodos

2.1 Instalaciones del Laboratorio

El Banco de ensayo, objeto del presente se instalará en el Laboratorio de Máquinas Primarias del Depto. de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, AR. lugar donde ya se cuenta con otros equipos para dar soporte y complemento al proyecto.

- 2 bancos de ensayo para MCIA de encendido por chispa.
- 1 banco de ensayo para motores Diesel.
- 1 banco de ensayo para turbinas de gas.
- 1 Planta piloto de vapor
- Otros equipos y simuladores de menor envergadura.

A fin de satisfacer los requerimientos que su funcionamiento demanda se dispone de:

- Agua: $P= 1,5 \text{ Kg/cm}^2$, $Q= 13 \text{ m}^3/\text{h}$
- Gas natural ($P= 0,018 \text{ Kg/cm}^2$, $Q=60 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Energía eléctrica 380 V, 63 A, 30 Kw

2.2 Banco de Ensayo

En función de las consideraciones que antecedentes propone un esquema, Figura 3, que permite:

- Trabajar con ciclos ORC, SORC o RORC, mediante la simple maniobra de válvulas.

- Poder utilizar como fluido de trabajo tanto el R123, como el R134a.
- Utilizar como fuente caliente una caldera eléctrica, a fin de facilitar el control de la temperatura.
- Incorporar un condensador enfriado por agua, a fin de poder ajustar adecuadamente la temperatura de condensación.

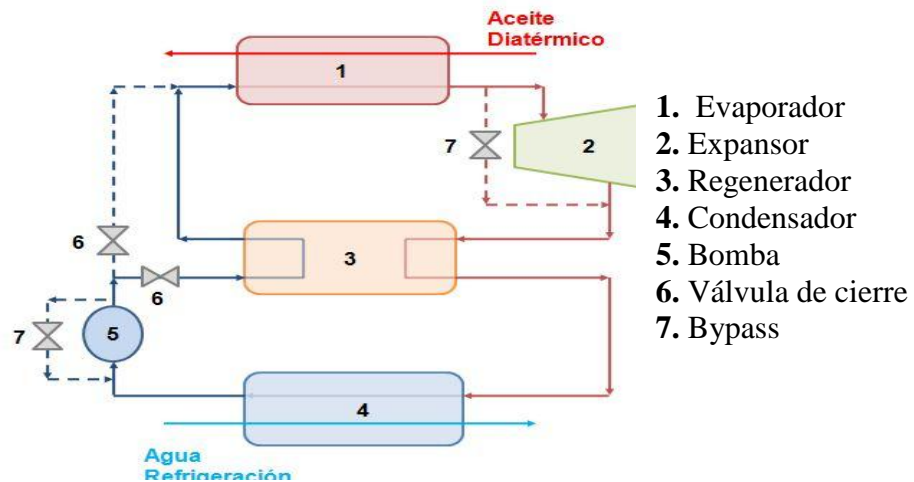


Figura 3: Configuración del banco de ensayo. Fuente: Elaboración Propia

En el esquema isométrico del banco, Figura 4, las válvulas (1) que permiten o no la circulación a través del regenerador, son del tipo compuerta. Las válvulas de bypass (2) de la bomba y del expansor, son tipo globo. La válvula de seguridad (3) del expansor, opera por resorte.

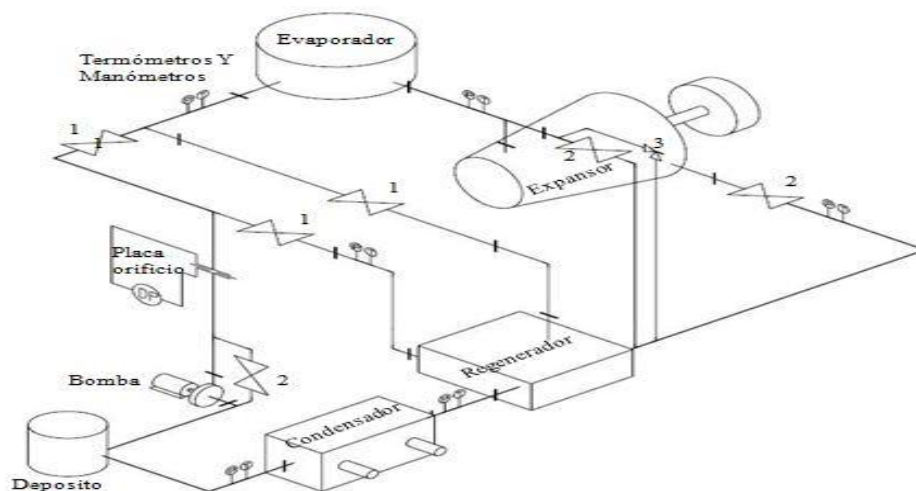


Figura 4: Esquema Isométrico. -Fuente: Elaboración Propia

2.3 Dimensionado y selección de componentes

Respetando las posibilidades de la potencia disponible en el Laboratorio y también las dimensiones de los componentes se estableció trabajar con una potencia en la entrada del ciclo de 20 KW, con la eventual posibilidad de extenderlo a 30 KW.

Se resolvieron los ciclos propuestos para el R123 y el R134a, utilizando el software SOLKANE® de la empresa SOLVAY (libre), a fin de determinar los parámetros funcionales. Se plantearon temperaturas de evaporación de 85°C, adecuándose a las temperaturas de funcionamiento de los MCIA, temperatura máxima de sobrecalentamiento de 145°C y temperaturas de condensación de 35°C (propulsión ferroviaria, donde el condensador

intercambia calor con la atmósfera) y 20°C (propulsión naval, donde el condensador intercambia calor con el agua de mar).

Tabla 2: Parámetros ciclo condensación a 35°C según SOLKANE®. Fuente: Elaboración Propia

CICLOS	ORC	RORC	ORC	RORC	ORC	RORC
FLUIDO	R-123		R-134a		R-22	
$P_{EVAPORACION}$ [bar]	5.54	5.54	29.26	29.26	40.38	40.38
$P_{CONDENSACION}$ [bar]	1.32	1.32	8.87	8.87	13.5	1.5
Evaporador [kw]	10	10	20	20	20	20
Condensador [kw]	8.79	8.53	17.69	16.95	17.57	17
Turbina [kw]	1.23	1.48	2.49	3.22	2.67	3.22
Bomba [kw]	0.02	0.01	0.18	0.17	0.24	0.22
Regenerador [kw]	-	2.32	-	5.53	-	3
Q_M [g/s]	51.38	50.26	102.1	97.07	101.4	95.29
Q_{EXP} [lt/min]	92.85	114.41	40.06	55.10	36.63	45.34
Q'_{EXP} [lt/min]	380.60	455.51	145.68	180.72	105.74	125.33
Q_{LIQ} [lt/min]	2.17	2.17	5.33	5.00	5.33	5.00
Δh_1 [kJ/kg]	0.29	0.29	1.74	1.74	2.33	2.33
Δh_2 [kJ/kg]	194.63	198.98	195.85	206.03	197.15	209.88
Δh_3 [kJ/kg]	-23.90	-29.54	-24.39	-33.17	-26.28	-33.79
Δh_4 [kJ/kg]	-171.02	-169.74	-173.20	-174.60	-173.20	-178.43
Δh_5 [kJ/kg]	-	-46.99	-	-56.96		-31.46
η [%]	0.12	15	12	15	12	15

Tabla 3: Parámetros ciclo condensación a 20°C según SOLKANE®. Fuente: Elaboración Propia

CICLOS	ORC	RORC	ORC	RORC	ORC	RORC
FLUIDO	R-123		R-134a		R-22	
$P_{EVAPORACION}$ [bar]	5.54	5.54	29.26	29.26	40.38	40.38
$P_{CONDENSACION}$ [bar]	0.76	0.76	5.72	5.72	9.1	9.1
Evaporador [kw]	10	10	20	20	20	20
Condensador [kw]	8.47	8.1	17.08	16.27	16.94	16.37
Turbina [kw]	1.55	1.86	3.1	3.9	3.30	3.85
Bomba [kw]	0.02	0.01	0.18	0.17	0.24	0.22
Regenerador [kw]	-	2.1	-	4.56	-	2.03
Q_M [g/s]	47.46	46.16	92.1	86.41	92.6	84.75
Q_{EXP} [lt/min]	85.77	105.08	36,14	49.05	33,45	40.32
Q'_{EXP} [lt/min]	588.74	699.19	202.91	244.76	140.96	159.77
Q_{LIQ} [lt/min]	2.00	1.83	4.50	4.17	4.67	4.17

Δh_1 [kJ/kg]	0.32	0.32	1.92	1.92	2.58	2.58
Δh_2 [kJ/kg]	210.71	216.66	217.16	231.47	215.80	235.99
Δh_3 [kJ/kg]	-32.64	-40.23	-33.65	-45.15	-35.56	-45.39
Δh_4 [kJ/kg]	-178.39	-176.76	-185.43	-188.24	-182.82	-193.18
Δh_5 [kJ/kg]	-	-45.39	-	-52.83	-	-24.01
η [%]	15	18	15	18	15	18

El R123, para las condiciones contempladas alcanza presiones del orden de los 5,5bar, lo cual es una ventaja, pero lógicamente su volumen específico es mayor, lo que incrementa el tamaño de los componentes. El R134a, alcanza presiones del orden de los 30 bar, lo que implica un mayor compromiso desde el punto de vista de resistencia de materiales, pero presenta lógicamente un menor volumen específico y por lo tanto una mayor compacidad de componentes. En referencia al R22, se planteó su utilización solamente a modo comparativo, por ser uno de los refrigerantes tradicionales, con un desempeño semejante al del R134a, pero lógicamente con un impacto ambiental muy superior.

Como se prevé el funcionamiento con dos fluidos diferentes, deben satisfacerse las condiciones de ambos. Respecto a las presiones de servicio se toma la mayor (30 bar), como presión de diseño. Considerando los caudales y por tanto, diámetros de tuberías y velocidades de circulación, en fase vapor la diferencia de volumen específico entre ambos fluidos, obliga a disminuir la potencia para el R123 a fin de limitar las velocidades de circulación. Motivo por el cual se decide trabajar con hasta 20 KW para R134 y hasta 10 KW con R123.

De la Tabla 2 y Tabla 3 de parámetros de funcionamiento, para las distintas configuraciones de ciclos consideradas, se obtienen los valores de presiones y caudales, para el dimensionamiento de tuberías y componentes.

2.4 Tuberías

Deben ser capaces de conducir el fluido con velocidades de circulación razonables tanto en fase vapor como en fase líquida. Se dimensionan entonces para 699 lt/min en fase vapor y 5,3 lt/min en fase líquida. (Ver Tabla 2 y Tabla 3), estableciéndose como límite una velocidad máxima admisible de 35 m/seg. en fase vapor.

Con esos valores se determinan los diámetros, se verifica únicamente la línea de vapor, ya que la de líquido satisface cómodamente.

$$Q \left[\frac{m^3}{seg} \right] = S [m^2] * V \left[\frac{m}{seg} \right] \quad (1)$$

$$Q = \frac{\pi * D^2}{4} * V \quad (2)$$

$$D = \sqrt{\frac{Q * 4}{\pi * V}} = \sqrt{\frac{699 * 4}{1000 * 60 * \pi * 35}} = 0.02 \text{ m} = 2.05 \text{ cm (valor mínimo)} \quad (3)$$

La dimensión comercial más próxima es DN= ¾" Sch 40, con un Di=2,1 cm.

Desde el punto de vista de la presión de servicio y temperatura de trabajo se verifican de acuerdo a la norma ASME B 31.3-2002, adecuándose finalmente a los materiales y dimensiones comercialmente disponibles por lo que en definitiva se adopta:

Para la línea Bomba-Regenerador – Evaporador – Expansor:

- DN= ½" Sch 40, sin costura, ASTM A106 GR B

Para la línea Expansor- Regenerador – Condensador:

- DN=3/4" Sch40, sin costura ASTM A106 GR B

- Para accesorios, empalmes, codos, conexión de instrumentos se utilizan accesorios de tipo “socket welding” en acero fundido serie 6000.
- Las válvulas interceptoras (que habilitan o no la circulación por el regenerador) son del tipo de compuerta, las válvulas reguladoras de tipo globo. Ambos tipos con conexión por bridas, serie 600.
- La válvula de seguridad de tipo de resorte se ajusta a 38 Bar.

2.5 Caldera eléctrica

La fuente de calor es una caldera eléctrica de aceite diatérmico con control de temperatura y una potencia máxima de 30 KW. El aceite caliente se utiliza para proporcionar calor al fluido de trabajo. Un intercambiador de calor se usa como evaporador del sistema ORC. Esto proporciona muchos beneficios para el diseño, tales como: la prevención de la degradación del refrigerante debido a las altas temperaturas de la película; la seguridad adicional, ya que las posibilidades de auto-inflamación del aceite se preservan por evitarse presencia de aire y además las temperaturas están lejos del umbral (360°C), así como facilitar las necesidades de control en un entorno de laboratorio. También permite que el sistema ORC cuente con una fuente de calor líquido que es más relevante para las aplicaciones bajo estudio. Ver Figura 5.

El aceite térmico seleccionado de Petro-Canada se conoce como CALFLO HTF. El aceite fue seleccionado ya que es fácilmente disponible, opera en el rango de temperatura requerido y tiene una viscosidad razonablemente baja. Una viscosidad reducida es deseable, ya que minimiza el trabajo del agitador y aumenta la transferencia de calor. El diseño se muestra a continuación:

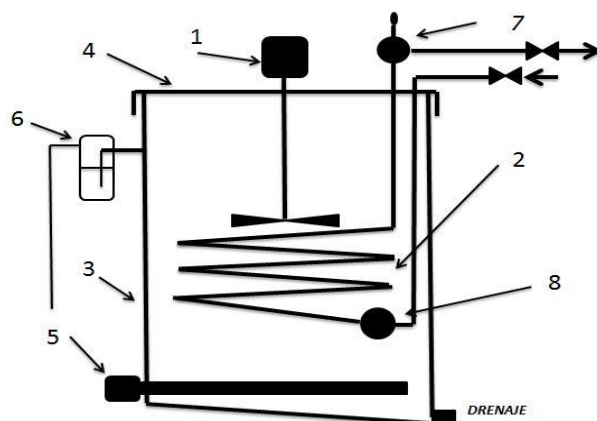


Figura 5: Esquema de caldera eléctrica .Fuente: Elaboración Propia

1. Conjunto agitador. 750 rpm. Diámetro paleta 250 mm
2. Serpentín caño acero S/C, ASTM A-186, diámetro 21,3 mm x 2,31 de espesor. Diámetro de espiras 600 mm. Número de espiras inicial 8. Superficie aprox. $0,30\text{ m}^2$ (inicial).
3. Cuerpo batea, chapa negra rolada, espesor 4,72 mm (3/16"), diámetro del cuerpo 800 mm, altura cuerpo 1000 mm. Fondo inclinado para vaciado y drenaje.
4. Tapa superior con sello siliconado o similar, para aislamiento ingreso aire.
5. Batería resistencias calefactoras. 3 x 380 V x 5000 Watts c/u. Cantidad 6 (seis). Potencia total instalada 30000 Watts. Disposición radial en dos anillos de tres resistencias cada uno, a 120 grados entre sí
6. Sello hidráulico con aceite, (trampa de aire), para mantener volumen interior a presión atmosférica y sin ingreso de oxígeno.
7. Domo salida, con toma de temperatura y presión. DN 6", L= 600 mm.
8. Depósito almacenamiento carga y regulador de flujo. DN 4", L = 500 mm.

2.6 Intercambiadores

Dadas las magnitudes de las cargas térmicas y los caudales previstos de proceso se eligieron intercambiadores de placas, tanto para el condensador como para el regenerador, en vez de los que habitualmente suelen usarse de casco y tubos, para instalaciones de mayor porte.

Para la selección tanto del condensador como del regenerador se utilizó el software de cálculo DANFOSS HEXACT® (libre) para intercambiadores de placas, en el cual se presentan las especificaciones técnicas y de diseño que se adjuntan a continuación:

Tabla 4: Especificaciones técnicas y de diseño del condensador. Fuente: Danfoss Hexact

Condiciones de diseño		
Tipo de flujo	Contracorriente	
	Lado refrigerante	Lado agua
Carga calorífica [kw]	20	
Temperatura de entrada [°C]	50	25
Temperatura de salida [°C]	-	30
Temperatura de condensación [°C]	35	-
Caudal masa [kg/s]	0.112	0.958
Caudal volumétrico [lt/min]	-	58
Especificaciones del intercambiador		
Modelo	D55-H-34	
Superficie total [m2]	1.63	
Flujo térmico [kw/m2]	12.25	
Numero de placas	34	
Presión de diseño máxima [bar]	30	
A [mm]	58.5	
L [mm]	25	
P [kg]	6.91	

Los parámetros que resultan mandatorios a la hora del diseño del condensador son para el fluido R134a en el ciclo BORG debido a que en esta configuración se debe extraer la mayor cantidad de calor, por lo tanto para el R123 queda sobredimensionado.

Tabla 5: Especificaciones técnicas y de diseño del regenerador. Fuente: Danfoss Hexact

Condiciones de diseño		
Tipo de flujo	Contracorriente	
	Lado vapor	Lado líquido
Carga calorífica [kw]	6	
Temperatura de entrada [°C]	110	35
Temperatura de salida [°C]	45	80
Caudal másico [kg/s]	0.123	0.125
Caudal volumétrico [l/min]	1140	5.2
Especificaciones del intercambiador		
Modelo	D55-H-56	
Superficie total [m2]	2.75	
Flujo térmico [kw/m2]	2.18	
Numero de placas	56	
Presión de diseño máxima [bar]	30	
A [mm]	90.1	
L [mm]	25	
P [kg]	9.88	

Lo que debió respetarse para la selección del regenerador es el caudal volumétrico de vapor a la salida del expansor (Q'_{EXP}). De tabla 2 y Tabla 3 se tiene que el mayor caudal volumétrico se da para el R123. Por lo tanto para el R134a quedara sobredimensionado.

Cabe destacar que los intercambiadores seleccionados solo difieren constructivamente en la cantidad de placas. Respecto al condensador debe mencionarse que el control de la temperatura a los 20°C ó 35°C previstos, según el ciclo, se logra controlando la temperatura del agua de refrigeración.

2.7 Bomba

Para la selección de la bomba se debió tener en cuenta que el fluido R123 debe llegar a una presión de evaporación de 5.5 bar mientras que el R134a debe llegar a 30 bar. Para lo cual se debió optar por un criterio de selección que pueda satisfacer la condición más crítica de trabajo que es la de mayor presión.

La bomba seleccionada es del tipo “regenerativa”. Estas ya se usan para alimentación de calderas por sus prestaciones y vienen preparadas para trabajar con productos químicos, incluso aquellos no lubricantes. Normalmente son de doble aspiración, esto elimina el empuje axial sobre los cojinetes, ya que por las presiones que se manejan los esfuerzos serían considerables.

Tabla 6: Características hidráulicas de la bomba. Fuente: Ferretería Casa Bernabé proveedora de EGIA S.A

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS A 2850 rpm.									
Mod.	Bocas (mm)	Caudal	Altura manométrica (m)						
			50	70	90	110	130	150	170
TB7	19x19	l/h	1500	1260	1000	800	540		
TZ11	25x25		1800	1680	1510	1350	1200	1040	

A fin de satisfacer las condiciones de servicio se elige una bomba EGIA TBB, modelo TZ 11, en configuración de doble etapa, para alcanzar la presión de descarga necesaria (15 kg/cm² cada etapa), accionada por un motor eléctrico trifásico de 3 KW y 2900 rpm.

2.8 Dispositivo de expansión

La correcta selección de la máquina expansora es imprescindible para obtener un buen rendimiento en el proceso de expansión en un sistema de recuperación mediante ciclos ORC [7].

La selección de la tecnología para realizar dicha expansión, depende de las condiciones termodinámicas del ciclo y del caudal másico del fluido de trabajo. Principalmente existen dos tipos de máquinas expansoras: turbo máquinas y máquinas volumétricas.

Las máquinas volumétricas son más apropiadas para sistemas de recuperación de pequeña escala, debido a sus bajos caudales volumétricos, altas relaciones de expansión y velocidades de giro reducidas. Las turbo máquinas en cambio, se utilizan para expansiones con elevados caudales volumétricos y relaciones de expansión no muy elevadas [8].

En función de lo expresado, se decide adoptar, máquinas de desplazamiento positivo, como dispositivos de expansión. Dados los parámetros de servicio para los ciclos considerados, que se vuelcan en la tabla 7, correspondientes a las condiciones más exigentes, ciclos RORC con condensación a 20°C.

Tabla 7: Parámetros ciclo RORC con condensación a 20°C. Fuente: Elaboración Propia

RORC	P_{EVAPORADOR} [bar]	P_{CONDENSADOR} [bar]	Relac.de Expans.	Q_{EXP} [lt/min]	Q'_{EXP} [lt/min]	N [Kw]
R123	5.54	0.76	7,26	105	699.1	1,54
R134a	29.26	5.72	5,11	49	244.7	1,54

Para el caso del R123, vemos que de acuerdo a las presiones de servicio, 5,54 bar, se puede adaptar un motor neumático de paletas, cuyas curvas características cubran las condiciones de servicio establecidas y el diseño y materiales del mismo puedan funcionar libres de lubricación. Comercialmente disponibles. Las curvas características del motor en cuestión se adjuntan en el Gráfico 1, donde la zona de trabajo sería la sombreada.

El mismo expansor no puede utilizarse para el R134a, ya que la presión de evaporación trepa a 30 bar, muy por encima de las correspondientes a herramientas neumáticas, por lo que sería necesario contar con un componente expresamente diseñado a tal fin.

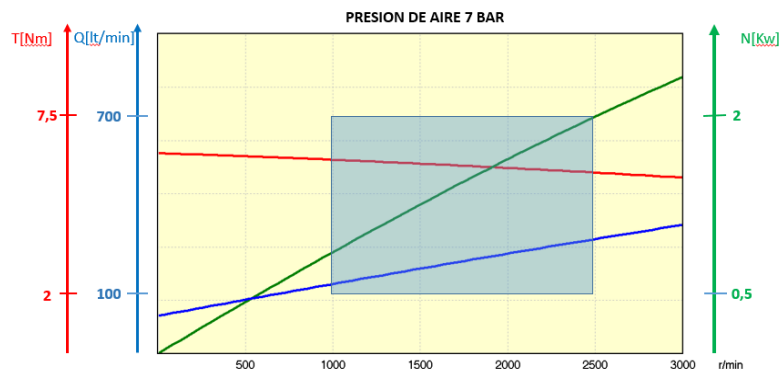


Gráfico 1: Curvas características motor neumático. Fuente: Elaboración propia.

El expansor arriba seleccionado puede utilizarse en aquellas experiencias donde se utilice R123 como fluido de trabajo, ya que en ese caso las máximas presiones previstas no alcanzan los 6 kg/cm², en cambio el R134a requiere presiones del orden de 30 kg/cm², que no pueden ser cubiertas por herramientas neumáticas como la elegida.

Motivo por el cual se decidió comenzar a estudiar la factibilidad de diseñar un expansor que pudiera trabajar a 30 bar (R134).

Condiciones del diseño:

De acuerdo a los parámetros de funcionamiento del banco se decide desarrollar un expansor volumétrico de paletas, ya que por los caudales y potencias en juego se aconsejan máquinas volumétricas; considerando también que su diseño y construcción es más simple que el de una turbomáquina.

- Potencia nominal de diseño: 2,5Kw a 2000 rpm.
- Presión máxima de servicio prevista: 30 Kg/cm².
- Relación de expansión : 5 a 1
- Caudal volumen en la admisión: 49,05 lt/min
- Área de lumbrera en la admisión: 177mm²
- Caudal volumen en la descarga: 244,76 lt/min
- Área de lumbrera en la descarga: 885 mm²

Los valores nominales que se adjuntan arriba se obtuvieron de los parámetros de funcionamiento de los ciclos propuestos que se presentan en las Tabla 2 y 3.

Diseño geométrico:

Dentro de las posibles configuraciones se elige una máquina de paletas, atendiendo particularmente a las relaciones de expansión necesarias, relativa sencillez mecánica y facilidad constructiva (camisa y superficies de deslizamiento cilíndricas). Modificando el tamaño relativo de los diámetros de rotor y camisa, excentricidad y número de vanos se alcanzó una solución geoméricamente satisfactoria a fin de permitir, la relación de expansión pretendida, permitiendo el libre movimiento de las paletas y profundidades de canaletas de alojamiento que no comprometan la integridad mecánica del rotor. Ver Figura n° 7

Como paralelamente a la búsqueda de la solución que permita satisfacer las características de funcionamiento pretendidas, se debe ir simultáneamente estudiando la arquitectura mecánica, disponibilidad de materiales y componentes, complejidad y factibilidad de construcción y montaje, se ha contemplado en este caso basar su construcción en un tubo HP, propio de aplicaciones hidráulicas de 120 mm de diámetro interior. Excede los límites de presiones pretendidos e interiormente ya se provee rectificado para su utilización inmediata.

El rotor es de una sola pieza de acero SAE 4140, mecanizado a sus dimensiones y geometría definitivas, verificándose su resistencia a torsión para poder cumplir la condición de servicio propuesta, 2,5 KW a 2000 rpm.

En las uniones estáticas (tapas y cilindro) la estanqueidad se logra mediante aro sellos alojados en canaletas mecanizadas en cada una de las tapas. De las dos tapas que cierran el conjunto y alojan a los rodamientos, una es ciega a fin de facilitar la estanqueidad y la otra contiene un sello mecánico a tal fin, para permitir el pasaje del eje motriz que lo vinculará con el freno dinamométrico.

La tapa ciega es la que permite comunicar a los vanos del motor con las líneas de vapor por lo que para determinar su espesor, no sólo deben contemplarse consideraciones de resistencia mecánica, sino además la necesidad de permitir la migración de la geometría de las lumbreras de admisión y escape con los respectivos diámetros de tubería para el conexionado. La lumbrera de admisión posee una inclinación tangencial en el sentido de rotación previsto, a fin de que la velocidad de ingreso del fluido colabore en el par de arranque. La correcta alineación del cilindro con las tapas se logra por un par de puntos fijos de cada lado y el montaje se asegura mediante seis espárragos. Ver Figura n° 7.

Para determinar la longitud necesaria del rotor (175mm), definitoria del volumen confinado por los vanos se estableció como pauta que el expansor fuera capaz de admitir, girando a 1750 r.p.m. el máximo caudal previsto para R134a en configuración RORC con condensación a 20°C.

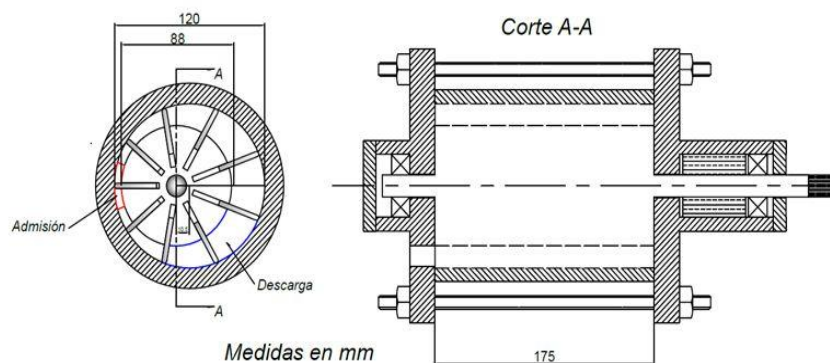


Figura 6: Esquema geométrico del expansor. Fuente: Elaboración Propia.

2.10 Freno dinamométrico

Para medir la potencia mecánica que se obtiene en el eje del expansor, se vincula el mismo a un alternador automotriz de 24 volt, cuyas curvas características se adjuntan, gráfico 2, acoplado directamente al eje del expansor. Para medir la potencia generada, el montaje del alternador es flotante con brazo de equilibrio y balanza, a fin de medir la cupla motriz transmitida y calcular la potencia. La carga eléctrica se genera por medio de un banco de resistencias variables y así poder regular la intensidad del frenado. Las características del mismo permiten, en el rango de velocidades previsto del expansor, entre 1000 y 3000 rpm, desarrollar entre 0,8 y 2 KW.

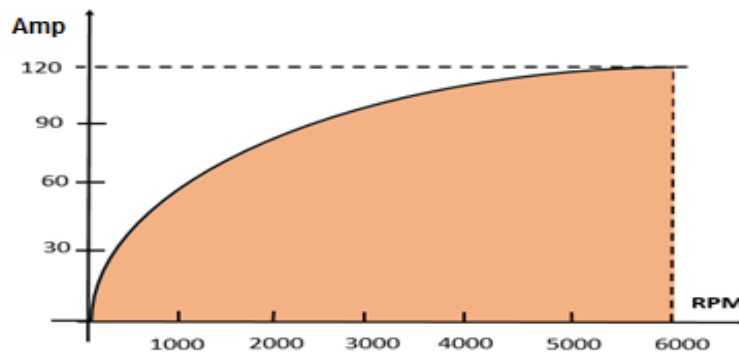


Gráfico 2: Curva característica alternador. – Fuente: Elaboración propia.

2.11 Instrumentación

La necesidad de relevamiento de información se satisface con la ubicación de manómetros, caudalímetros y termómetros en las ubicaciones indicadas en el esquema isométrico, Figura 5. La conexión de los mismos a las tuberías se materializa mediante accesorios de tipo “socketwelding”.

Mediciones de temperatura: Se realizan mediante termocuplas envainadas, tipo J (Hierro-CobreNiquel J), rango -40°C $+750^{\circ}\text{C}$, precisión $0,5^{\circ}\text{C}$).

Mediciones de presión: Manómetros tipo Bourdón, tubo en acero inoxidable 316L, precisión $\pm 0,5\%$ de la escala total (ASME B40.100, grado 2a). Escala 0-50 Bar, lado de alta. Manovacuómetro, tipo Bourdon, tubo en acero inoxidable 316L, precisión $\pm 0,5\%$ de la escala total (ASME B40.100, grado 2a). Escala -1 +10 Bar.

Caudalímetro, tipo brida orificio de acuerdo a especificaciones Ansi B 16.5 clase 600. Precisión: $\pm 3\%$ del caudal actual. (Equivalente a $\pm 1,5\%$ de la escala al 50% del caudal máximo). Repetibilidad: normalmente $\pm 0,3\%$. Rango: 4:1. Si se desea determinar la eficiencia del expansor, debe intercalarse una segunda brida orificio en su línea de alimentación.

3. Resultados y Conclusiones

Con la información relevada puede calcularse con razonable precisión la eficiencia global del sistema y de cada uno de los componentes. Eventualmente, mediante reemplazos comparar diferentes alternativas de solución. Paso previo imprescindible antes de escalar el sistema para su implementación en un caso real como los propuestos de aplicación ferroviaria o naval.

Permite correlacionar el peso y tamaño de los componentes reales en función de la potencia o el calor recuperado, de suma importancia pensando en aplicaciones concretas.

Si bien el diseño se basa en el uso de 2 fluidos, su utilización puede extenderse a otros que pudieran interesar, siempre que los parámetros funcionales sean razonablemente coincidentes. Dados los diferentes caudales volumen y diferencias de presión de los dos fluidos considerados resulta necesario contar con diferentes expansores de acuerdo a las características de cada uno de ellos.

Si bien para aplicaciones como las que aquí se presentan, una alternativa interesante como dispositivo de expansión lo brinda el campo de las herramientas y actuadores neumáticos, su presión de servicio está limitada a aproximadamente 10 bar, la necesidad de poder aumentar las presiones de servicio es el motivo por el cual se incorpora al presente el proyecto del expansor propuesto.

5. Referencias

- [1] Desideri, Adriano; Gusev, Sergei; Van den Broek, Martijn; Lemort, Vincent; Quoilin, Sylvain (2016). "Experimental comparison of organic fluids for low temperature ORC systems for waste heat recovery applications". *Energy*, volume 97, paginas 460-469.
- [2] Apostol, Valentin; Pop, Horatiu; Dobrovicescu, Alexandru; Priesecaru, Tudor; Alexandru, Ana; Prisecaru, Mălina.(2015). "Thermodynamic Analysis of ORC configurations used for WHR from a turbocharged diesel engine". *Procedia Engineering*, volume 100, paginas. 549-558.
- [3] Sylvain, Quoilin; Martijn, Van den Broek; Sebastien, Declaye; Pierre, Dewallef; Vincent, Lemort. (2013). "Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle systems". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume 22, paginas 168-186.
- [4] Peris, Bernardo; Navarro-Esbri, Joaquin; Moles, Francisco. (2013). "Bottoming organic Rankine cycle configurations to increase Internal Combustion Engines power output from cooling water waste heat recovery". *Applied Thermal Engineering*. Volume 61, paginas. 364-371.
- [5] Tianyou, Wang; Yahun, Zhang; Zhijun, Peng; Gequn, Shu.(2011). "A review of research Sustainable Energy Reviews. Volume 15, paginas 2862-2871.
- [6] Apostol, Valentin; Pop, Horațiu; Dobrovicescu, Alexandru; Prisecaru, Tudor; Alexandru, Ana; Prisecaru, Mălina.(2015). "Thermodynamic Analysis of ORC Configurations Used For WHR from a Turbocharged diesel engine". *Procedia Engineering*. Volume 100, paginas 549-558.
- [7] Junjiang, Bao; Li, Zhao. (2013). "A review of working fluid and expander selections for organic Rankine cycle". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 24, paginas 325-342.
- [8] Davis, Patrick; McTaggart, Paul (2004). "Development of a hybrid compressor/expander model for automotive applications". U S Department of Energy. Grant Number 36 01AL 67603.

Nomenclatura

- ORC: Ciclo Rankine Orgánico
- BORC: Ciclo Rankine Orgánico Básico
- RORC: Ciclo Rankine Orgánico Regenerativo
- SORC: Ciclo Rankine Orgánico Sobrecalentado
- HP: tubos de precisión para la fabricación de cilindros hidráulicos.
- MCIA: Motor de combustión interna
- Δh_1 = Trabajo teórico de la Bomba.
- Δh_2 = Calor teórico ingresado en el evaporador
- Δh_3 = Trabajo teórico producido en el expansor
- Δh_4 = Calor teórico extraído en el condensador
- Δh_5 = Calor intercambiado en el regenerador
- Q_{exp} = Caudal teórico de vapor que ingresa al expansor
- Q'_{exp} = Caudal teórico de vapor a la salida del expansor
- Q_{liq} = Caudal teórico de alimentación de la bomba
- Q_M = Caudal másico
- η = Rendimiento teórico del ciclo
- Q = Caudal volumen [L³/t]
- D = Diámetro de tubería [L]
- V = Velocidad [L/t].



III CADI
IX CAEDI
2016



EROSIÓN HÍDRICA EN EL CENTRO DE LA REPUBLICA ARGENTINA APLICANDO LA ECUACION UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO Y EL METODO DE DEGIOVANNI

Ing. ALPIRI, Emilce Natalaia, UTN Fac. Reg. San Francisco, emilcealpiri@gmail.com

Ing. CERINO, Darío Natalio, UTN Fac. Reg. San Francisco, dariocerino@hotmail.com

Ing. HERRERO, Marcelo Alejandro, UTN Fac. Reg. San Francisco,
marceloherrero97@gmail.com

Ing. VELAZQUEZ, Héctor Antonio, UTN Fac. Reg. San Francisco,
hectoravelaz@hotmail.com

Resumen— La erosión hídrica es el proceso mediante el cual el suelo y sus partículas son separados por el agua.

La degradación de las tierras es el resultado de uno o varios procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de su productividad. Gran parte de las tierras agrícolas de la región pampeana, sufren algún tipo de proceso de degradación, físicos, químicos o biológicos siendo la erosión una de los más importantes.

Este trabajo consiste en la aplicación del método de Degiovanni y de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) que es un método cuantitativo de valoración indirecta de la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica. La estimación se realiza a partir de la modelización de la respuesta del suelo frente a la precipitación pluvial. Por su fácil aplicación y universalidad en las situaciones ambientales de su aplicación, es en la actualidad el modelo de mayor aplicación.

También, se desarrollaron algunos métodos cualitativos para la obtención de una rápida apreciación de los problemas de erosión, se basan en la cartografía de unidades de erosión, ambientales, geomorfológicas o de suelos que mantienen cierto grado de homogeneidad. En Argentina, este procedimiento fue aplicado con algunas adaptaciones por Degiovanni et al. (1995) y Sanabria et al. (1996). Esta metodología es de diagnóstico rápido y puede ser fácilmente desarrollada a partir de la información suministrada.

Palabras clave— *Degradación, precipitaciones, USLE, método.*

1. Ubicación de la Zona de Análisis

La zona de análisis seleccionada es una porción de los departamentos Marcos Juárez, Unión, San Justo y Gral. San Martín, todos de la provincia de Córdoba, y parte de la provincia de Santa Fe hasta el Río Paraná, la ciudad de Marcos Juárez, se ubica al centro de esta región estudiada, y al Este de la Provincia de Córdoba, casi en el límite con la Provincia de Santa Fe, en la zona denominada “Pampa Ondulada”, limitada al Norte con lo que denominamos la “Depresión de Tortugas”, al Oeste con la “Pampa Loessica Plana”, al Sur con la continuación de la “Pampa Ondulada” y al Este con la Provincia de Santa Fe conjuntamente con la cual

comparte los bajos del Arroyo Tortugas afluente del Río Carcarañá, que desemboca sus aguas en el Río Paraná.

Abarca desde Villa María, hasta el Río Paraná, pasando por la ciudad de Marcos Juárez, de Oeste a Este, en una distancia aproximada de 350 km y de Norte a Sur, 150 km al Norte de Marcos Juárez y 150 km al Sur, de dicha localidad, todo lo que nos da una zona en estudio de 350 km de ancho por 300 km de alto, con la ciudad de Marcos Juárez en el centro.

Es una porción de 5.800.400,24 ha. (Figura 1)

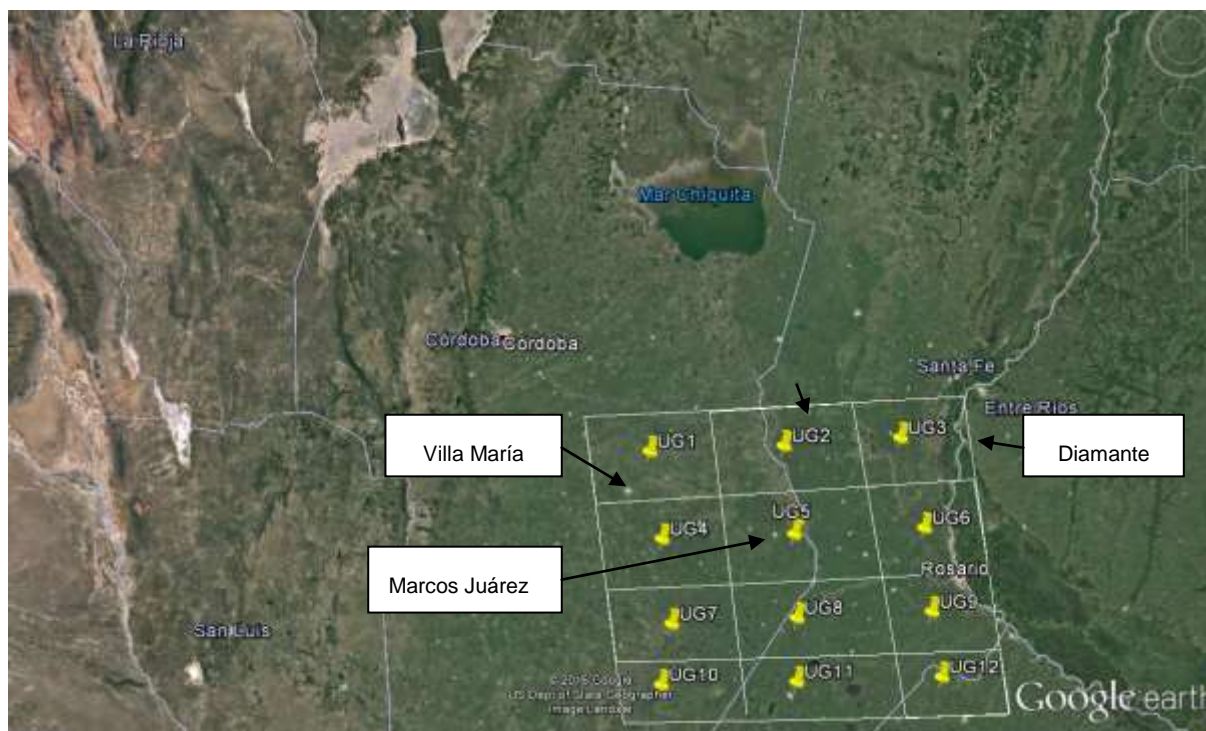


Figura 1: Vista satelital de la zona. Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

La zona de análisis se divide en parcelas, formadas por líneas de cortes transversales y longitudinales, denominadas Corte 1 a Corte 9.

2. Características del Área Seleccionada

2.1 Suelo

Se obtienen datos del relieve, tipo de suelo, clima y otras características mediante la opción “información” de Visor Geointa [1].

El subsuelo de la Provincia de Córdoba se apoya sobre el macizo de Brasilia, basamento cristalino muy profundo. Sobre él yacen rocas del Paleozoico y sedimentos del Terciario. Durante el Cuaternario los sedimentos cubrieron estas enormes extensiones con materiales de erosión transportados durante milenios por el viento y el agua.

Los suelos de zona de estudio seleccionada son fértiles y productivos, en general con buena capacidad para retener la humedad. Se los utiliza para la agricultura y la ganadería.

Se toma como referencia geográfica de la zona de estudio, a la Ciudad de Marcos Juárez.

En los alrededores de la Ciudad de Marcos Juárez, el suelo se presenta oscuro, profundo y bien drenado, desarrollado sobre un sedimento de loess. La capa arable hasta los 20 - 23 cm es

de color pardo grisáceo muy oscuro. Hacia abajo se hace más arcillosa, hasta una profundidad de 66 cm aproximadamente.

Según la carta de suelos Hoja 3363 – 17 Marcos Juárez, en ensayos se encuentra un suelo identificado como Argiudol típico, que posee capacidad de uso. Es un suelo oscuro, profundo y bien drenado de las lomas casi planas, desarrollado sobre un sedimento loésico de textura franco limosa, constituyendo un típico representante de los suelos buenos del área con una amplia aptitud para cultivos, forrajes y pasturas, aunque presentan una ligera limitación climática (INTA, 1978).

La unidad geomorfológica dominante es la denominada Pampa Loésica Plana, donde la cubierta superior está conformada por sedimentos loessicos producto de la actividad volcánica explosiva cordillerana. [Mansilla, 1987]

De acuerdo a los datos suministrados por “Estación Experimental INTA Marcos Juárez”, para ensayos iniciado en campaña con la rotación Maíz-Trigo/Soja-Soja, se determina que la composición del suelo es un Argiudol típico, con la siguiente composición mineral en el horizonte:

- Arcilla 215 g kg⁻¹
- Limo 689 g kg⁻¹
- Hasta los 20 cm de profundidad, para el área cercana a Marcos Juárez, se presenta un contenido de materia orgánica de 2,64 - 3,00 % promedio

2.2 Relieve

El relieve general es muy plano, las alturas en la mayoría de los perfiles realizados, exceptuándose las zonas de bajos inundables se ubican entre los 150 a 160 msnm. Las pendientes están entre 0,3 al 0,5 % al Este.

Las márgenes (800 m) de los principales ríos de la zona de estudio (Rio Carcarañá, Rio Tercero y Paraná) presentan un suelo aluvional debido al arrastre de rocas, quedando expuesto un “material fino” formado por limo y arena fina.

Para el caso del Arroyo Tortugas, como es un desagüe natural de los excesos hídricos de la zona de estudio, no se evidencian aluviones ni arenas finas, si presentan arenas gruesas y arcillas, con un paisaje dominante solo en sus márgenes de bajos y lomas.

La zona próxima a Marcos Juárez corresponde al predominio de la pampa ondulada y escalones estructurales. Las aguas se escurren superficialmente, donde las lomas son alargadas y planas no se manifiestan grandes problemas de erosión, pero estos oscilan de moderados a críticos, en donde las pendientes se hacen más pronunciadas, próximas al Carcarañá y al arroyo Tortugas.

Las vías de escurrimiento o desagüe siguen en general un marcado paralelismo.

Se indica a continuación las características específicas de los suelos: [4]

2.2.1 Este de la ciudad de Marcos Juárez

Desde el Norte existe una suave pendiente no mayor a 0,5 grados desde los denominados “Bajos de San Antonio” (Dpto. San Justo), que descienden hacia el Sur.

Es una zona definida en planos adjuntos como de “bajos naturales”, entre la Provincia de Córdoba, y toda la Provincia de Santa Fe.

2.2.2 Oeste de la ciudad de Marcos Juárez

Al Oeste de la Ciudad de Marcos Juárez, es decir hacia Villa María, el suelo superficial asciende suavemente, llegando a cota 204 msnm, en la ciudad de Villa María, siguiendo su ascenso a lo largo de la Autopista N° 9 hacia la ciudad de Córdoba, en un tramo aproximado de 100 km desde Villa María, donde se llega a una cota máxima de 380 msnm.

2.2.3 Norte de la ciudad de Marcos Juárez

Los suelos superiores de la parte Norte poseen pendientes NW-SE, que desde cota 99 msnm, bajan hasta cota 85 msnm, para unirse a la cuencas de bajos naturales del Arroyo Tortugas y de allí al Rio Paraná, existiendo una divisoria de aguas NE-SW, donde el suelo superficial, va creciendo su cota, hasta llegar a cota 204 msnm en la ciudad de Villa María.

2.2.4 Sur de la ciudad de Marcos Juárez

Las cotas superficiales de los suelos van creciendo hasta llegar por el Sur de Villa María, a valores de 350 msnm, siguiendo en la dirección antes mencionada.

2.3 Clima

En líneas generales, la zona seleccionada tiene las características climáticas propias de la Provincia de Córdoba. Se trata, específicamente, de un clima templado. La temperatura del mes más caliente es superior a 22°C (veranos muy calurosos). Frío en invierno, con temperatura media menor a 18°C. Precipitación escasa en invierno, con una media anual de 600 mm, que permite el cultivo de carácter extensivo en ciertas épocas del año.

Desde el punto de vista dinámico, el clima es típico de la zona templada, con caracteres específicos de una zona mediterránea. Es de una gran uniformidad térmica.

En otoño y primavera, en general, se presenta buen tiempo, con marcada amplitud térmica, lo que produce una sensación agradable durante el día, pero con frío en las noches y primeras horas de la mañana.

2.4 Precipitaciones

En general y sobre todo en primavera / otoño, el cambio del tiempo se produce con fuerte vientos del Sur, a veces realmente intensos, y tempestades eléctricas y lluvias. Algunos de los ciclones propios de este estado de tiempo, dotados de mayor energía cinética, pueden producir verdaderos destrozos en diversos lugares.

A partir de octubre las lluvias suelen ser torrenciales y producir crecidas en los cursos de agua que descienden de la falda oriental de las Sierras. Suelen ser lluvias de corta duración; pronto el cielo se despeja por completo mientras se acentúa el predominio de una masa de aire de origen polar, fresco y limpio que facilita la insolación.

3. Medio Biótico

El tipo de vegetación dominante en este sector es el que caracteriza a la estepa pampeana, casi sin árboles. Posee vegetación herbácea.

Es de hacer notar que la vegetación natural queda sólo en muy pocos sitios no modificados por la agricultura y la ganadería.

Hay actualmente numerosas especies silvestres, algunas originarias de la zona y otras procedentes de otras latitudes que se adaptaron a esta región.

En bañados, lagunas y zonas anegables, en épocas de lluvias muy abundantes, se presentan especies vegetales propias de ese hábitat, tales como cola de mula, pelo de chanco, juncos, cortaderas, etc.

3.1 Agricultura

Con el constante crecimiento y desarrollo de zonas urbanas, la vegetación terrestre se encuentra severamente amenazada.

En la Tabla 1 se comparan tres campañas para un área seleccionada alrededor de Marcos Juárez:

Tabla 1: Campañas 2007/2010 en Marcos Juárez

Siembra	2007/2008		2008/2009		2009/2010	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Trigo	346158	28.9	166768	14.1	97901	8.2
Maíz	256419	21.4	212751	17.8	251265	21.0
Soja 1°	39874P	33.3	720907	60.3	767107	64.2
Soja 2°	346158	28.9	168768	14.1	97901	8.2

Fuente: INTA

Se determina que los tres cultivos más importantes son el trigo, soja y maíz, pero también hay posibilidades de otras coberturas como alfalfa, pasturas naturales y/o implantadas, sorgo y girasol.

Debe tenerse en cuenta que esta evaluación se hace sobre zonas cultivables, descartándose aquellas que no lo son como bañados o superficies inundadas por los eventos de principio de 2015.

4. Modelo de la Estimación de la Erosión

Los métodos para la estimación de la erosión son herramientas que permiten evaluar mediante un indicador cuantitativo el grado de erosión presente, y las posibilidades de control del proceso mediante técnicas de manejo.

Los modelos “empíricos” se desarrollan a partir de relaciones estadísticas entre procesos, basadas en el tratamiento de grandes bases de datos.

4.1 Método de Degiovanni

Este método es útil para obtener una aproximación a la evaluación del riesgo de erosión hídrica y puede ser utilizada para la planificación ambiental a mediana escala.

Esta metodología es de diagnóstico rápido y puede ser fácilmente desarrollada a partir de la información suministrada por una Carta de Suelos, presente en la descripción de las unidades taxonómicas y las unidades cartográficas.

La susceptibilidad de erosión se establece a partir de la valoración de los parámetros que intervienen en el proceso de erosión hídrica, tales como, geomorfológicos, litológicos, de suelos y de erosión anterior. La cobertura varía fuertemente según el uso de la tierra presentando además una variación a lo largo del año según el ciclo de vida del cultivo o las pasturas.

Al analizar cada una de estas variables se obtiene la Tabla 2 y de ella la valoración del índice de susceptibilidad.

Tabla 2: Valoración de método de Degiovanni

Variable		Puntaje
Litología	Rocas	0
	Textura (en suelos)	Gravosa/Arcillosa
		arenosa gruesa
		arenosa fina
		arenosa muy fina/limosa
Pendiente	Gradiente	0-1%
		1-2%
		> de 2%
	Longitud	0-50 m
		50-300 m
		> 300 m
Desarrollo edáfico		bueno
		moderado
		bajo
Erosión hídrica actual		nula
		baja
		moderada
		alta
Clima	Precipitación (intensidad)	exc. 1 /10 años
		1/año
		varias/ año
Prof. Capa freática		0 m
		0,1-1,5m
		1,5-3 m
		> 3 m
Uso del territorio		sin uso
		ganadería ext.
		gan./agric.
		agric/gan.
		5,3

Índice de susceptibilidad	Puntaje
nulo	0 - 2
bajo	2 - 4
moderado	4 - 6
alto	6 - 8
muy alto	8 - 10

Fuente: Elaboración propia

4.2 Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE)

Un ejemplo de modelo empírico es la Ecuación Universal de Perdida de Suelos (USLE, por sus siglas en ingles).

Es utilizado para estimar la perdida promedio anual de suelo por erosión hídrica para una determinada rotación de cultivos.

Este modelo combina diferentes condiciones climáticas, de suelo, pendiente y sistemas de uso y manejo de suelo.

La ecuación básica del modelo es:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

A = pérdida anual de suelo

R = factor de erosividad por la precipitación pluvial

K = factor de erodabilidad del suelo

L = factor de longitud de la pendiente

S = factor de gradiente de pendiente

C = factor de manejo de cosechas

P = factor del método de control de erosión

4.2.1 Erosividad por la precipitación pluvial (R)

Los datos de R o Erosividad de la Lluvia, se extraen de la publicación de la EEA-INTA Paraná.:

http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta__eea_paran_manual_sitematizacion_de_tierras.pdf [2]

En la Figura 2 se indican los datos de erosividad de las lluvias en forma de isolineas para gran parte del territorio del país, incluyendo a la Provincia de Córdoba y Santa Fe.

Se obtiene un valor de R promedio ponderado para la zona de estudio de 520 (mJ x cm)/(ha h).

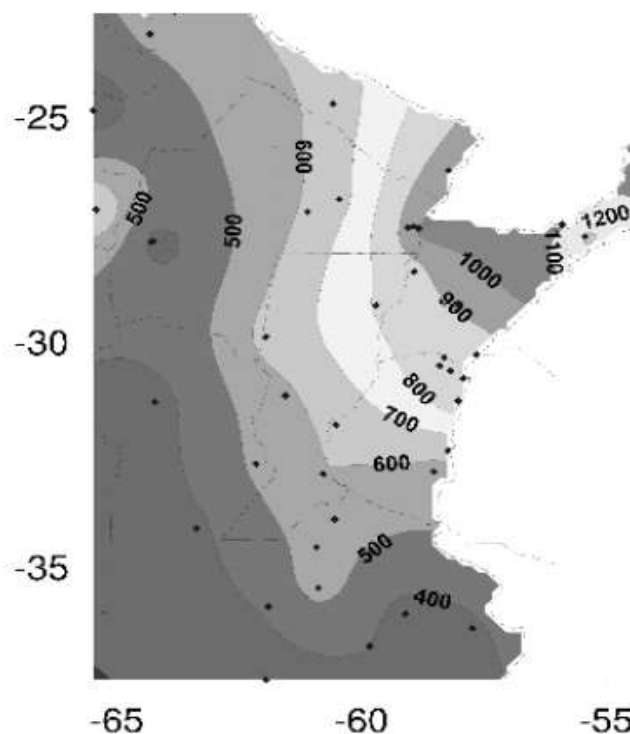


Figura 2: Isolineas de erosividad por lluvia. Fuente: INTA

4.2.2 Erodabilidad del suelo (K)

La erodabilidad del suelo (K) es su vulnerabilidad a la erosión expresada en unidades de pérdida de suelo (t/ha) para un valor de R.

El factor K es dependiente de cinco parámetros: porcentaje de limo más arena fina, porcentaje de arena, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad.

Se puede estimar por medio de la ecuación de Wischmeyer y Smith (1978), donde los datos se obtienen del Mapa de Suelos de la Provincia de Córdoba

El factor K también se puede estimar gráficamente a través de nomogramas como se indican en la Figura 3 o a través de tablas de erosionabilidad, como se indica en la Tabla 3, optándose por este último para la estimación de la zona seleccionada, donde se modificaron las unidades a $[(t/ha) / (MJ\ cm)]$.

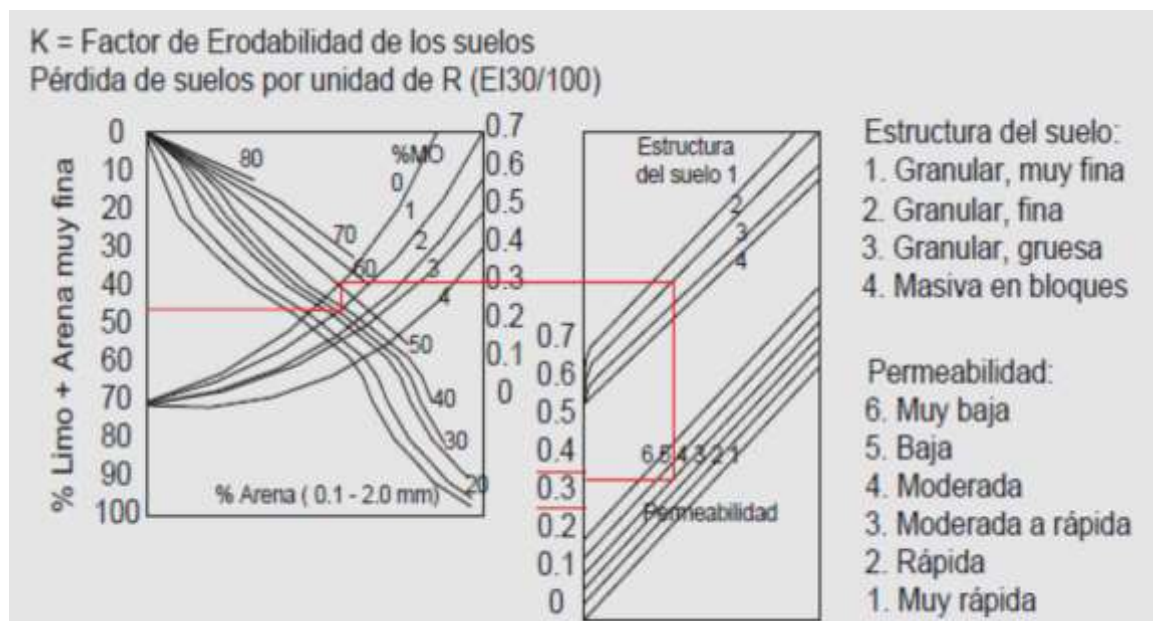


Figura 3: Nomograma para obtener el factor K. Fuente: INTA

Tabla 3: Factores de erosionabilidad del suelo asociados a la textura y al contenido de materia orgánica según Kirkgby y Morgan (1980). Los valores K están expresados en (tn/ha)/MJ.mm.h)

Textura	Valores de K		
	Contenido de Materia Organica		
	< 0.5%	2 %	4 %
Limo Franco	0.63	0.55	0.43
Arcillo Limoso	0.33	0.3	0.25
Franco Arcillo Limoso	0.49	0.42	0.34

Cada parcela, como parte de una gran unidad geomorfológica se denominará UG1 a UG12. Para cada una de ellas, se obtienen valores como se indican a continuación y se resumen en la Tabla 4:

Tabla 4: Factores de K obtenidos para cada UG.

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
K	0.43	0.34	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.34	0.43	0.25	0.43	0.34

Fuente: Elaboración propia.

En la UG1, región que pertenece a la Provincia de Córdoba, predomina un paisaje de planicie, con drenaje moderado y baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de K = 0,43 para un contenido orgánico de 3 - 4%.

En la UG2, región que pertenece a la Provincia de Córdoba y Santa Fe, predomina un suelo con baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial

Arcillo Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,34$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG3, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje deficiente y terrenos anegables con baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Arcillo Limosa, con pendiente de 0%. Se obtiene un valor de $K = 0,42$ para un contenido orgánico de 2%.

En la UG4, región que pertenece a la Provincia de Córdoba, predomina un suelo con buena retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,43$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG5, región que pertenece a la Provincia de Córdoba (zona Marcos Juárez), predomina un suelo con buen drenaje y buena retención de humedad. Es de textura superficial franca y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,43$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG6, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje deficiente y baja permeabilidad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,43$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG7, región que pertenece a la Provincia de Córdoba, predomina un suelo con baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,43$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG8, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con erosión hídrica elevada y permeabilidad moderada (presencia del Río Carcarañá). Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Arcillo Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,34$ para un contenido orgánico de 3-4%.

En la UG9, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje moderado y buena retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,43$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG10, región que pertenece a la Provincia de Córdoba conocida como Pampa Arenosa Plana, predomina un suelo con buen drenaje y buena retención de humedad. Es de textura superficial franco arenosa y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,25$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG11, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje moderado y baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,43$ para un contenido orgánico de 4%.

En la UG12, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje moderado y baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Arcillo Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de $K = 0,34$ para un contenido orgánico de 4%.

4.2.3 Determinación del factor topográfico LS

Este factor topográfico establece el aporte que hace el relieve a la erosión hídrica.

La ecuación utilizada (Wischmeyer y Smith, modificada por FAO) es la siguiente:

$$LS = (L / 22,1)^m * (0,065 * 0,04536 * P + 0,0065 * P^2) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

L: longitud de la pendiente en metros

P: pendiente en %

m: exponente que varía con la pendiente de la siguiente manera:

Para pendientes hasta 0,5%, $m = 0,2$

Para pendientes entre 1% y 3%, $m = 0,3$

Para pendientes ente 4% y 5%, $m = 0,4$

Para pendientes mayores a 5%, $m = 0,5$

Los valores de L (longitud de la pendiente) se consideran para cada parcela con un valor 100 m.

El ángulo de la pendiente se estima por observación directa de los cortes. En nuestro caso, cada parcela tiene similar superficie respecto de las otras, con pendientes muy similares y siempre menor a 0,5% hacia el este (más pronunciada) y hacia el sur (menos pronunciada), por lo que el valor de m se establece en nuestro caso siempre $m = 0,2$. De este modo, para cada parcela, considerando un valor de $P = 0,5\%$, el valor de $LS = 0,11$

Las pendientes se determinan por medio de perfiles de corte de Google Heart, tal como se muestra a continuación en la Figura 4:



Figura 4: Perfiles de Nivel de Parcelas y perímetro de zona de estudio.

4.2.4 Factor de manejo de cosechas (C)

Los términos R, K, y LS establecen la influencia de los factores físicos del lugar de análisis, poco modificable por el hombre.

Los valores de C (adimensional) dependen del manejo que cada productor haga de su campo.

Los valores de C para diferentes manejos se indican en la Tabla 5:

Tabla 5: Valores de C para diferentes cultivos, rotaciones y sistemas de labranza

a. Cultivo - Secuencia	Sistema de Labranza	
	Convencional	Siembra directa
Barbecho desnudo	1	-
Trigo – Soja	-	0.11
Trigo – Soja 2°	0.15	0.09
Soja 1° - Trigo 2°	0.49	0.07
Soja – Maíz	0.34	0.10
Soja – Soja	0.55	0.15
Girasol – Girasol	0.40	0.10
Maní	0.55	-
Campo natural	0.02	-

Fuente: INTA

Se considera para nuestro caso de estudio un tipo de siembra directa, que está ampliamente desarrollado como resultado de la difusión de sistemas de labranza conservacionistas para contrarrestar la erosión del suelo, aumentar la retención de agua, disminuir la erosión hídrica y aumentar la capacidad de retención de nutrientes orgánico como el carbono y minerales como fósforo, nitrógeno y potasio.

Se analiza a continuación cada parcela denominada UG1 a UG12:

UG1, el entorno es entre la Pampa Húmeda y el Chaco Austral en donde se encuentran parques de algarrobo blanco, algarrobo negro, chañar y mistol; aunque en la actualidad gran parte de la zona ha sido desmontada para el cultivo de soja. Hacia el este de la UG1, es decir hacia la localidad de Oliva, la actividad agropecuaria, fundamentalmente la referida al cultivo de cereales y oleaginosas, soja, trigo, maní, maíz, sorgo y girasol, entre otras.

UG2, el cultivo principal es la soja, con records en las últimas cosechas, sobre todo cercano la localidad de San Jorge, Santa Fe.

UG3, suelo con aptitud agrícola-ganadera (85%) para suministrar altos rendimientos de todos los cultivos agrícolas cuando se los rota con ganadería. Tienen un elevado contenido de limo que origina deficiente estructura cuando son muy trabajados al bajar el contenido de materia orgánica, limitación que no se encuentra en aquellos suelos donde se efectúa un manejo adecuado, tanto de la labranza como de los rastrojos. Un sector muy pequeño de estos suelos tiene un elevado contenido de arcilla, lo que provoca una lenta permeabilidad y una menor economía de agua. La soja es uno de los principales cultivos de región.

UG4: la economía se basa en los sectores primario y secundario, es decir en los cultivos (soja, trigo, girasol, maíz).

UG5: los tres cultivos más importantes son el trigo, soja y maíz, pero también hay posibilidades de otras coberturas como alfalfa, pasturas naturales y/o implantadas, sorgo y girasol.

UG6: el maíz es el principal producto de la economía agrícola.

UG7: la actividad agrícola, es especial la producción de soja, maíz y trigo en orden de importancia.

UG8: predominan los cultivos de soja 1 °, 2 °, trigo y maíz.

UG9: predomina el cultivo de soja.

UG10 los cultivos de soja son la principal característica. Es notable el efecto de erosión hídrica, con campos anegados parcialmente.

UG11, en las proximidades de la localidad de Venado Tuerto, los cultivos principales son trigo, soja y maíz.

UG12, la principal actividad agrícola es el cultivo de soja y maíz.

Tabla 6: Factores C para cada UG

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
C	0.11	0.15	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Factor de control de erosión P

Los valores de P (adimensional) dependen del manejo que cada productor haga de su campo.

Es común para la zona de las UG4, UG5, UG7 y UG8 que se apliquen prácticas conservacionistas (60-70%) y aquellas que no aplican prácticas conservacionistas se toma un valor de P = 1 (Aapresid, 2004)

La práctica conservacionista comúnmente aplicada es el cultivo en franjas, que para pendientes muy bajas como es nuestro caso de análisis presenta un valor de P = 0,3.

Tabla 7: Factores P para cada UG

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
P	1	1	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Determinación de la pérdida de suelo

El valor de A expresado en Tn/ha/año se determina a continuación utilizando los valores hallados y mediante la aplicación de INTA-Paraná.

Considerando los valores obtenidos anteriormente, para cada UG se obtiene los siguientes valores A:

Tabla 8: Valores de A para cada UG.

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
A	2.70	3.68	2.64	0.73	0.73	2.45	0.73	0.40	2.45	1.43	2.45	1.94

Fuente: Elaboración propia

4.4 Aplicación INTA – Paraná / USLE

Si se tiene en cuenta la aplicación de INTA Paraná <http://geointa.inta.gov.ar/web/>[1] para el cálculo de Perdidas de Suelo por el método USLE, para la zona de referencia de Marcos Juárez como referente, para siembra directa (Factor C) y siembra sin terrazas (P) se obtiene un valor de $A = 1,8$

Factor R:	520	
Factor K:	0.46	
Factor LS:	0.12	
Factor P:	1	
Tolerancia en Tn/Ha:		
Rotación:	Soja - Maíz o Soja - Sorgo (en rotación)	
Factor C:	0.061	Adimensional
Erosión anual est.:	1.8	Tn/ha/año
Espaciamiento:		mts.

Figura 5: Cálculo de A mediante aplicación INTA – Paraná

5. Conclusiones

Las regiones UG1, UG2, UG3, UG6, UG9, UG10, UG11 y UG12, son las más afectadas, mientras que el resto, es decir las UG4, UG5, UG7 y UG8 las menos afectadas. Se debe tener en cuenta que el rendimiento de maíz es el más sensible y afectado por la erosión hídrica y se encuentra presente en casi todas las regiones analizadas más afectadas. A contrapartida, el trigo es el menos sensible y se ve afectado por la región 11 principalmente con un alto valor de A.

De acuerdo a los resultados obtenidos con las ecuaciones productivas, se refleja un grado de erosión del suelo en la zona analizada, para las condiciones indicadas, por lo cual surge la necesidad de plantear medidas que permitan modificar la situación actual y la potencial pérdida de suelo por erosión hídrica, para que no se vean afectados los rendimientos de productores. Si bien las causas de la pérdida de suelo obedecen a cuestiones naturales y antrópicas, el uso de estos resultados indica que se debería tomar acciones dirigidas sobre los factores que dependen del accionar humano.

Si bien estas ecuaciones pueden ser utilizadas para estimar la pérdida del suelo por erosión hídrica, las mismas deben ser actualizadas debido a la constante incorporación de tecnología que realizan los productores de esta región pampeana.

Por otro lado es también necesario disponer de datos de monitoreo actualizados del suelo de cada región donde se apliquen este tipo de ecuaciones, más aún con la incorporación de tecnologías satelitales.

6. Referencias

[1] Visor Geointa: <http://geointa.inta.gov.ar/web/>

- [2] Erosión Hídrica USLE: <http://inta.gob.ar/documentos/erosion-hidrica-usle-argentina-herramienta-para-calculiar-perdida-de-suelo>
- [3] Erosión Hídrica: Principios y técnicas de manejo, Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria
- [4] INTA EEA Marcos Juárez.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR Y EFECTO DE LA ADICION DE BIOFERTILIZANTE EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE LECHUGA *Lactuca sativa* L.

Daniela Tenev, UTN FRRe, mdtenev@gmail.com

Alejandro Farías, UTN FRRe, alefarias@frre.utn.edu.ar

Enrique Utgés, UTN FRRe, gistaq@frre.utn.edu.ar

Víctor Gauto UTN FRRe, victor.gauto@outlook.com

Gastón Lara, UTN FRRe, gmauro77@gmail.com

Camila Torre, UTN FRRe, camimtorre@gmail.com

Sofía Romero, UTN FRRe, sofializ.19@gmail.com

Gonzalo Dos Santos, INTA, dossantos.gonzalo@inta.gob.ar

Resumen— Un método simple y económico de ahorrar recursos en una granja, es la instalación de un biorreactor, ya que permite producir biogás y biofertilizante a partir de los desechos orgánicos de los animales. Como beneficio ecológico extra, se reduce la fuente de gran contaminación que constituyen las excretas. Además, el equipo requiere poco mantenimiento y es de fácil operación.

Este trabajo se centra en el estudio del biofertilizante obtenido en un biorreactor instalado en un campo de Virasoro (Corrientes). Se realizaron análisis de laboratorio (nitrógeno total, DBO, fosfatos) para caracterizar el fluido. Mediante el Índice de Germinación, llevado a cabo con plantas de lechuga (*Lactuca sativa*), se evaluó la capacidad benéfica del mismo. Asimismo, se realizó un estudio del contenido bacteriano para verificar la inocuidad del biofertilizante.

El regado con biofertilizante permite determinar que una concentración del 10% v/v es la más adecuada.

Palabras clave— *biofertilizante, índice de germinación, reactor anaerobio, Lactuca sativa.*

1. Introducción

El creciente aumento de la población mundial y la demanda de bienes alimenticios, ha provocado un incremento en las actividades agropecuarias y con ello un crecimiento en los desechos provenientes de esta actividad. Son evidentes los problemas ambientales y las molestias que causan los olores, vectores y patógenos que se desarrollan en los establecimientos agropecuarios que se transmiten al ambiente y a las personas.

La manipulación, el almacenamiento, la estabilización y finalmente el traslado de los residuos orgánicos a su destino final, constituyen un problema ambiental y económico.

Los Biodigestores, son equipos simples que convierten los residuos orgánicos provenientes de los establecimientos agropecuarios en biogás y biofertilizante. El principio básico de funcionamiento es la descomposición de los residuos orgánicos procedentes de los establecimientos agropecuarios en compuestos más simples.

2. Puesta en marcha de biorreactor en Virasoro (Corrientes)

A través de un convenio entre el GISTAQ, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Resistencia, y la Agencia de Extensión Rural Virasoro, Estación Experimental Agropecuaria Mercedes (provincia de Corrientes) del INTA, se organizó la construcción, instalación y puesta en marcha de un biorreactor del tipo silo-bolsa en un campo perteneciente a un trabajador agropecuario de la zona. En el mismo, se incluían los análisis de laboratorio pertinentes para caracterizar el biofertilizante.

El INTA se ocupó del diseño del biorreactor, de contactarse con el propietario del campo, la compra de los materiales y supervisión general del proyecto. Por su parte, el GISTAQ se encargó de los análisis de laboratorio del biofertilizante y control del mismo.

2.1 Biorreactor

El cuerpo del reactor es un silo-bolsa parcialmente enterrado, con conducciones de ingreso de efluente y egreso de biofertilizante y tuberías para la salida de biogás.

El silo-bolsa tiene una longitud de 20m, con un ancho de 1,5m y un espesor del film de 100 μ m. Se lo plegó de forma tal que tenga un largo de 10m y sea doble capa a fin de darle una mayor resistencia mecánica.

El largo del silo-bolsa es superior a la longitud del pozo debido a que parte del silo-bolsa se destina a las conducciones de entrada/salida como se muestra en la siguiente figura:



Figura 1: Detalle de la salida del silo-bolsa.

Fuente: propia.

2.2 Ingreso de efluente

Consta de un tanque de entrada, donde se lleva a cabo la mezcla de 4 volúmenes de agua corriente y 1 volumen de excreta vacuna; en la parte inferior cuenta con una salida donde el líquido se dirige mediante una canaleta al interior del silo-bolsa. Esta operación se realiza cada vez que se va a llenar el biorreactor.



Figura 2: Tanque de mezcla.
Fuente: propia.

2.3 Egreso de biofertilizante

El biofertilizante que emerge del biorreactor es conducido hasta un tanque de 1000L enterrado, donde se lo almacena. Al momento de emplearlo para el riego, se lo bombea hasta un recipiente diseñado para tal fin.



Figura 3: Tanque de almacenamiento del biofertilizante
Fuente: propia.

En la Figura 3 superior se aprecia la salida del silo-bolsa, la canaleta que conduce el fluido hasta el tanque bajo tierra y la bomba con la que se lo extrae.

2.4 Instalación

El foso donde fue colocado tenía las siguientes dimensiones:

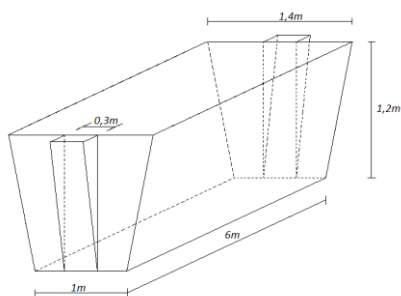


Figura 4: Plano del pozo excavado.

Fuente: propia.

Las conexiones de entrada y salida del biorreactor consisten en baldes plásticos sin fondo unidos entre sí, lo cual abarata costos [1].

El orificio de salida del biogás se ubicó en la parte superior del silo-bolsa y en la zona media. Se emplearon caños de PVC y se colocó una botella invertida llena de agua para detectar la producción de gas.



Figura 5: Detector de biogás.

Fuente: propia.

Una vez colocado el silo-bolsa dentro del pozo y luego de haberlo pasado a través de las conducciones, se procedió a inflarlo con aire a fin de asegurar la correcta colocación del biorreactor, detectar fugas y determinar si el pozo estaba bien excavado. Para el inflado, se usó un soplador de aire portátil.



Figura 6: Silo-bolsa inflado.

Fuente: propia.

Cuando se verificó que todo estaba correctamente ubicado, se llenó el silo-bolsa con agua para que se asiente y ocupe su volumen final. Posteriormente, se inició la puesta en marcha.

3. Materiales y métodos

Para determinar el valor benéfico del biofertilizante se lo sometió a diferentes análisis, como el contenido de nitrógeno, concentración de fosfato, DQO, DBO y pH. Dado el uso agrícola del fluido, es necesario llevar a cabo una determinación práctica con vegetales; se optó por la técnica del Índice de Germinación. Se evaluó la presencia de coliformes totales y fecales.

3.1 Nitrógeno total

El principal nutriente de las plantas es el nitrógeno y es el más absorbido [2]. La evaluación del Nitrógeno Total sirve como parámetro de la calidad del biofertilizante. El método empleado para determinarlo es el propuesto por Kjeldahl.

Se utilizó el método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales, 4500-Norg B. método macro-kjeldahl [3].

3.2 Fosfato

El fósforo es un elemento muy importante en el crecimiento de las plantas [4]. Para determinarlo, se recurre al Método Normalizado para el análisis de aguas potables y residuales, 4500-P C, Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico [3]. Debido a la fuerte coloración del biofertilizante, se utilizó el método de adición de estándares, evitando así los métodos de remoción de color.

3.3 DBO

La Demanda Biológica de Oxígeno es un indicador de la cantidad de materia orgánica presente en la muestra que puede ser degradada por microorganismos.

Se determinó a partir del método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales, 5210B. Prueba de Requerimiento de Oxígeno Biológico de 5 días [3].

3.4 Análisis bacteriológico

Debido a que el biofertilizante proviene de materia prima de excrementos animales, es sumamente importante analizar la presencia de bacterias patógenas, debido al peligro que representan para la salud de los operadores y la siembra.

Se empleó el Método de filtración por membrana, con el medio de cultivo MIB-050P para coliformes totales y el medio MFC-050 para coliformes fecales, siguiendo las recomendaciones dadas por el fabricante del cultivo (Microclar).

3.5 Evaluación del índice de germinación

Para determinar la capacidad que posee el biofertilizante de favorecer el crecimiento de los cultivos se procedió a la medición del Índice de Germinación (IG), el cual permite obtener

resultados confiables en un reducido tiempo de exposición, sin requerir equipamiento sofisticado ni altos costos de operación [5].

Este método es capaz de evaluar simultáneamente el grado de toxicidad que presenta el biofertilizante [5].

Se realizan diferentes ensayos en los que se evalúa el crecimiento de semillas de lechuga [5] en condiciones controladas para luego compararlas con un blanco que sólo utiliza agua destilada. Se emplea este vegetal debido su rápido crecimiento, fácil germinación y elevada sensibilidad a la toxicidad [6] [7].

La técnica operativa para determinar el IG consiste en sembrar las semillas en placas de Petri, ubicarlas sobre papel de filtro, envolverlas en papel film para evitar la pérdida de humedad y mantenerlas a 20 °C en incubadora durante 4 días [8].

Inicialmente se puso a punto la técnica, para lo cual se realizan dos ensayos por separado en los que se utilizan cantidades diferentes de semillas y volumen de fertilizante. En función de los resultados obtenidos, se elige uno de los métodos a fin de hacer un análisis más profundo.

En el “ensayo 1” se colocó 10 semillas por placa a las cuales se les adicionaron 10 ml de solución de fertilizante al 1, 50 y 100% v/v. Simultáneamente, se procesó una siembra testigo en la que se regó otras 10 semillas con el mismo volumen de agua destilada [6].

En el “ensayo 2” se utilizaron 20 semillas y 5 ml de solución de fertilizante manteniendo las mismas concentraciones del ensayo 1. Nuevamente se procesó un testigo de agua destilada para comparar el crecimiento [8].

El valor de IG se consigue con la expresión sugerida por Tiquia [9] que permite evaluar tanto la germinación de la semilla como el crecimiento de la raíz.

$$IG = \frac{G_M \times L_M}{G_B \times L_B} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

G_M : cociente entre la cantidad de semillas germinadas y el total de semillas, de cada placa.

L_M : longitud promedio de las radículas presentes, de cada muestra dada.

G_B : cociente entre la cantidad de semillas germinadas y el total de semillas, del blanco.

L_B : longitud promedio de las radículas presentes, del blanco.

Finalizado el período de germinación, se miden cuidadosamente las radículas de cada semilla y se realizan los cálculos correspondientes.

Una vez que se determina el IG, se procede al traspaso de aquellas semillas germinadas a pequeños cubículos rellenos con tierra negra a fin de seguir el proceso de crecimiento de las plantas de lechuga y llevar un registro visual de la evolución de las mismas.

Las semillas germinadas fueron distribuidas en una cuadrícula, denominada “Panel 1”, ubicadas de la siguiente forma:

INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR Y EFECTO DE LA ADICION DE BIOFERTILIZANTE EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE LECHUGA *Lactuca sativa* L.

Tabla 1. Panel 1.

Blanco	A	A	A	B	B	B	A	10 ml de Agua destilada
1%	C	C	C	D	D	D	B	10 ml de agua de grifo
5%	C	C	C	D	D	D	C	10ml de fertilizante correspondiente
10%	C	C	C	D	D	D	D	1 vez con 10 ml de fertilizante correspondiente y luego con 10 ml de agua de grifo
15%	C	C	C	D	D	D		
25%	C	C	C	D	D	D		
50%	C	C	C	D	D	D		

Fuente: Elaboración propia.

Cada fila es regada con la concentración de biofertilizante indicada a la izquierda.

En paralelo, se realiza en el “Panel 2” la siembra de semillas sin germinar, las cuales son regadas como se muestra a continuación:

Tabla 2. Panel 2.

Blanco	A	A	A	B	B	B	A	5 ml de agua destilada.
1%	C	D	D	E	E	F	B	10 ml de agua destilada
5%	C	D	D	E	E	F	C	1 vez con 10 ml de fertilizante correspondiente, luego con 10 ml de agua destilada.
10%	C	D	D	E	E	F	D	10 ml de fertilizante correspondiente.
15%	C	D	D	E	E	F	E	5ml de fertilizante correspondiente.
25%	C	D	D	E	E	F	F	1 vez con 5 ml de fertilizante correspondiente y luego con 5 ml de agua destilada.
50%	C	D	D	E	E	F		

Fuente: Elaboración propia.

En ambos paneles los riegos eran diarios con el cuidado de que la temperatura no fuese muy baja a fin de no causar daños a las plantas.

4. Resultados

Se listan a continuación los resultados de los análisis químicos:

- Nitrógeno total

El valor de la concentración de N es de 0,0089% p/p.

- Fósforo

La cantidad de fósforo encontrada en el biofertilizante fue de 0,281% p/p.

- DBO

El valor de DBO hallado fue de 142 ppm O₂.

- pH

El pH del biofertilizante es de 6,9, cercano a la neutralidad.

- Análisis bacteriológico

Resultados negativos en presencia de coliformes fecales y en coliformes totales.

Los valores de IG obtenidos en los dos ensayos realizados son los siguientes:

Tabla 3: Índice de Germinación [%]

	Concentración de fertilizante [% v/v]		
	1	50	100
IG Ensayo 1	96,5	72,7	69,7
IG Ensayo 2	112,7	94,6	77,9

Fuente: Elaboración propia.

Para las diferentes composiciones, el valor de IG es siempre mayor en el ensayo 2. A partir de esto, se define que se continuarán las experiencias con las condiciones dadas por dicho ensayo: 20 semillas de lechuga con 5 ml de solución de biofertilizante.

Se muestran fotografías de ambos paneles:



Figura 7: Panel 1

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Panel 2
Fuente: Elaboración propia.

Pasados los 40 días después de la siembra en los paneles, las plantas de lechuga eran demasiado grandes para el lugar donde se encontraban, por lo que se decidió trasladarlas a macetas de mayor tamaño, y modificar el riego: se emplea solo agua de grifo, el blanco se continúa regando con agua destilada.



Figura 9: Macetas con plantines de lechuga
Fuente: Elaboración propia.

Al momento de entrega de esta publicación, las lechugas presentaban el siguiente aspecto:



Figura 10: Macetas con plantas de lechuga bien desarrolladas
Fuente: Elaboración propia.

Se analizó el IG para diferentes concentraciones de biofertilizante: 1, 5, 10, 25 y 50% v/v. Los valores que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 4: IG [%] a diferentes valores de concentración de biofertilizante.

	Concentración de biofertilizante				
	1%	5%	10%	25%	50%
IG	63,2	119,6	123,5	118,6	109,4

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico asociado a la tabla 2 es:

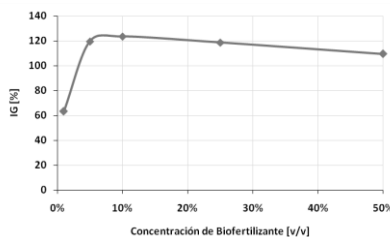


Figura 11: Curva de IG vs Concentración de biofertilizante

Fuente: Elaboración propia.

La curva que se aprecia en la Figura 11 muestra que a medida que se incrementa la concentración, el biofertilizante pierde eficiencia, tal como lo indica Macías *et al* (2010).

5. Conclusiones

Los valores obtenidos del IG permiten concluir que el líquido proveniente del silo-bolsa es un fertilizante beneficioso para las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), en las condiciones en las que fue llevada a cabo la experiencia. Al 1% v/v no es recomendable su uso como fertilizante, dado el bajo valor de IG. Para las demás concentraciones, IG siempre es superior al 100%.

El regado con biofertilizante permite determinar que una concentración del 10% v/v es la más adecuada, dado que tanto para contenidos mayores como menores el IG disminuye.

Este comportamiento posiblemente se debe a que para concentraciones menores al 10% v/v, los nutrientes presentes en el fluido no logran satisfacer las necesidades nutricionales del vegetal. A valores mayores al 10% v/v, las cantidades de N y P se encuentran en exceso, en detrimento de las plantas de lechuga.

La descripción de un caso real de construcción y puesta en marcha de un silo-bolsa como reactor anaerobio para generar biofertilizante y biogás, demuestran que con pocos recursos económicos es posible producir manifestos beneficios. Adicionalmente, se reduce significativamente la contaminación causada por los desechos animales.

6. Referencias

- [1] J. POTSCHKA. (2012). “Biodigestores plásticos,” *Rev. Prod.* XXI, vol. 243, pp. 387–389.
- [2] A. FLORES MACÍAS; R. A. MIRANDA FRANCO; A. GALVIS SPÍNOLA; M. T. HERNÁNDEZ MENDOZA; G. RAMOS ESPINOZA. (2010). “Estudio sobre el requerimiento interno de nitrógeno en lechuga (*Lactuca sativa*),” *Soc. Rural. Prod. y Medio Ambient.*, vol. 10, pp. 83–100.
- [3] L. S. CLESCERI; A. E. GREENBERG; R. R. TRUSSELL. (1989). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, 17ma ed.
- [4] C. L. IIDA; C. C. SHOCK. (2009). “El dilema del fósforo,” *Panacea*, vol. 16, no. 42, p. 189.
- [5] M. D. C. LALLANA; C. E. BILLARD; J. H. ELIZALDE; V. H. LALLANA. (2008). “Bioensayo de germinación de *Lactuca sativa* (L.): determinación de calidad de agua en represas para riego,” *Rev. la Fac. Ciencias Agrar.*, vol. 40, no. 1, pp. 29–38.
- [6] J. CELIS; M. SANDOVAL; E. ZAGAL; M. BRIONES. (2006). “Efecto de la adición de biosólidos urbanos y de salmonicultura sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un suelo patagónico,” *Medicina (B. Aires)*, vol. 6, no. 3, pp. 13–25.
- [7] V. GIACONI; M. ESCAFF. (1998). *Cultivo de Hortalizas*, 15ta ed. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- [8] E. G. ENRÍQUEZ-PEÑA; H. SUZÁN-AZPIRI; G. MALDA-BARRERA. (2002). “VIABILIDAD Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Taxodium mucronatum* (Ten.) EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, MÉXICO,” *Agrociencia*, vol. 38, no. 3, pp. 375–381.
- [9] S. M. TIQUIA. (1999). “Evaluating Phytotoxicity of Pig Manure from the Pig-on-Litter System S. M. Tiquia Department of Food, Agricultural, y Biological Engineering, The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center (OARDC), Wooster OH 44691, U.S.A.,” *Proc. ICS '99*, pp. 625–647.

Cálculo de la energía consumida por los sistemas de iluminación en la República Argentina. Periodo 2010-2014

Estévez, Miguel Angel, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, mestevez@herrera.unt.edu.ar

Resumen— Se aplica un procedimiento para estimar el consumo anual de electricidad de los circuitos de iluminación de la República Argentina, a partir del consumo anual de lámparas eléctricas. El procedimiento está basado en el hecho de que el mercado es abastecido únicamente por productos importados ya que la fabricación local ha cesado en el año 2010. A tal fin se ha realizado un exhaustivo análisis de los despachos a plaza fiscalizados por la Administración Nacional de Aduanas, también en bases de datos y motores de búsquedas privados, lo cual permitió reconstruir, año a año, la cantidad de lámparas que se importaron el último lustro, segmentadas en sus diferentes tipos. El periodo corresponde a la transición del mercado debido a la introducción de regulaciones del Estado, principalmente, la prohibición de comercialización de lámparas incandescentes, situación que es reflejada en la información que se expone en este trabajo. Entre los años 2010 al 2014, el consumo de energía en iluminación tuvo un importante descenso.

Palabras clave—**demanda, iluminación, lámparas**

1. Introducción

La Argentina comenzó una política respecto a la eficiencia energética desde el año 2003, que fué profundizada hacia finales de 2007 con la creación del programa nacional de uso racional y eficiente de la energía (decreto 140/2007). La principal medida fue el recambio de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo implementado por el Gobierno Nacional en aproximadamente 26 millones de lámparas. Otra medida fue la puesta en vigencia de un sistema de etiquetado de eficiencia energética obligatorio de electrodomésticos y lámparas eléctricas. Además se prohibió desde fines de 2010 la comercialización de lámparas incandescentes en el país. Se espera que, paulatinamente, se vayan incorporando al régimen de etiquetado obligatorio otros productos de los cuales ya se dispone Norma IRAM como, motores eléctricos, balastos, etc [7]. La experiencia internacional indica que una de las formas más rápidas y económicas de superar una situación energética crítica es racionalizar y hacer más eficiente el consumo y también que, en general, es más barato ahorrar una unidad de energía que producirla.

El consumo de energía eléctrica en los sistemas de alumbrado es un dato importante dentro de la planificación y el análisis energético del país. Los sistemas de alumbrado constituyen una parte importante del consumo de energía eléctrica principalmente en comercios, hogares e industrias. A nivel global la iluminación representa entre el 12 y 26% de todos los usos finales de la electricidad, además de conformar uno de los grupos de consumo con una alta capacidad de remisión de energía, mediante la eficiencia energética en las instalaciones de luz. El consumo energético puede desagregarse en diferentes sectores de consumo, tales como residencial, comercial, industrial, etc. o en usos finales, como podrían ser, refrigeradores, calentamiento de agua, iluminación, etc. En nuestro país, la Secretaría de Energía y CAMMESA, proveen datos del consumo total segmentado en 10 sectores de consumo (Tabla 1). No hay datos sobre los distintos usos finales, salvo el caso del Alumbrado Público que

constituye un sector del consumo cuyo uso final es sólo alumbrado. El consumo de los distintos sectores –salvo el caso del alumbrado público, que es sólo iluminación- está conformado por diferentes tipos de consumos, entre los cuales se encuentra la iluminación. Para determinar el consumo en un solo tipo de uso final, por ejemplo, iluminación de todos los sectores deben utilizarse métodos de estimación, uno de los cuales se emplea en el presente trabajo.

Tabla 1. Sectores de Consumo y usos de la energía

SECTORES DE CONSUMO	USOS FINALES DE LA ENERGIA
Residencial	Alumbrado público
Comercial	Refrigeración de alimentos
Industrial	Calentamiento de agua
Sanitario	Alumbrado interior
Alumbrado Público	Motores
Tracción	Acondicionamiento de aire
Riego	Artefactos Electrodomésticos
Oficial	Equipos ofimáticos
E. Rural	etc.
Otros	

Fuente: Secretaria de Energia [6]

2. Antecedentes del consumo en iluminación en Argentina

A partir de 2008 el Gobierno Nacional y el Congreso de la Nación avanzaron sobre una serie de medidas y leyes, respectivamente, destinadas a mejorar la eficiencia energética en el uso final y sus impactos en el mercado aparente de lámparas fluorescentes compactas (LFCs).

Éstas fueron: a) *Recambio de lámparas incandescentes por LFCs*: En enero de 2008, el Gobierno Nacional inició un programa de recambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas en todas las viviendas del país. b) *La implementación de la etiqueta de eficiencia energética* desde octubre de 2008, a partir de la Disposición 86/2007, involucrando las lámparas incandescentes, fluorescentes, y fluorescentes compactas. c) *Implementación de la ley N° 26.473*. Sancionada por el Congreso Nacional a partir diciembre de 2010, prohibió la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general. La suma de las políticas mencionadas precedentemente produjo un significativo crecimiento del mercado de LFCs, pasando de 15,9 millones de unidades en el año 2007 a 75 millones en 2011. A su vez, esta situación generó un cambio en la participación que históricamente tenían las lámparas incandescentes en las viviendas. Estas medidas impactaron fuertemente en el sector residencial y, en menor medida, en el sector comercial y público. Sin embargo, parte de este potencial de ahorro se perdió al realizar la sustitución de las bombillas tradicionales por las lámparas incandescentes halógenas, que son 30% más eficientes pero 4 a 5 veces más caras que las incandescentes comunes, no representando entonces la mejor opción ambiental ni económica [7]

Tal como se dijo en el apartado anterior, el estudio de la energía consumida en iluminación en Argentina es difícil por la falta de información. No hay sistematización alguna de los datos que pueda servir a los fines propuestos ya sea realizada por el Estado o por el sector privado. En el presente trabajo se utilizará el procedimiento denominado “Estimación del consumo en base al mercado de lámparas” [1]. Allí se calculan los primeros valores disponibles en el país sobre el consumo de iluminación para el año 2000. Por entonces los sistemas de iluminación disipaban aproximadamente un 26% de toda la generación eléctrica. En dicho artículo se

exponen dos métodos; el primero, denominado “Estimación en base al análisis por sector”, hace una analogía o comparación con datos de otros países de características similares, que disponen esa información. Otro procedimiento –el que se expone aquí– “Estimación en base al mercado de lámparas” se basa en la asociación del consumo con la reposición de lámparas en las instalaciones [2].

3. Fundamento del modelo de estimación del consumo en base al mercado de lámparas

Este modelo [2] supone que la reposición de cada lámpara en el mercado está necesariamente ligada con un consumo determinado. Es decir, que los datos del consumo de lámparas en el mercado implican un consumo de energía en iluminación. Es aceptable suponer que durante toda su vida, una lámpara que ha dejado de funcionar y ha sido reemplazada por otra, necesariamente implicó un consumo de energía, W_L :

$$W_L = P_L \cdot T_L \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Dónde:

W_L es la energía consumida por una lámpara (kWh)

P_L es la potencia de la lámpara y (si correspondiera) equipo auxiliar (W)

T_L es el tiempo de uso de la lámpara (h)

Idénticamente es posible determinar la energía anual consumida:

$$W_{LA} = P_L \cdot T_{LA} \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Donde

W_{LA} es la energía consumida por una lámpara (kWh)

P_L es la potencia de la lámpara y (si correspondiera) equipo auxiliar asociado (W)

T_{LA} es el tiempo de uso anual de la lámpara (h)

Para realizar el cálculo de consumo por cada lámpara reemplazada por rotura, podemos considerar el tiempo de vida útil de cada clase $T_{LU}(h)$:

$$W_{LA} = P_L \cdot T_{LU} \quad (3)$$

Sumando este consumo para todas las lámparas importadas en un año que son destinadas a reemplazar a otra similar que ha dejado de funcionar, es posible conseguir el consumo anual para cada tipo de lámpara mediante la siguiente expresión:

$$W_{LAI} = N_i \cdot \alpha_i \cdot W_{LA} \quad (4)$$

$$W_{LAI} = N_i \cdot \alpha_i \cdot P_{Li} \cdot T_{LUI} \quad (5)$$

Donde:

$W_{L_{Ai}}$ es el consumo anual de las lámparas de clase i

N_i número de lámparas importadas en un año

α_i fracción de lámparas destinadas a reposición

$T_{L_{ui}}$ vida útil de la lámpara i

P_{Li} potencia de la lámpara y (si correspondiera) equipo auxiliar i

A partir del año 2010, por efecto del Decreto 140/07, se dejó de fabricar lámparas en la República Argentina (la última planta, de Osram Argentina, cerró el 31 de Diciembre de 2009 en la localidad de Beccar, provincia de Buenos Aires). Esto implica la suposición de que todo el consumo nacional está cubierto por la importación. De manera que la primera tarea es, recurrir a datos de la importación de lámparas registrados por la ANA (Administración Nacional de Aduanas) determinar la cantidad de lámparas que ingresan anualmente a la Argentina con el objetivo de aplicar un modelo de cálculo de consumo descripto.

4. Aplicación del método al periodo 2010-2014

Al aplicar este método con los datos de importación anual de lámparas, se deben ajustar algunas magnitudes, de acuerdo al siguiente criterio:

- a) Factor de reposición: α_i fracción correspondiente a las lámparas destinadas a reposición. Este factor contempla el hecho de que no todas las lámparas importadas reemplazan las deterioradas, sino que pueden destinarse a ampliar el stock de los comerciantes o formar parte de una nueva instalación. En ninguno de estos casos puede asociarse a un consumo de energía. Se adoptan criterios similares a los adoptados en el artículo de la referencia[1].
- b) Potencia Ponderada de lámpara: Se entiende como Potencia Ponderada de una determinada clase de lámpara a la potencia equivalente de una lámpara, tal que si todas las lámparas de su misma especie y distintas potencias existentes en las instalaciones de interés fueran reemplazadas por ésta, el resultado en la potencia y la energía total no variarían. Esto es necesario a fin de sortear los inconvenientes de la escasa información que tienen los datos de Aduana. El caso de lámparas fluorescentes compactas, agrupadas en la clase “COMPACTAS INTEGRALES MENOR 60 W 200-240 V” comprende una familia de lámparas cuyas potencias varían entre los 3W y los 26 W. Si se conociese cada cantidad correspondientes a cada potencia, podría determinarse la potencia ponderada:

$$P_{Li} = \frac{\sum P_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (6)$$

Dónde:

P_{Li} es la potencia ponderada de una lámpara del mismo tipo i y (si correspondiera) equipo auxiliar

P_i es la potencia de una lámpara del mismo tipo i y (si correspondiera) equipo auxiliar

N_i cantidad de lámparas de potencia P_i

Ya que se carece de información de aduana y se adaptó los perfiles de mercados obtenidos de encuestas y relevamiento de instalaciones

La vida útil de lámpara es la cantidad de horas encendidas desde el primer encendido hasta que ha sido reemplazada por otra equivalente. Los valores considerados pueden diferir de los datos proporcionados por los fabricantes en los catálogos de las lámparas y están basados en ensayos de lámparas realizados en el Departamento de Luminotecnia de la Universidad Nacional de Tucumán.

5. Datos de importación de lámparas en el periodo 2010-2014

La Administración Nacional de Aduanas es el organismo que fiscaliza todos los ingresos de productos desde el exterior (despachos a plaza). Toda importación de lámparas o cualquier otro producto debe documentarse a los fines fiscales o estadísticos. Aunque esta información es de acceso público, lamentablemente la forma de clasificación adoptada por la ANA, basado en el Nomenclador de Bruselas y la Nomenclatura común del MERCOSUR no es muy explícita, ya que agrupa en un solo bloque productos de diferente potencia, lo que obliga a la adopción de algunas suposiciones. Adoptamos el criterio de la Potencia Ponderada de lámpara, tal como fuera adoptado en el trabajo de referencia [2].

6. Resultados obtenidos

Se toma el periodo 2010-2014 de las partidas de interés que corresponden al capítulo 85 de la sección XVI del nomenclador aduanero para obtener los correspondientes datos del mercado de lámparas. La investigación se realiza tanto en el sistema informático aduanero como en bases de datos privadas. Los resultados se muestran en la tabla 2

Tabla 2: Cantidad de lámparas

	2010	2011	2012	2013	2014
TIPO	CANTIDAD (unidades)	CANTIDAD (unidades)	CANTIDAD (unidades)	CANTIDAD (unidades)	CANTIDAD (unidades)
	I_{Lai}	I_{Lai}	I_{Lai}	I_{Lai}	I_{Lai}
LAMPARAS Y TUBOS DE INCANDESCENCIA					
HALOGENADAS INCANDESCENTES REFLECTORAS 12 V	3.114.770	3.801.708	2.110.510	2.337.043	2.452.625
OTRAS HALOGENADAS INCANDESCENTES DE BAJA TENSIÓN	5.685.198	4.927.009	3.260.007	3.183.040	3.465.895
HALOGENADAS REFLECTORAS 220 V	951.293	1.329.000	931.975	401.156	385.025
CUARZO IODO	545.319	531.776	914.618	582.973	556.365
INCANDESCENTES DECORATIVAS, BULBOS DIVERSOS, POTENCIA MENOR 25 W	2.000.000	2.230.919	2.547.975	2.196.203	2.052.563
INCANDESCENTES DECORATIVAS, BULBOS DIVERSOS, POTENCIA MAYOR 25 W	190.000	194.545	364.417	359.878	360.126
LAMPARAS FLUORESCENTES LINEALES Y COMPACTAS					
COMPACTAS INTEGRALES MENOR 60 W 200-240 V	47.980.611	73.207.582	43.253.902	39.826.905	40.234.784
OTRAS	475.004	587.735	481.069	462.253	462.415
COMPACTAS BALASTO ELECTRONICO INCORPORADO BAYONETA MENOR 60 W 200-240 V	29.644	13.518	7.400	0	0
OTRAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS	924.292	1.193.036	1.263.563	832.453	890.365
TUBOS FLUORESCENTES MENOR A 40 W	16.906.271	18.896.932	13.828.717	13.440.094	13.857.963
TUBOS FLUORESCENTES DE 40 W	286.081	374.714	45.033	229.440	280.152
FLUORESCENTES MODULARES FORMA ACODADA RECTO Y FLUORESCENTE CIRCULAR	18.052.767	20.560.255	14.961.454	14.457.097	15.236.895
OTRAS	66.887	120.633	128.290	120.028	119.362
LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD					
VAPOR DE MERCURIO O SODIO. LAMPARAS DE HALOGENURO METALICO MENOR A 150 W	1.227.030	1.634.035	991.536	1.059.191	1.009.035
VAPOR DE MERCURIO O SODIO. LAMPARAS DE HALOGENURO METALICO 150-250 W	697.615	680.499	607.531	727.490	652.567
LÁMPARAS ESPECIALES PARA ALUMBRADO PUBLICO Y EXTERIOR	1.484.921	1.942.514	1.284.594	1.392.563	1.156.985
OTRAS	198.409	196.221	315.107	286.978	251.362
NORMALES CLARAS TRANSPARENTES					
25- 100 W 220 - 250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	267.038	0	0	0	0
DEMÁS	26.574	0	0	0	0
RECUBRIM BLANCO MAYOR A 100 W Y 200 - 250 V PERA DIAMETRO MAYOR 60 MM CON BASE ROSCA EDISON E27	0	0	0	0	0
DEMÁS	0	0	0	0	0
25-100 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	42.581.950	0	0	0	0
OPALINAS					
RECUBR DIFUSOR BCO 25-100 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	5	0	0	0	0
DEMÁS	19.275	0	0	0	0
MENOR A 200 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	0	0	0	0	0
DEMÁS	0	0	0	0	0
25-200 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	0	0	0	0	0
DEMÁS	1.082	9	380	1.545	1.645
DECORATIVAS O FANTASIA					
CLARAS U OPALINAS O COLOR 25-100 W FORMA K U HONGO DIAM 50 A 60 MM GOTA	7.795.097	4.795.097	2.547.975	2.196.203	1.965.874
CLARAS U OPALINAS O SATINADAS O PERLADAS 15-60 W MENOR A 25 W VELA LISA 35 W	0	3.033.292	3.255.663	2.669.276	2.035.568
DEMÁS	0	0	0	0	0
DEMÁS	0	0	0	0	0
INCANDESCENTES NACIONALES	39.012.399				
TOTAL	143.712.036	140.251.029	93.440.746	86.761.809	87.427.571

Si se aplica el procedimiento de cálculo expuesto precedentemente usando los datos del mercado de lámparas de los registros aduaneros argentinos (tabla 2), se puede obtener la energía consumida aplicando los valores de potencia ponderada, vida útil y factor de reposición por lámpara mostrados en la Tabla 3:

Tabla 3: Modelo para el cálculo de la energía consumida en base a la cantidad de lámparas [3] [4] [5]

TIPO	POTENCIA (W)	FACTOR	VIDA (horas)
	P_{li}	α_i	T_{li}
LAMPARAS Y TUBOS DE INCANDESCENCIA			
HALOGENADAS INCANDESCENTES REFLECTORAS 12 V	64	0,80	1.150
OTRAS HALOGENADAS INCANDESCENTES DE BAJA TENSION	77	0,80	1.150
HALOGENADAS REFLECTORAS 220 V	95	0,90	1.600
CUARZO IODO	80	0,90	1.600
INCANDESCENTES DECORATIVAS, BULBOS DIVERSOS, POTENCIA MENOR 25 W	15	0,90	840
INCANDESCENTES DECORATIVAS, BULBOS DIVERSOS, POTENCIA MAYOR 25 W	45	0,90	840
LAMPARAS FLUORESCENTES LINEALES Y COMPACTAS			
COMPACTAS INTEGRALES MENOR 60 W 200-240 V	17	0,85	4.100
OTRAS	23	0,85	4.100
COMPACTAS BALASTO ELECTRONICO INCORPORADO BAYONETA MENOR 60 W 200-240 V	17	0,85	4.100
OTRAS LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS	20	0,80	4.100
TUBOS FLUORESCENTES MENOR A 40 W	44	0,90	5.000
TUBOS FLUORESCENTES DE 40 W	49	0,90	4.100
FLUORESCENTES MODULARES FORMA ACODADA RECTO Y FLUORESCENTE CIRCULAR	26	0,80	4.100
OTRAS	15	0,90	4.100
LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD			
VAPOR DE MERCURIO O SODIO. LAMPARAS DE HALOGENURO METALICO MENOR A 150 W	88	0,90	8.000
VAPOR DE MERCURIO O SODIO. LAMPARAS DE HALOGENURO METALICO 150-250 W	230	0,90	12.500
LAMPARAS ESPECIALES PARA ALUMBRADO PUBLICO Y EXTERIOR	450	0,90	8.000
OTRAS	700	0,80	6.000
NORMALES CLARAS TRANSPARENTES			
25- 100 W 220 - 250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	64	0,95	840
DEMÁS	25	0,95	840
RECUBRIM BLANCO MAYOR A 100 W Y 200 - 250 V PERA DIAMETRO MAYOR 60 MM	120	0,95	840
DEMÁS	40	0,95	840
25-100 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	64	0,95	840
OPALINAS		0,95	840
RECUBR DIFUSOR BCO 25-100 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27	64	0,95	840
DEMÁS	25	0,95	840
MENOR A 200 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS	75	0,95	840
DEMÁS	150	0,95	840
25-200 W 200-250 V CON BASE ROSCA EDISON E27 FORMATO A PA O PS (IEC60887)	64	0,95	840
DEMÁS	25	0,95	840
DECORATIVAS O FANTASIA		0,95	840
CLARAS U OPALINAS O COLOR 25-100 W FORMA K U HONGO	64	0,95	840
CLARAS U OPALINAS O SATINADAS O PERLADAS 15-60 W MENOR A 25 W VELA LISA	40	0,95	840
DEMÁS	75	0,95	840
DEMÁS	64	0,95	840

Finalmente los resultados para el periodo 2010 – 2014 son mostrados en la tabla 4:

Tabla 4: Variación de la energía y las unidades (lámparas) consumida entre 2010 y 2014

		2010	2011	2012	2013	2014
CANTIDAD (unidades)	I_{Lai}	190.519.532	132.422.631	93.440.746	86.761.809	87.427.571
CONSUMO (TWh)	W_{Lai}	22.1	21.12	16.22	15.14	15.21

7. Análisis de los resultados

Se observa una sostenida declinación del consumo de los sistemas de iluminación en la República Argentina, a partir de la aplicación de restricciones del uso de lámparas

incandescentes, lo que llevó a un gradual uso de lámparas de menor consumo y más eficiencia, tales como las lámparas fluorescentes compactas, LFC. Se estima que en el año 2013 se ha producido el reemplazo prácticamente total de lámparas incandescentes en su versión clásica y que a partir de allí puede considerarse que la iluminación absorbe el 15 % de la generación eléctrica total (Fig. 1).

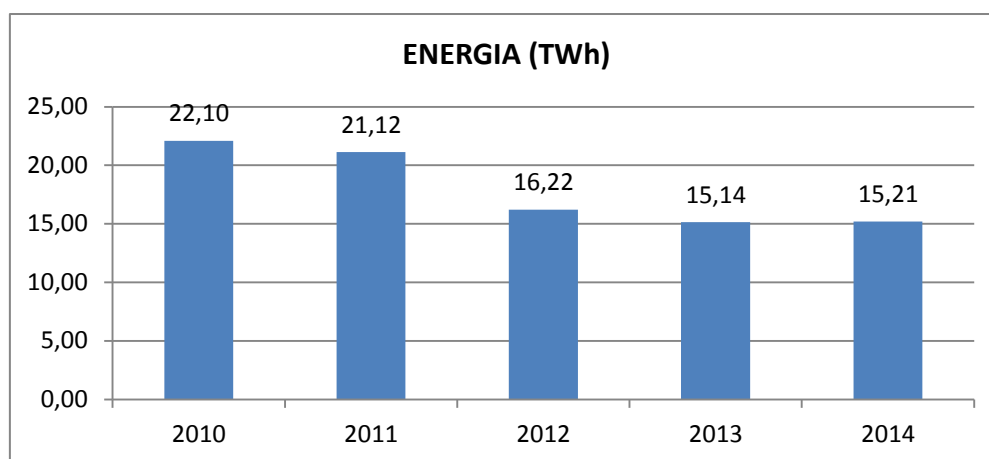


Fig. 1. Consumo total de energía en iluminación Argentina años 2010 al 2014

8. Conclusiones

De los datos expuestos, derivados del mercado de lámparas en la República Argentina, puede concluirse que en los últimos tres lustros, el consumo de energía en iluminación ha experimentado un decaimiento importante, perdiendo su importancia relativa frente a otros usos finales de la energía. Si se considera que en el año 2000, la iluminación acaparaba el 26% de toda la generación [1] y en el año 2013 fue de sólo 15%, la disminución puede calcularse como superior al 40%. Tal caída debe atribuirse fundamentalmente a la implementación de políticas públicas que forzaron el reemplazo de las lámparas incandescentes por otras de mayor eficiencia. Resta estudiar en un trabajo posterior el año 2015, que fue el año a partir del cual se implementaron a nivel nacional cambios importantes en las políticas energéticas. El objetivo de dicho trabajo sería analizar el impacto que tuvieron esas medidas en el consumo de los sistemas de iluminación.

9. Referencias

- [1] ASSAF L, DUTT GS. (2000) "Potencial de ahorro mediante el uso de lámparas eficientes en la República Argentina". *Revista LUMINOTECNIA N° 68, Asociación Argentina de Luminotecnia, AADL*.
- [2] ASSAF L: *Metrología de la Eficiencia en sistemas de iluminación, incluyendo el aprovechamiento energético del alumbrado natural*. (2004) Tesis Doctoral – Departamento de Postgrado, Universidad Nacional de Tucumán
- [3] IRAM –Norma 62407(2011) *Metodología para el etiquetado de eficiencia energética en balastos*

- [4] IRAM –Norma 62404-1-2-3 (2006)- *Etiquetado de Eficiencia Energética para lámparas eléctricas para iluminación general.*
- [5] PROCAE Resol. SCT 319/99 (1999) *Programa de calidad de artefactos energéticos* – Secretaría de Energía – Ministerio de Planificación Federal.
- [6] SECRETARÍA DE ENERGÍA – MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL. (2013) *Publicación Balance Energético Nacional*
- [7] FUNDACION VIDA SILVESTRE ARGENTINA (2013) *Escenarios energéticos para la Argentina (2013-2030) con políticas de eficiencia*



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
CORDOBA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERIA

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE FIBRA ÓPTICA PARA SU APLICACIÓN COMO CONDUCTOR EN UNA LÍNEA DE ENERGÍA SOLAR CONCENTRADA (LESC)

Slythe, Javier, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
javislythe@live.com.ar

Vidal, C. Daniel, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
cvidal@ciqa.com.ar

Fonseca, José María, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
jfonseca@ciqa.com.ar

Britch, Javier, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
javierbritch@hotmail.com

Guerrero, Pablo Andrés, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
pandresguerrero@gmail.com

Resumen— La construcción de líneas de energía solar concentrada (LESC) es de gran interés por ser una tecnología innovadora en el aprovechamiento de energía solar. Una LESC consiste en un dispositivo de concentración solar basado en los principios fundamentales de la óptica geométrica, conformado por un arreglo matricial de lentes que permiten concentrar los rayos del sol, en el extremo del mazo de fibras para su transporte al interior de un laboratorio.

La etapa crítica en la construcción de una LESC es el corte y pulido de la fibra óptica, ya que la terminación de la superficie de las fibras es determinante en la eficiencia del equipo, por lo que este trabajo consiste en el estudio del tratamiento superficial de las fibras ópticas. El mismo incluye las etapas de corte y pulido.

La etapa de corte se lleva a cabo utilizando una herramienta de corte de disco rotativo, fijada a un soporte de uso manual, solidario a una mesa de trabajo, ensayando a distintas velocidades para lograr obtener la velocidad óptima de corte. Para observar los resultados se utilizan técnicas de diagnóstico por imágenes. En el caso del pulido se estudia un método con la misma herramienta rotativa, pero esta vez utilizando un disco de tela y pasta de pulir para realizar un correcto acabado de la superficie. Análogamente, los resultados se obtienen utilizando técnicas de diagnóstico por imágenes.

Palabras clave— *Energía solar, Tratamiento superficial, Fibra óptica.*

1. Introducción

La etapa de corte y de pulido es una etapa esencial, ya que la terminación de la fibra óptica es determinante en la eficiencia del equipo, por lo que deben realizarse a una velocidad óptima, con un material de corte/pulido conveniente. Al ser un método repetitivo, es sumamente necesario que cada fibra sea cortada y pulida siguiendo los mismos pasos, cuidando los detalles en cada etapa del proceso, ya que una leve diferencia en la terminación de una fibra se verá reflejada en la eficiencia de todo el equipo.

Por otra parte, el corte y pulido de la fibra óptica son pasos claves en la construcción del equipo, ya que en estos es cuando más se interviene sobre la fibra óptica. Esta genera rayas, grietas e inclusive quebraduras, por lo que es ineludible el correcto manejo de la misma.

2. Materiales y Métodos

2.1 Corte

Método experimental

Para realizar un corte correcto se ensayó con tres velocidades de la herramienta de corte (Dremel 3000):

- Velocidad 2: 14000 rpm
- Velocidad 4: 19000 rpm
- Velocidad 6: 23000 rpm

Para elegir la de mejor calidad de corte se utilizaron técnicas de diagnóstico por imágenes, mediante una cámara Tubular (ENDOSCOPE WATERPROOF) y se analizaron y compararon los resultados obtenidos.

Para obtener un resultado acertado se realizaron en 30 probetas de prueba, 10 ensayos de corte en cada velocidad, con el fin de plasmarlos en una tabla. Los parámetros observados fueron:

- Atascamiento de disco de corte, ya que genera una superficie irregular.
- Perfil de la probeta.
- Quemaduras.
- Opacidad en la superficie.

Método de Corte

Para comenzar se realizó una limpieza manual longitudinal con un paño seco de algodón para eliminar residuos que pueden haberse depositado en la superficie de la fibra.

El corte se realizó mediante un disco de corte de 32mm (imagen 1), utilizando como herramienta de corte un torno manual (imagen 2), fijado en la velocidad 4. En este proyecto la longitud de cada fibra se fijó en 5 metros.



Imagen 1. (Disco de corte)

Fuente: Elaboración propia



Imagen 2. (Herramienta de corte/Soporte número 1)

Fuente: Elaboración propia

Paso siguiente, se colocó la herramienta de corte en el soporte número 1 (Imagen 2), seguidamente, se colocó la fibra óptica en el pasador, y se ajustaron las trabas para fijar la fibra óptica en la posición correcta. Se colocó el disco de corte en la herramienta, mediante un adaptador tipo “L” para lograr la posición vertical del disco de corte. Luego se encendió la herramienta de corte en la velocidad 4, y se realizó el corte aplicándole una velocidad constante de corte, para evitar dos profundidades de corte. Inmediatamente se retiró la fibra óptica del soporte número 1 y se limpió con un paño seco de algodón para eliminar los residuos del corte.

0

2.2 Pulido

Método de Pulido

El Pulido se realizó mediante un disco de pulir de tela (Imagen 3), con la adición de pasta de pulir, utilizando como herramienta de pulido un torno manual, fijada al soporte número 2 (Imagen 4). El equipo fue asociado a un dispositivo reductor de velocidad, para lograr un suave pulido.



Imagen 3. (Disco de pulir)

Fuente: Elaboración propia

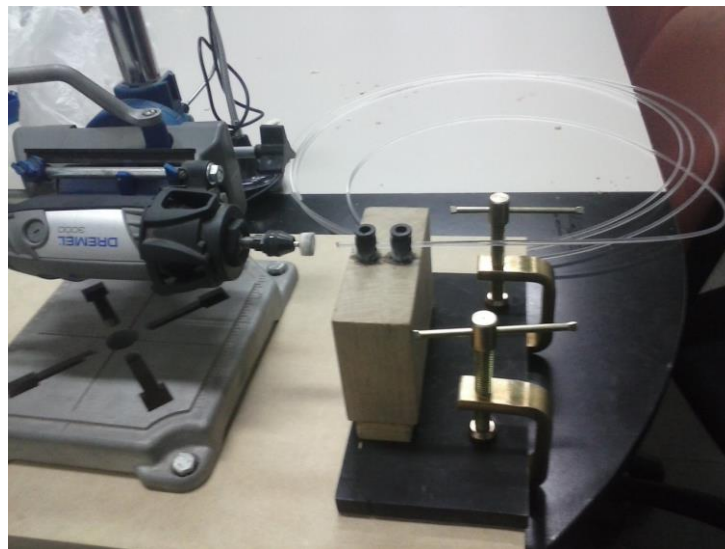


Imagen 4. (Herramienta de pulido/Soporte número 2)

Fuente: Elaboración propia

Se colocó el disco de tela de pulir en la herramienta de pulido y se fijó en el soporte número 2 de forma paralela al extremo a pulir. Posteriormente se conectó la herramienta de corte en el reductor de velocidad. Seguidamente se colocó pasta de pulir sobre toda la superficie del disco de pulir. La velocidad a la cual se realizó el pulido fue la número 2 de la herramienta de corte, utilizando el reductor de velocidad fijado en su mínimo, para lograr la mínima velocidad de pulido. Luego se colocó la fibra óptica en los pasadores a una distancia de 3 centímetros del disco de pulir. Paso siguiente, se realizó el pulido, dejando 10 segundos desde que el disco de pulir tomó contacto con la superficie de la fibra óptica. Por último, se retiró la fibra óptica de los pasadores, e inmediatamente se quitó el exceso de pasta de pulir con un paño seco de algodón libre de suciedad.

3. Resultados y Discusión

3.1 Corte

Resultados

Tabla 1. Resultados obtenidos a distintas velocidades de corte.

Velocidad	Atascamiento de disco de corte	Perfil de la probeta	Quemaduras	Opacidad en la superficie
2	Si	Malo	No	Si
4	No	Bueno	No	No
6	No	Regular	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en la experimentación, el corte realizado con la velocidad 2 genera un atascamiento del disco, y la herramienta de corte deja de funcionar, dando saltos y generando una imperfección en la superficie cortada, se puede notar claramente en el perfil (imagen 5), analizando la superficie en una vista frontal no se observan indicios de quemaduras, pero si una notable opacidad. Para el caso del corte en la velocidad número 6, se nota el recubrimiento de la fibra parcialmente quemado, esto se debe al aumento de la temperatura generado por la fricción del disco de corte y la fibra óptica (imagen número 6), también se notó que el corte no fue recto y en el centro de la superficie se nota un color blanco que evidencia la opacidad en esa zona. Por último, en el caso del corte realizado con la velocidad 4, se puede notar que se obtuvo un corte recto y parejo de la fibra óptica sin que el disco de corte se trabe, ni genere altas temperaturas (imagen 7).



Imagen 5. (Frente y perfil de la fibra cortada a vel.=2)

Fuente: Elaboración propia

0



Imagen 6. (Frente y perfil de la fibra cortada a vel.=6)

Fuente: Elaboración propia



Imagen 7. (Frente y perfil de la fibra cortada a vel.=4)

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados a la vista, se eligió realizar el corte en la velocidad número 4 (19000 rpm).

3.2 Pulido

Resultados

Como se explicó en el desarrollo del trabajo, para analizar los resultados del método de pulido se utilizó la técnica de diagnóstico por imágenes.

En las imágenes 7 y 8 se pueden observar las fibras ya pulidas, en su vista frontal (Imagen 8) como en su vista lateral (Imagen 9).



Imagen 8. (Fibra pulida frente)

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver claramente que las fibras tienen una buena terminación teniendo en cuenta los factores:

- Perfil de la probeta.
- Quemaduras.
- Opacidad en la superficie.

Por lo que se puede concluir que el método cumple con los objetivos propuestos.

4. Conclusiones y recomendaciones

En el caso del corte de la fibra óptica, como fue plasmado en los resultados, eligió realizar el corte en la velocidad número 4 (19000 rpm) utilizando una herramienta de corte (Dremel 3000) con un disco de corte de 32mm. Se debe tener en cuenta que el método es repetible y arrojará resultados similares siempre y cuando se realice teniendo en cuenta todas las variables indicadas en el artículo.

Para realizar el pulido, se obtuvo como resultado que la forma más adecuada para trabajar es utilizar la mínima velocidad de la herramienta de pulido (Dremel 3000) y utilizar un reductor de velocidad. En este trabajo se tuvo en cuenta que es necesario utilizar un disco de tela para el pulido para esta técnica ya que otro material podría dañar la superficie. Pero se deja abierta a los próximos trabajos de investigación la posibilidad de utilizar otros materiales.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA DE UN BARRIO DE LA CIUDAD DE ZÁRATE COMO APOORTE A LA NUEVA LEY DE ENERGÍAS RENOVABLES

Odobez Norberto Santiago, Centro CEA - Facultad Regional Delta - UTN,
odobezn@frd.utn.edu.ar

Soldatti María Elena, Centro CEA - Facultad Regional Delta - UTN,
soldattm@frd.utn.edu.ar

Godoy Carlos Hernán, Centro CEA - Facultad Regional Delta - UTN,
godoycarlos74@yahoo.com.ar

Resumen— Se presenta el estudio de la eficiencia energética y el estudio técnico económico de la factibilidad del uso de la energía solar fotovoltaica; variante de autoabastecimiento e inyección a la red para cubrir el consumo eléctrico, actualmente provisto por la Cooperativa Eléctrica de Zárate, de la bomba que suministra agua potable a una población de 180 familias del barrio A.T.E.P.A.M. de la ciudad de Zárate, Pcia. de Buenos Aires. Desde el punto de vista de la eficiencia energética se propone al momento de cambio de la bomba actual instalar una bomba de máxima eficiencia; en relación a la tarifa, si el contrato actual lo permite, se podrá hacer el cambio de tarifa T1G a T2, que a los valores actuales el ahorro económico sería del 31,7%. La instalación fotovoltaica resultó un campo solar de 84 paneles con una potencia de 21420Wp y un inversor de 20kW con conexión directa a la red. Teniendo en cuenta los valores de pago de tarifa para esta instalación en diferentes escenarios: la nueva ley de Energías Renovables, el proyecto de ley sobre Generación Distribuida y valores a pagar por el suministro de energía planteado por algunas provincias; su período de amortización puede variar entre 4 y 15 años. En conclusión en este contexto se puede encontrar la tarifa que amortice la inversión y permita desarrollar instalaciones de este tipo.

Palabras clave— *Eficiencia energética, Energía solar, Agua, Conexión a la red.*

1. Introducción

A una instalación fotovoltaica que genera energía eléctrica y que esta energía es suministrada a la red eléctrica se la denomina Generación Distribuida de Energía Eléctrica (GDEE) proveniente de fuentes renovables. De forma más general se puede definir a la (GDEE) como la energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables por parte de los usuarios del servicio de distribución de energía y que puede ser inyectada a la red pública.

Además podemos agregar que los sistemas conectados a la red pueden ser de diferente magnitud en relación a su potencia instalada por ejemplo y para identificar los mismos podemos decir los Integrados a edificios ("PV in buildings") de 3KW o Centrales de potencia de 5MW.

Una cuestión importante a destacar en este tema son las leyes y reglamentaciones que permiten la instalación y conexión a la red de las mismas en este sentido: "El desarrollo pleno

de las energías renovables necesita del establecimiento de un marco regulador justo y sostenible para las instalaciones de generación distribuida. Ello implica el reconocimiento del pleno derecho de los autoprodutores a participar en los mercados energéticos, al ofrecer servicios energéticos limpios, de gestión de la demanda para regulación, almacenamiento y ahorro energético” [1].

Como dato del camino que queda por recorrer podemos decir que el Porcentaje de la Demanda total de energía del MEM (Mercado Eléctrico Mayorista) cubierta con Generación Renovable fue del 1,9%, en el 2015 lo que implica un total de 2559GWh, de este total 15GWh fue de energía solar fotovoltaica. [2].

Varios proyectos demostrativos se vienen realizando en Argentina uno de referencia es el proyecto IRESUD que tiene por objeto introducir en el país tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica, en áreas urbanas y periurbanas, de sistemas solares fotovoltaicos (FV) distribuidos, contemplando para ello cuestiones técnicas, económicas, legales y regulatorias. En el marco del proyecto, se realizaron instalaciones piloto en edificios públicos, parques asociaciones y otras entidades con el fin de probar la tecnología, realizar ensayos y capacitar RRHH. El 4 de julio de 2012, se instaló el primer sistema fotovoltaico piloto en la terraza del edificio Tandar del Centro Atómico Constituyentes de la Comisión nacional de energía atómica (CNEA). La potencia del panel solar es 1,44kWp, varios otros en el resto del país de diferentes características y potencias, en total se han instalado 41 sistemas fotovoltaicos con una potencia total de aproximadamente 131,7 kWp, conectados a la red de baja tensión, mientras otros 6 sistemas se encuentran en etapa de diseño o construcción [3]

En la provincia de buenos aires podemos mencionar El Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida (PROINGED) que tiene como objetivo brindar la asistencia técnica y financiera necesaria para que proyectos de generación de energía eléctrica distribuida, preferentemente en base a fuentes renovables, sean convertidos en unidades económicas activas que inyecten su producción a la red pública de transporte y/o distribución de electricidad. Dentro de este proyecto la instalación de un Campo solar de 100kWp ubicado en el kilómetro 90,5 de la Ruta Nacional N° 2, en el predio cedido a tal fin por la Municipalidad de Brandsen es la instalación de mayor potencia fotovoltaica instalada en la Provincia de Buenos Aires y único por sus características de inyección a red en baja tensión, combinando el concepto de planta fotovoltaica y generación distribuida.

1.1 La normativa vigente y la normativa propuesta.

La nueva Ley de energías renovables 27191 de fines del 2015 [4] “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinadas a la producción de energía eléctrica”, que modifica a la Ley 26190, reglamentada por el decreto 531/16 de fecha 30 de Marzo [5] , y que expresa en el capítulo IV, artículo 8: “Establécese que todos los usuarios de energía eléctrica de la República Argentina deberán contribuir con el cumplimiento de los objetivos fijados en la ley 26.190, modificada por la presente, ...” “A tales efectos, cada sujeto obligado deberá alcanzar la incorporación mínima del ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica, con energía proveniente de las fuentes renovables, al 31 de diciembre de 2017, y del veinte por ciento (20%) al 31 de diciembre de 2025.”

En su Artículo 9 dice. “Los Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista y las Grandes Demandas que sean Clientes de los Prestadores del Servicio Público de Distribución o de los Agentes Distribuidores, con demandas de potencia iguales o mayores a trescientos kilovatios (300 kW) deberán cumplir efectiva e individualmente con los objetivos indicados en el artículo precedente. A tales efectos, podrán autogenerar o contratar la compra de energía proveniente de diferentes fuentes renovables de generación a fin de cumplir con lo prescripto

en este artículo. La compra podrá efectuarse al propio generador, a través de una distribuidora que la adquiera en su nombre a un generador, de un comercializador o comprarla directamente a CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista S.A.) bajo las estipulaciones que, para ello, establezca la Autoridad de Aplicación”.

Para el caso particular de nuestro proyecto deberíamos encuadrarnos en lo que manifiesta el Artículo 12. “A los efectos del cumplimiento de los objetivos fijados en el artículo 8° por parte de toda la demanda de potencia menor a trescientos kilovatios (300 kW), la Autoridad de Aplicación dispondrá las medidas que sean conducentes para la incorporación al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), de nuevas ofertas de energía eléctrica de fuentes renovables que permitan alcanzar los porcentajes y los plazos establecidos en el citado artículo”.

Para esta situación y en relación al precio no se tomara en cuenta el manifestado en el artículo 9 “Los contratos suscriptos por los sujetos indicados en el párrafo anterior no podrán fijar un precio promedio mayor a ciento trece dólares estadounidenses o su equivalente en moneda nacional, por cada megavatio-hora comercializado entre las partes (US\$ 113/MWh).

Según lo expresado: “Asimismo, la Autoridad de Aplicación instruirá a CAMMESA o al ente que considere pertinente diversificar la matriz de energías renovables a fin de viabilizar el desarrollo de distintas tecnologías y la diversificación geográfica de los emprendimientos y aprovechar el potencial del país en la materia. A los efectos indicados, no será de aplicación a los contratos de compraventa de energía eléctrica de fuentes renovables que celebren CAMMESA o el ente que considere pertinente la Autoridad de Aplicación el precio máximo establecido en el segundo párrafo del artículo 9° ni el que en el futuro lo reemplace por decisión de la Autoridad de Aplicación”. Por lo cual se deduce que es valor para los casos de potencias menores a los 300kW deberá ser superior a este (US\$ 113/MWh) para que los proyectos puedan tener viabilidad.

Para ajustarnos más a nuestro proyecto podemos mencionar el proyecto de ley elevado por el diputado Juan Carlos Villalonga en mayo del corriente año, entre otros, denominado FOMENTO A LA GENERACION DISTRIBUIDA DE ENERGIA RENOVABLE INTEGRADA A LA RED ELECTRICA PUBLICA [6] que tiene por objeto establecer el régimen nacional para la integración de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables por parte de usuarios del servicio eléctrico, a la red pública de distribución. Que en su ARTICULO 7° dice que “Cada usuario podrá instalar equipamiento para la generación de energía eléctrica distribuida a partir de fuentes renovables hasta una potencia equivalente a la que éste tiene contratada para su demanda. Esa potencia no podrá superar los 30 kW. Solo los usuarios definidos en este artículo podrán acogerse al régimen establecido en el Artículo 13” en su ARTICULO 13° dice “Cada Distribuidor administrará la remuneración por la energía entregada a la red a partir de la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables por parte de los usuarios en base a los siguientes lineamientos:

- a) El usuario recibirá una Tarifa de Incentivo por cada kWh (kilowatthora) que entregue a la red de distribución. El valor de la Tarifa de Incentivo será establecido por la Autoridad de Aplicación.
- b) El usuario gozará de esa Tarifa de Incentivo por un plazo de 5 años. Dicho plazo corre desde el momento en que el Distribuidor instala el equipo de medición correspondiente.
- c) El Distribuidor reflejará en la facturación que usualmente emite por el servicio de energía eléctrica prestado al usuario tanto el consumo como la energía volcada por el usuario a la red, así como los valores correspondientes a cada una de ellos. El valor a pagar por el usuario será el neto de ambos montos. Si existiese un excedente a favor del usuario, el mismo configurará

un crédito para la facturación del período siguiente. Cada 4 meses el Distribuidor retribuirá al usuario el saldo favorable que pudiera haberse acumulado.

d) Transcurrido el plazo de 5 años mencionado en el inciso b), el valor de la energía entregada a la red de distribución por parte del usuario, será idéntico al valor que comercializa el Distribuidor

Podemos mencionar también que en varias provincias argentinas como las provincias de Salta (Ley N° 7.824), Mendoza (Ley N° 7.549) y Santa Fe (Ley N° 12.503) ya han avanzado con normativa para habilitar la generación distribuida de energía a partir de fuentes renovables; en particular podemos mencionar la provincia de santa fe que implementa el programa “Prosumidores” para que un total de 100 usuarios por año se inyecten con paneles solares, biodigestores o aerogeneradores de baja potencia a la red con beneficios aportados por las arcas del Gobierno, lo interesante es que ya hay un precio para el generador que es de 5,5 pesos kWh generado e inyectado a la red.

2. Instalación actual, consumos y tarifa.

2.1 Instalación

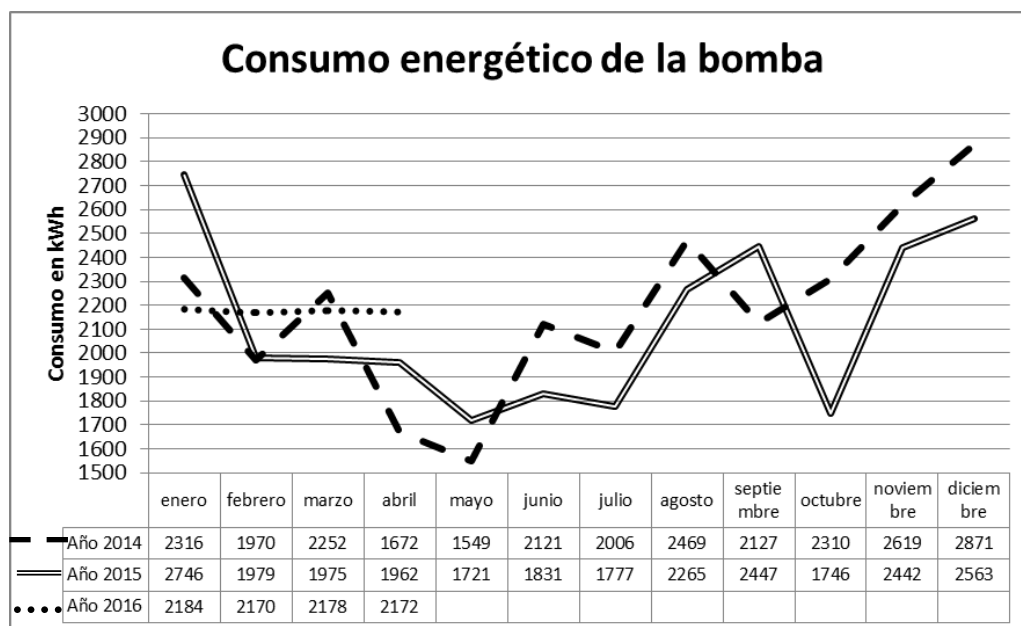
La instalación cuenta con una bomba sumergible de 15HP (11Kw) de 6” que funciona desde hace 8 años. La misma eleva el agua a un tanque que a su vez por rebalse alimenta a otro y de este se alimenta el sistema de distribución de la red de agua del barrio. La capacidad total de almacenamiento es de 60000litros.

Figura 1- Tanque de agua



2.2 Consumos

Tabla 1. Consumos mensuales



Fuente: Elaboración propia

2.3 Tarifa

Por los valores de consumo el sistema se encuadra en la tarifa: T1G : servicios generales altos consumos mayores de 2000KWh. El valor de la tarifa al mes de marzo de 2016 es de 1,0882\$/Kwh con un cargo fijo de 399,58. Sin subsidio.

3. Eficiencia energética

Las alternativas posibles para hacer eficiencia sobre el sistema están dadas por: actuar sobre el componente bomba propiamente dicho y su eficiencia, sobre el cuadro tarifario y sobre el consumo de agua por parte de los usuarios.

3.1 Componente Bomba

La misma tiene una antigüedad de 8 años aproximadamente, su rendimiento original es de 78% por lo cual su eficiencia actual al reducirse entre un 10 y 15% [7] sería de aproximadamente entre un 66% y 70%, actualmente una bomba de similares características tienen una eficiencia de 81%. Por lo tanto nos es posible hacer al momento un análisis de disminución de consumo teniendo en cuenta el rendimiento, pero si se aconseja que al momento de una reparación o final de su vida o un incremento importante del consumo por alguna falla, evaluar la posibilidad de instalar una bomba nueva en relación a los costos de la reparación y que esta bomba sea la de mayor eficiencia disponible en el mercado en relación a su prestación y costo.

3.2 Cuadro tarifario

Estudiando el cuadro tarifario actual para la zona, según el Anexo 32 Cuadro tarifario de referencia área norte [8] y el rango de consumo de energía la tarifa que está en vigencia esta dentro del rango facturado. Dado que la potencia es de 11KW existe la posibilidad de pasar a la tarifa T2 - MEDIANAS DEMANDAS (de 10 KW a menos de 50 KW de demanda) para lo

cual habría que hacer que la bomba funcione solo en horario fuera de pico de esa forma se pagaría por potencia en hora fuera de pico y energía en hora fuera de pico. Si tomamos como referencia por ejemplo febrero de 2016 con un consumo de 2170kWh al valor de 1,0882\$/Kwh con un cargo fijo de 399,58 sin sumar los impuestos se pagaría \$2760 y si se estuviera en tarifa T2 con Cargo por Potencia Fuera Pico 42,57 \$/KW-mes; Cargo Variable por energía demandada Fuera de Pico 0,4376 \$/KWh y Cargo Fijo 408,56 \$/mes se pagaría \$1869 por lo cual habría un ahorro de \$891 en el mes, si lo hacemos para la energía consumida en el año 2015 los valores serían para la tarifa actual T1G de \$ 32489 y para la tarifa T2 de \$ 22171, lo que daría un ahorro anual de \$10318.

3.3 Forma de consumo

Del análisis de la energía consumida, la potencia de la bomba y el caudal se deduce el consumo de agua anual que es de 25762m³. Por lo tanto estimando una población de 600 habitantes en el barrio, el consumo promedio por habitante y por día es de 120 litros. La Organización Mundial de la Salud manifiesta que un valor de 100litros/persona /día es de un acceso óptimo para el Nivel del servicio y con un Nivel del efecto en la salud Muy bajo, la cual permite satisfacer las necesidades de consumo (para bebida y preparación de alimentos) e higiene básica. [9] Esto implica que si bien este valor de 120 litros/persona /día es posible de reducir y en consecuencia se reduciría el funcionamiento de la bomba, el mismo se encuentra dentro de los valores aceptables.

4. Cálculo de la instalación solar fotovoltaica

4.1 Información inicial

Para el cálculo de la instalación solar fotovoltaica se parte de los valores de consumo de la bomba y la radiación solar incidente.

Radiación solar : Con la base de datos históricos de la estación meteorológica de la Facultad Regional Delta [10] , se procesan los registros diarios de radiación solar para todos los meses del año 2015, de los cuales se obtienen los valores promedio mensuales de la radiación solar expresados en horas pico solar-HPS

Tabla 2. Horas pico solar -HPS

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
HPS	5,92	5,07	4,37	3,60	2,50	2,02	2,16	2,55	3,73	4,58	5,38	6,78

Fuente: Elaboración propia

Consumo de energía: Se tomó en cuenta para el análisis el consumo de energía del año 2015, ver Tabla 1.

4.2 Calculo del número de paneles [11]

Se determinó el número de paneles necesarios para tres situaciones: el mes de menor radiación solar, junio; el mes de diciembre con la mayor radiación solar y para cubrir toda la energía demandada por la bomba durante un año, tomando como referencia el año 2015.

Se tienen en cuenta: La energía consumida por la bomba, la radiación solar expresada en HPS, un factor que tiene en cuenta los rendimientos de los componentes de la instalación, otro que tiene en cuenta los días nublados, y la potencia del panel considerado, de 260 vatios-pico-Wp

Tabla 3. Resultados del cálculo para los meses más críticos y la energía anual

Análisis	Tipo	Rad HPS	Número de paneles	Potencia del inversor [Kw]
Junio	Rad. Solar	2,023	144	35
Diciembre	Consumo de energía	6,785	64	12
Año 2015	Consumo de energía Anual	--	84	20

Fuente: Elaboración propia

Del resultado mostrado en la Tabla 3 surge lo siguiente:

Si se tomara en cuenta para el cálculo el mes de julio resultaría el autoabastecimiento para todo el año y quedaría un saldo de energía que permitiría ser inyectada a la red en varios meses del año.

Si se tomara en cuenta solamente el mes de diciembre en los meses de invierno tendríamos un déficit de energía que deberíamos cubrir con la red.

En el tercer caso cubriríamos todo la demanda anual en promedio, con lo cual, tomando en cuenta que inyectamos a la red se compensaría el consumo totalmente

Sistema de Baterías: Si bien se tendrá en cuenta la instalación fotovoltaica conectada a la red, se realizó el cálculo de las baterías necesarias en el supuesto que se deseara el autoabastecimiento sin conexión a la red.

Tabla 4 Dimensionamiento del banco de baterías

Características	Dimensiones	
Tiempo de Autonomía	6 días	
Banco de baterías	Capacidad	191Ah/día
	Tensión	380Vcc
Capacidad de la Batería asignada	12V-165Ah	
Numero de Baterías	Paralelo	2
	Serie	32

Fuente: Elaboración propia

De cálculo surge que el total de baterías a utilizar sería de 64 baterías de 165Ah, 12Vcc.

4.3 Escenarios de venta de la energía a la red

La venta de energía fotovoltaica de generadores de baja potencia que inyecten a la red aún no se encuentra regulada, solo en algunas provincias lo han implementado. Por lo que el análisis económico se enfocará en los siguientes posibles escenarios:

- Venta de la energía al precio de distribución. Esta alternativa representa el ingreso por la venta de energía al precio que hoy la cooperativa eléctrica le factura al barrio por el consumo de la bomba.
- La tarifa incentivo de la Provincia de Santa Fé. Se estudia el caso si se implementara el cuadro tarifario de incentivo a las instalaciones fotovoltaicas, el cual consiste en una tarifa diferencial durante los primeros cinco años de la instalación, luego tarifa normal, de esta forma promete lograr el repago de la instalación dentro de los cinco años.

- c) Tomando como valor mínimo de pago por la generación el que se desprende del Artículo 12 de Ley de energías renovables 27191. [4]
- d) El precio de venta del mercado SPOT MEM. Se estudia el caso que si se implementase el mismo precio que en el mercado eléctrico mayorista, es decir como un generador convencional. [12]
- e) Teniendo en cuenta el valor medio del costo del combustible (gasoil) para generación distribuida en el año 2014[13]

Tabla 5 Precio de venta por kWh para cada escenario

Escenarios	Descripción	Precio de Venta por KWh
a	De la cooperativa eléctrica	Ar\$1,088
b	Incentivo Prov. Santa Fé	Ar\$5,5(hasta año 5), Ar\$0,98(en adelante)
c	Ley de energías renovables 27191. Min113 U\$/MWh	Ar\$1,58
d	Venta al MEM para mayores de 300KW 317Ar\$/MWh [12]	Ar\$0,317
e	Costo de combustible generación distribuida año 2014 154U\$/MWh	Ar\$2,156

Fuente: Elaboración propia

4.4 Análisis de amortización

Para facilitar el cálculo, se emplean valores en moneda norteamericana, promedios de costos obtenidos de plantas FV preexistentes, proyectadas en la Región y España

El valor de los componentes importados, paneles e inversor, se obtienen de indagar los precios libre a bordo-FOB con un promedio de 50% por sobre los mismos para su importación y corroborando con la consulta a importadores de los mismos.

El costo de la instalación y la mano de obra promedia el 32% del costo total de los materiales importados. [14]

Para la evolución del precio de la energía y parámetros económicos: Se considera un índice de precios al consumidor-IPC del 3%. Para el cálculo del VAN se considera un interés del 6%

La pérdida de rendimiento de los paneles: según lo que manifiestan la mayoría de los fabricantes de paneles que ofrecen una garantía del 80% del rendimiento de generación a 25 años, que hoy es prácticamente un estándar del mercado, lo que representa un decaimiento promedio del 0,8% anual en la producción de energía.

Los gastos de mantenimiento: se estima un gasto anual de mantenimiento del 0,25% del valor de la instalación a partir del cuarto año, y un valor de prima de seguro del 0,2% sobre el valor de la instalación. [15].

De lo anterior surge que la instalación tiene un campo solar de una potencia de Pico de 21420Wp, con un costo de 2,29 U\$/Wp y un costo total de U\$49.104,40.

4.4.1 Resultados

La instalación tiene un campo solar de una potencia de Pico de 21420Wp, con un costo de 2,29 U\$/Wp y un costo total de U\$49.104,40.

Tabla 6 Resultado año de repago

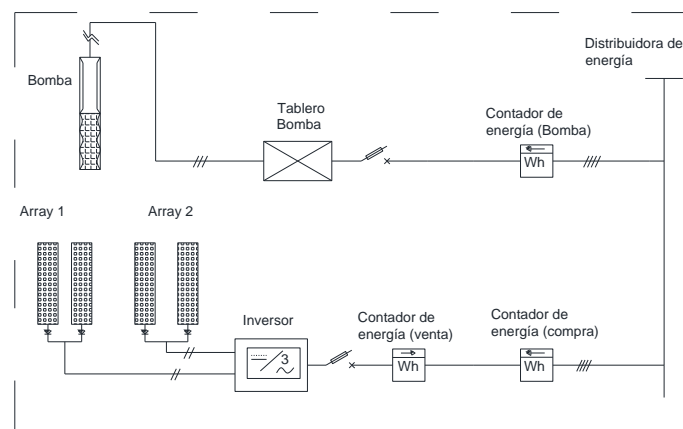
Escenarios	TIR a 10 años	VAN a 25 años	TIR a 25 años	Año Repago
a	-14,5%	\$54.545,36	0,82%	22
b	6,9%	\$98.610,75	11,0%	4
c	-7,5%	\$91.117,74	5,0%	15
d	-29,0%	\$14.267,14	-7,4%	>25 Años
e	-2,4%	\$125989,08	8,2%	11

Fuente: Elaboración propia

4.5 Instalación propuesta

Si bien se conocen diferentes alternativas para conectar el sistema al red y su medición como Medición con balance neto y Medición feed in tariff (doble medidor)[16], se adopta lo propuesto en el proyecto PROINGED de la provincia de Bs.As. que “El generador fotovoltaico necesita dos medidores ubicados entre el inversor y la red: uno para cuantificar la energía que se genera e inyecta en la red (para su posterior remuneración), y otro para cuantificar el pequeño consumo del inversor fotovoltaico en ausencia de radiación solar (también garantiza a la compañía eléctrica posibles consumos que el titular de la instalación pudiera hacer). El suministro de electricidad al edificio se seguiría realizando desde la red eléctrica, con su propio medidor, siendo una instalación totalmente independiente y en paralelo con la instalación fotovoltaica”. [17].

Figura 2 Esquema de conexión a la Red



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Imagen de la instalación propuesta



Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones y recomendaciones

Desde el punto de vista de la eficiencia energética se propondría para el caso de la componente bomba en un futuro instalar una bomba de máxima eficiencia para que ante el decaimiento probado este sea el menor posible en los años de su vida útil.

En relación a la tarifa si el contrato actual lo permite se podrá hacer el cambio de tarifa T1G a T2, que a los valores actuales el ahorro económico sería del 31,7%.

En relación al consumo de agua de los habitantes del barrio de aproximadamente unos 120l/d no se recomienda tomar ninguna acción dado el análisis realizado en el punto 3.3.

Sobre la instalación solar fotovoltaica propuesta, se adopta la que contempla un campo solar de 84 paneles con una potencia de 21420Wp y un inversor de 20kW. Esta instalación cubre la demanda actual; la conexión a la red se realizaría, como lo propone el programa PROGEN de la provincia de Bs.As., con dos medidores para el sistema y uno para el consumo de la bomba como se realiza actualmente. Considerando la tarifa propuesta por la Provincia de Santa Fe el repago sería en 4 años y si se tomara el propuesto por la ley sería de 15 años y teniendo en cuenta el valor medio del costo del combustible (gasoil) para generación distribuida en el año 2014 sería de 11años. En consecuencia una instalación de este tipo es viable, ya que si tomáramos una tarifa intermedia entre estas y la inversión tendría un repago por ejemplo de 10 años, quedarían por la vida útil de los sistemas 15 años para la venta de energía a la red a un valor diferencial con el costo de la tarifa pagada por el consumo; si suponemos que el valor de cada una sigue el mismo porcentaje de aumento en los siguientes años.

Finalmente podemos expresar entonces, luego de todo el estudio, que es viable este tipo de instalaciones en el país si la ley vigente, la propuesta por el diputado Villalonga para los sistemas GDEE y las reglamentaciones vigentes en otras provincias se adopta con tarifas razonables para instalación conectadas a la red para potencias menores a los 300kW.

6. Referencias

- [1] II Congreso Iberoamericano sobre Microrredes con Generación Distribuida de Renovables – Conclusiones; 6 al 8 de octubre de 2014 en el Palacio de la Audiencia de Soria, España.
- [2] Informe Anual 2015 CAMMESA <http://www.cammesa.com>

- [3] Proyecto IRESUD. <http://iresud.com.ar>
- [4] <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>
- [5] <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-259999/259883/norma.htm>
- [6] <http://www1.hcdn.gov.ar/proyxml/expediente.asp?fundamentos=si&numexp=2965-D-2016>
- [7] <http://www.inexa.es/documentos/ARTICULOS%20INTERES/DETERIORO%20DEL%20RENDIMIENTO%20EN%20BOMBAS.pdf>
- [8] http://www.oceba.gba.gov.ar/Paginas/tarifas/bo_res_22_16_cuadros_tarifarios.pdf
- [9] http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/
- [10] <http://meteo.frd.utn.edu.ar>
- [11] HUMBERTO RODRIGUEZ MURCIA, SURESH HURRY (1995) *Manual de entrenamiento en sistemas fotovoltaicos para electrificación rural*. Bogotá: PNUD: OLADE: JUNAC. 200p.
- [12] http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/mem/sintesis_mem.pdf
- [13] Aportes para un sistema eléctrico eficiente y sustentable. Desarrollo industrial y de las economías regionales. La hora de las Energías Renovables en la matriz eléctrica argentina (2015). Cámara Argentina de Energías renovables.
- [14] ESTHER SANZ LÓPEZ-ARGUMEDO (2009) *Estudio técnico-económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de 5kw*. Proyecto fin de carrera. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [15] María José Fernández Llobell (2012). *Energías renovables: estudio de viabilidad de una instalación solar fotovoltaica (huerto solar)*. Facultad de Administración y Dirección de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- [16] <http://greenbugenergy.com/get-educated-knowledge/net-metering-and-feed-in-tariff-grid-connections>
- [17] PROGRAMA PROVINCIAL DE INCENTIVOS A LA GENERACIÓN DE ENERGIA DISTRIBUIDA (PROINGED). *Documento de tecnologías habilitadas VM/VO* (2011). p162 y p 277 <http://proinged.org.ar/Archivos%20Descargables/ro/dt.pdf>

OBTENCION DE POTENCIA ELECTRICA A PARTIR DE FUENTES DE CALOR DE BAJAS TEMPERATURAS

Hernán Marcelo Solier Zandomeni, UTN- Regional Paraná , hmsolierz@frp.utn.edu.ar

Alejandro Ramón Gorosito, UTN- Regional Paraná, agorosito@frp.utn.edu.ar

Hugo Darío Pasinato, UTN- Regional Paraná, hpasinato@frp.utn.edu.ar

Resumen— Es reconocida la necesidad de la industria de mejorar la eficiencia energética de los procesos y reducir el impacto de contaminantes sobre el medio ambiente. Una posibilidad en ese sentido es el desarrollo de nuevas tecnologías, orientadas a obtener energía eléctrica a partir de fuentes de bajas temperaturas, como es el calor residual en gases de combustión. Para fuentes de bajas temperaturas, sin embargo, no es conveniente el uso de ciclos convencionales de potencia de vapor de agua. En ese sentido algunas tecnologías estudiadas son los ciclos de potencia sub, trans y supercríticos con fluidos orgánicos.

El objetivo del presente estudio es presentar los cálculos numéricos correspondientes a la adaptación de ciclos orgánicos, a casos de estudios de calor residual en gases de combustión seleccionados de la industria. Se usan 3 fuentes del tipo mencionado, con temperaturas altas, medias y bajas, según el criterios de calor de bajas temperaturas. Para cada una se definió el fluido de trabajo y las condiciones de operación en función del caudal másico y temperatura de la misma. Los resultados muestran que para fuentes con temperaturas en el orden de los 450 °C, el agua continua siendo la mejor opción frente a los fluidos orgánicos. Por otro lado se observa que la transferencia de calor desde los gases de combustión constituye un importante 'cuello de botella' en la eficiencia global de recuperación de calor residual en estas fuentes.

Palabras clave— *Recuperación de Calor, Calor de Bajas Temperaturas, Ciclos de Rankine Orgánicos, Termodinámica.*

Introducción

El crecimiento del consumo de energía a nivel global y una mayor atención a la preservación del medio ambiente, ha generado un marcado interés en el desarrollo de conocimiento y nuevas tecnologías orientadas a obtener potencia eléctrica a partir de fuentes de calor de bajas temperaturas -*low-grade heat recovery, exhaust energy recovery systems*- (Hung [1], Yamamoto et al. [2], Zhang et al. [3], Chen et al. [4, 5], Sarkar [6], Lecompte et al. [7], Dai et al. [8]). Valores usuales para aplicaciones de sistemas de recuperación de calor residual son las fuentes con temperaturas(T) inferiores a 350 °C y con bajo contenido calórico - fluidos con bajos coeficientes de calor específico(cp).

Las fuentes de calor de bajas temperaturas más frecuentes son las renovables -térmica-solar y geotérmica, y la contenida en gases de combustión entregados a la atmósfera proveniente de procesos industriales. Los gases de combustión provenientes del hogar de una caldera usada para generar potencia eléctrica o aquellos provenientes del horno de una caldera, son, por un

lado, ejemplos preocupantes para el medio ambiente y, por el otro, resultan fuentes de calor con gran potencial para ser recuperado.

Un camino para recuperar calor residual es obtener potencia eléctrica usando ciclos con fluidos orgánicos -*organic Rankine cycles* (ORC)-. Estos ciclos se estudian con ese fin ya desde la década del 70, como una alternativa al ciclo convencional de vapor (Zhang et al. [3], Chen et al. [4, 5], Sarkar [6], Lecompte et al. [7]). Los ORC usuales, aún cuando faltan investigar muchos aspectos y configuraciones, son los subcríticos -con cambio de fase tanto en el calentamiento como en el enfriamiento, los transcíticos -con calentamiento por fuera de la línea de saturación hasta la región de fluido supercrítico y enfriamiento con cambio de fase- y los supercríticos con fluidos orgánicos donde tanto el calentamiento como el enfriamiento ocurren en estado supercrítico.

La razón más relevante para el uso de los ORC en reemplazo del convencional de Rankine es la necesidad del uso de fluidos con bajas temperaturas de ebullición. Por otro lado la motivación para usar fluidos de trabajo en estado supercríticos es la menor generación de irreversibilidades durante el calentamiento. En otras palabras, al no existir un cambio de fase durante el calentamiento existe un cambio gradual de la temperatura del fluido de trabajo, resultando en una diferencia más acotada entre la temperatura de la fuente y la del fluido (Chen et al. [5], Chacartegui et al. [9], Tchanche et al. [10]). En otras palabras, no existe el denominado *pinch point*, o punto con mínima diferencia de temperatura en el intercambiador de calor.

La eficiencia de un ORC depende de muchos factores, entre ellos, de las condiciones de operación, de las propiedades físico-químicas del fluido de trabajo, de las condiciones de la transferencia de calor, entre otros (Yamamoto et al. [2], Chen et al. [5], Sarkar [6], Chacartegui et al. [9], Tchanche et al. [10], Hung et al. [11], Joung et al. [12]). En particular, con relación a las propiedades termodinámicas y físicas de los fluidos de trabajo, son importantes sus propiedades termodinámicas y físicas, estabilidad, compatibilidad, impacto ambiental, seguridad y disponibilidad. Una propiedad relevante de los fluidos de trabajos, por ejemplo, radica en la pendiente de la curva de vapor seco del gráfico temperatura(T) - entropía(s). Según esta curva sea negativa, infinita o positiva, se denomina al fluido como 'húmedo' -*wet*-, 'isentrópico' -*isentropic* o 'seco' -*dry*- (Chen et al. [5], Tchanche et al. [10], Hung et al. [11], Joung et al. [12]); donde su nombre hace referencia tanto al estado a la salida de la turbina como al tipo de expansión en la misma; e.g. el agua, a'un cuando no es un fluido orgánico, puede ser clasificado como *wet* y por ese motivo requiere de sobrecalentamiento para conseguir un vapor lo más seco posible a la salida de la turbina; en contraposición un fluido isentrópico no requiere sobrecalentamiento, simplificando muchas veces el ciclo. A partir de esta caracterización, se ha podido determinar que los fluidos orgánicos isentrópicos son convenientes para recuperación de calor por no requerir sobrecalentamiento (Chen et al. [5], Hung et al. [11], Long et al. [13]).

No obstante, como se verá en los resultados y discusión de este estudio, la pendiente de esa curva está íntimamente relacionada con la temperatura de la fuente de calor residual, pudiendo ocurrir que según sea el valor de esa temperatura, resulte conveniente un fluido húmedo.

El objetivo de este estudio es presentar los primeros resultados de una metodología numérica para definir el fluido de trabajo y las condiciones de operación de un ORC para una determinada fuente de calor residual de gases de combustión. En otras palabras, definir el fluido de trabajo y las condiciones de operación, usando diferentes índices de performance o eficiencias, tanto para el ciclo como alguna de sus partes, en función del caudal másico y la temperatura de la fuente. Se usan con ese fin, 3 casos aplicados de fuentes de calor residual en

Obtención de Potencia Eléctrica a partir de Fuentes de Calor de Bajas Temperaturas
gases de combustión-casos de estudio seleccionados de la industria local- con alta, media y baja temperatura, respectivamente.

Diferentes eficiencias para ciclos de recuperación de calor

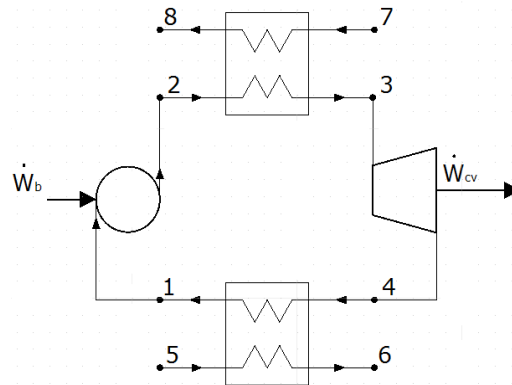


Figura 1: Configuración de un ORC, conformado por la bomba(1-2); el intercambiador de calor(2-3); el expansor(3-4); el condensador(4-1); fuente de calor residual en gases de combustión(7-8) y refrigeración del condensador(5-6).

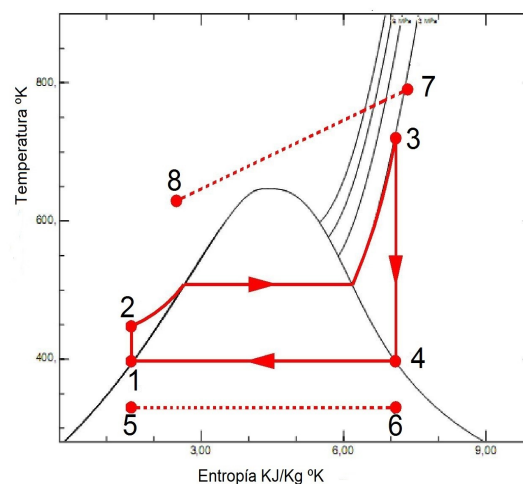


Figura 2: Estados termodinámicos para un ORC subcrítico en un diagrama T-s.

En este estudio, se usa para una fuente de calor residual proveniente de gases de combustión, la configuración básica de un ORC conformada por un evaporador, una turbina, un condensador y una bomba, similar al convencional de vapor de Rankine, trabajando en estado subcrítico o transcrito, según la necesidad determinada por el fluido de trabajo y la fuente. Las Figura 1 y 2 son esquemas correspondientes a un ORC subcrítico, donde \dot{W}_b es la potencia suministrada a la bomba y \dot{W}_{cv} la correspondiente generada por la turbina. En esa configuración básica, se estudia la adopción de un fluido de trabajo, para una fuente determinada, en función de índices y criterios tomados de la literatura o propuestos.

Una vez definida la configuración de un ORC, la determinación del fluido de trabajo y de las condiciones de operación del ciclo a través de un análisis termodinámico, significa analizar los fenómenos de transferencia del fluido de trabajo con el fluido de la fuente y de la atmósfera y del tipo de expansión y compresión del mismo. Sin embargo, es importante observar que aún cuando la configuración es la más elemental, el sistema a analizar es uno

Obtención de Potencia Eléctrica a partir de Fuentes de Calor de Bajas Temperaturas

con muchos grados de libertad y al presente no existe una metodología que permita sintetizar la información resultante.

Esto no solo dificulta la determinación del fluido de trabajo, las condiciones de operación, etc, para un caso en particular, sino que también dificulta la comparación de resultados de diferentes investigaciones. Con eso en mente se ha procurado rescatar de la literatura los índices más relevantes en cuanto aprovechamiento de calor de bajas temperaturas.

Estos índices son adimensionales que permiten calcular el rendimiento global o parcial de un ciclo. Por ejemplo, de los teoremas de Carnot (Wark [14]) se sabe que para máquinas térmicas reversibles el rendimiento depende solo de las temperaturas de las fuentes, las cuales por otra parte son consideradas constantes.

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_B}{T_A} \quad (1)$$

donde T_A y T_B son las temperaturas de las fuentes con altas y bajas temperaturas, respectivamente.

Sin embargo aún cuando se pueden considerar isentrópicos los procesos de compresión y/o expansión, se analizan ciclos reales con irreversibilidades en la transferencia de calor, en el interior del fluido en movimiento, etc. En otras palabras, la eficiencia deja de depender solo de las temperaturas de las fuentes para hacerlo de cada detalle del ciclo. Por otra parte, en los ciclos para recuperación de calor residual, el cociente de temperaturas T_B/T_A es sustancialmente menor al de un ciclo convencional, con lo cual, aún en el caso ideal, el rendimiento también lo es y las diferencias entre varias alternativas de aprovechamiento no resultarán tan claras. Sumado a esto, las fuentes reales no tienen una temperatura constante, dado que no son infinitas.

Estos son solo algunos ejemplos de la complejidad de un ciclo para aprovechar calor de bajas temperaturas.

Así la eficiencia global del ciclo pasa a depender de muchos factores de los cuales los más importantes son las condiciones de transferencia de calor en el intercambiador, las propiedades del fluido de trabajo, las condiciones de expansión en la turbina y las condiciones de transferencia de calor en el condensador. En ese sentido, existen varios “cuello de botella”, tales como irreversibilidades en la transferencia de calor, irreversibilidades en la expansión y compresión, la capacidad térmica de los fluidos, entre otros factores. Hasta el presente, sin embargo, como fue referido antes, no existe una forma sintética de incorporar todos esos detalles secundarios -pero con algún grado de importancia- a la eficiencia global del ciclo.

El adimensional más conocido y general en los libros de Termodinámica para medir el desempeño del sistema es la eficiencia térmica o eficiencia de la Primera Ley.

$$\eta_t = \frac{\dot{W}_{vc}}{\dot{Q}_a} \quad (2)$$

donde $\dot{W}_{vc} = \dot{m}_{ft}(h_3 - h_4)$ es la potencia neta real obtenida y $\dot{Q}_a = \dot{m}_{ft}(h_3 - h_2)$ es la energía térmica en el fluido de trabajo, recibida en el intercambiador.

Aún cuando la expresión (2) es general, no lleva en consideración la destrucción de energía disponible o trabajo perdido en el ciclo en los diferentes procesos. Por eso algunos investigadores han sugerido para recuperación de calor adimensionales o índices en función de la exergía o energía disponible (Lecompte et al. [7], Long et al. [13], Tchanche et al. [10], Kota [15], DiPippo [16]). Uno de estos índices es la eficiencia exergética interna, la cual es una medida del aprovechamiento a través de la expansión en la turbina, de la energía disponible en el fluido de trabajo después del paso por el intercambiador de calor.

$$\eta_{ei} = \frac{\dot{w}_{vc}}{\dot{E}_3 - \dot{E}_2} \quad (3)$$

donde en correspondencia con la Figura 1, \dot{E}_3 es la exergía o energía disponible o trabajo potencial máximo en el estado 3.

$$\dot{E}_3 = \dot{m}_{ft} [(h_3 - h_0) - T_0 (S_3 - S_0)] \quad (4)$$

siendo el subíndice “0” indicativo del estado muerto.

Similar al anterior, pero ahora relacionando la potencia en la turbina con la energía disponible en la fuente de calor residual, es la eficiencia exergética externa.

$$\eta_{ee} = \frac{\dot{w}_{vc}}{\dot{E}_7 - \dot{E}_8} \quad (5)$$

donde como en el caso anterior los números se corresponden con el esquema de la Figura 1.

Otro índice propuesto en la literatura usando exergía expresa el aprovechamiento de la energía disponible en la expansión en relación a la disponible a la entrada de la misma (Di-Pippo [16]).

$$\eta_{ex} = \frac{\dot{E}_3 - \dot{E}_4}{\dot{E}_3} \quad (6)$$

donde \dot{E}_4 es la exergía a la salida de la expansión.

Estos tres índices relacionan la potencia neta obtenida en la expansión con la energía disponible -o trabajo potencial máximo- en diferentes puntos del ciclo. La eficiencia exergética externa no solo considera el trabajo perdido o irreversibilidades en la expansión sino también las generadas en el intercambiador de calor. Por ese motivo este índice sea el más apropiado en recuperación del calor. Sin embargo su cálculo implica la modelación de la transferencia de calor en el intercambiador, la cual no es posible hoy en día de ser realizada con errores menores al 30 o 40% (Pysmenny et al. [18]).

Un índice propuesto en este estudio, denominado eficiencia de la transferencia de calor η_{tc} , es usado para medir el grado de destrucción de energía disponible solo en el intercambiador de calor.

$$\eta_{tc} = \frac{\dot{E}_3 - \dot{E}_2}{\dot{E}_7 - \dot{E}_8} \quad (7)$$

El índice de la expresión (7) es una relación entre la energía disponible en el fluido de trabajo y aquella en la fuente -no el total de la fuente sino de la parte transferida-; si la transferencia ocurriera de forma ideal debido solo a un diferencial de temperatura en toda la extensión del área del intercambiador, este índice alcanza su valor máximo. En el caso de ORC subcríticos reales existe una diferencia mínima de temperatura entre los dos fluidos -*pinch point*-, el cual constituye un “cuello de botella” en la transferencia de calor en el intercambiador (Branchini et al. [17]). La diferencia de temperatura entre los dos fluidos por otra parte está lejos de ser uniforme en un ciclo subcrítico. Esta situación mejora sustancialmente en los ciclos trans y supercríticos porque en ellos la transferencia de calor ocurre con un salto de temperatura más acotado entre los fluidos de la fuente y el fluido de trabajo (Chen et al. [5]). Por ese motivo se considera que el índice de la expresión (7) puede ser valioso para conocer la eficiencia en el intercambiador, quizá unos de los procesos más críticos en recuperación de calor residual.

En el presente estudio se usan los índices (2), (3), (5) y (7).

3. Modelado del ciclo

Definido el tipo de fuente de calor residual y la configuración del ciclo, a los efectos de obtener conclusiones más generales se seleccionaron 3 fuentes de calor con temperaturas alta, media y baja, respectivamente, Tabla 1. Los fluidos candidatos a fluidos de trabajo fueron seleccionados en base a estudios previos publicados en la literatura, tomando en cuenta sus propiedades termodinámicas en el estado crítico, capacidad calorífica, calor latente, conductividad térmica, densidad, pendiente de la curva de vapor seco en el diagrama T-s, además de criterios relacionados con estabilidad química a elevadas temperaturas, interacción con el medio ambiente, etc., publicados en la literatura. En la Tabla 2 se presentan algunas propiedades termodinámicas y físicas de los fluidos candidatos.

Tabla 1. Datos correspondientes a tres fuentes de calor residual provenientes de gases de combustión.

Fuente	T[°K]	\dot{m}_{ff} [kg/seg]
Alta	811,15	67,9
Media	473,15	4
Baja	363,15	1800

Las condiciones de operación óptimas para cada fluido fueron definidas obteniendo los estados y propiedades de estado para cada ciclo sub o transcrito, según correspondía, para un rango de presiones y temperaturas en la entrada en el expansor, T_3 y P_3 -Figura 1- ; para una presión fija en el condensador en los ciclos subcríticos y transcritos. El rango de variación de T_3 y P_3 fue definido para cada tipo de ciclo en función de los datos de la fuente y de las propiedades del fluido considerado.

Los cálculos numéricos fueron realizados con un software desarrollado a tal fin, el cual usa como interface la base de datos del National Institute of Standard and Technology, REFPROP 9.1 (Lemmon [19]).

La bomba y el expansor o turbina fueron considerados isentrópicos. El intercambiador de calor se modeló como uno de flujo cruzado, a contra-flujo, despreciando la pérdida de carga a través del mismo, considerando una configuración de tubos desfazada, además de otras características geométricas como el diámetros, material, etc. De este modo se definió el coeficiente de transferencia de calor por convección correspondiente a los gases de combustión, h_c -el cuello de botella en el intercambiador- es la transferencia desde los gases calientes, dado que los mismos tienen los menores h en comparación a cualquier fluido de trabajo sean orgánicos o agua, usando regresiones experimentales de la literatura (Incropera et al. [20], Hesselgraves [21]) y luego se calculó el coeficiente global de transferencia de calor U_c , en función del cual se obtuvo el calor en el intercambiador.

El siguiente es un detalle de ese cálculo. El calor entregado por la fuente es (según detalles en la Figura 1)

$$\dot{Q} = \dot{m}_f c_{p,f} (T_7 - T_8) \quad (8)$$

donde \dot{m}_f es el caudal másico de la fuente, $c_{p,f}$ el calor específico a presión constante, T_7 y T_8 son las temperaturas en la entrada y salida del intercambiador.

Obtención de Potencia Eléctrica a partir de Fuentes de Calor de Bajas Temperaturas

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de los fluidos estudiados; donde T_c ; P_c ; ρ_c son los valores de temperatura, presión y densidad en el punto crítico, respectivamente; PM es la masa molecular y ξ la pendiente de la curva de vapor seco en el diagrama T-s (Lemmon [19], Chen et al. [5]).

Fluido	Nombre extenso	T_c [°K]	P_c [MPa]	ρ_c [kg/m³]	PM [g mol]	ξ
	Agua	647,1	22,06	322	18,02	-18
	Propeno	402,38	5,63	244,9	40,06	-1,87
R21	Diclorofluorometano	451,48	5,18	526,01	102,92	-0,78
R152a	Difluoroetano	386,41	4,52	368	66,05	-1,14
R134a	Tetrafluoroetano	374,21	4,06	511,9	102,03	-0,39
CO2	Dióxidodecarbano	304,13	7,38	467,6	44,01	
NH3	Amonio	405,4	11,33	225	17,03	0,25
R125	Pentafluoroetano	339,17	3,62	573,58	120,02	-1,08
R32	Difluorometano	351,26	5,78	424	52,02	-4,33
R143a	Metiltrifluorometilete r	377,92	3,64	465	100,04	-1,49

El calor \dot{Q} también puede calcularse como el flujo a través del intercambiador como:

$$\dot{Q} = A_c U_c \Delta T_m \quad (9)$$

donde A_c es el área de intercambio de calor, U_c es el coeficiente global de transferencia de calor y ΔT_m es la diferencia logarítmica de temperatura en función de las temperaturas T_2 y T_3 del fluido de trabajo, y T_7 y T_8 corresponden a las temperaturas de la fuente, Figura 1.

Por otro lado, despreciando las pérdidas de calor -intercambiador perfectamente aislado- se puede establecer:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{ft} (h_3 - h_2) \quad (10)$$

donde \dot{m}_{ft} es el caudal másico del fluido de trabajo, h_3 y h_2 son las entalpías del fluido de trabajo en la salida y entrada al intercambiador, respectivamente.

Considerando ahora el método de número de unidades de transferencia (*effectiveness NTU method*) (Incropera et al. [20]), el área puede ser obtenida de regresiones propias para el tipo de intercambiador de calor usando la relación:

$$NTU = \frac{U_c A_c}{C_{min}} \quad (11)$$

donde C_{min} es la mínima capacidad térmica de los fluidos de trabajo, y NTU es el número de unidades de transferencia.

El siguiente es un resumen del algoritmo para obtener T_8 y \dot{m}_{ft} en forma iterativa.

1. Se propone un A_c y T_8 inicial
2. Se obtiene Q de (8)
3. De (9) se obtiene T_8 de forma iterativa
4. De (10) se obtiene \dot{m}_{ft}
5. Usando la relación entre las capacidades térmicas mínima y máxima, la efectividad obtenida en función de Q_{real} y el $Q_{máx}$, se obtiene NTU de regresiones y en función de la misma A_c .
6. Se itera entre (2-5) hasta la convergencia de T_8 .

4.Resultados y discusión

En este estudio se consideró como condición de operación óptima para cada fluido, aquella con calidad del vapor igual o aproximadamente igual a 1 en la salida de la turbina. Además se fijó una temperatura en el condensador igual a 304 K.

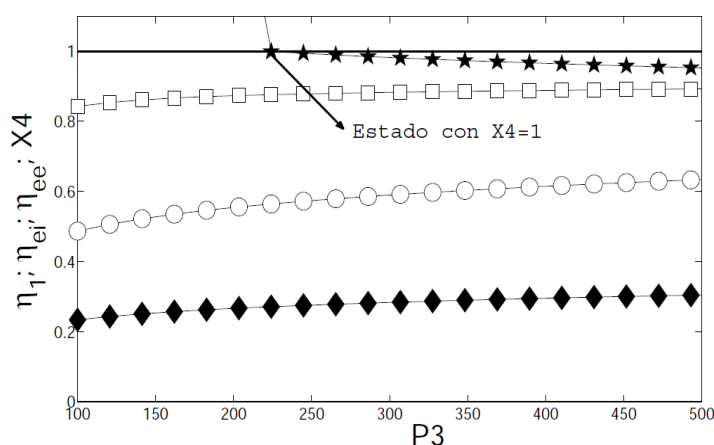


Figura 3. Eficiencias y calidad a la salida de la turbina para el agua para la primer fuente, en función de la presión a la entrada a la turbina, P_3 , para la temperatura a la entrada a la turbina, $T_3 = 760$ K .

Tabla 3. Condiciones de operación consideradas mecánicamente óptima para los fluidos testados para la fuente con mayor temperatura $T_7=811,15$ K, para $X_4 = 1;0$ y $T_4 = 304$ K (SC: subcrítico; TC:transcrítico; T[K]; P[MPa]; \dot{m}_f [kg/seg]; W_{vc} [kJ/kg])

Fluido	Ciclo	T_3	P_3	T_8	P_3/P_4	V_3/V_4	\dot{m}_{ft}	η_1	η_{ei}	η_{ee}	η_{tc}	W_{vc}
Agua	SC	760	0,22	354	49,8	0,05	8,29	0,27	0,88	0,56	0,64	903
R21	SC	474	4,4	642	19,9	0,05	41,17	0,25	0,86	0,4	0,46	74
R21	TC	545	10,3	573	46,7	0,02	54,83	0,29	0,89	0,49	0,55	92
R152a	SC	388	3,5	728	4,9	0,19	19,01	0,15	0,78	0,23	0,39	49
R152a	TC	465	11,3	654	16,1	0,06	32,91	0,22	0,85	0,36	0,41	76
R134a	SC	363	2,9	753	3,6	0,24	21,81	0,12	0,73	0,19	0,25	24
Propeno	SC	360	2	692	2,9	0,36	7,78	0,11	0,7	0,17	0,24	59
Propeno	TC	474	11,2	647	16,1	0,05	20,71	0,23	0,85	0,39	0,44	139
Amonio	TC	510	12	607	10	0,16	9,95	0,24	0,86	0,4	0,46	360

Obtención de Potencia Eléctrica a partir de Fuentes de Calor de Bajas Temperaturas

La Figura 3 presenta la distribución de las eficiencias y de la calidad a la salida de la turbina para el agua. En esa figura se puede observar la elección del estado a la salida de la turbina, considerado en este estudio como el estado óptimo.

En la Tabla 3 y Figuras 4 y 5 presentan los resultados más relevantes para los fluidos candidatos para la primera fuente, con la mayor temperatura (811,15 K). Para esa fuente con altas temperatura se testaron fluidos con ciclos subcríticos y algunos de esos fluidos también con ciclos transcíticos.

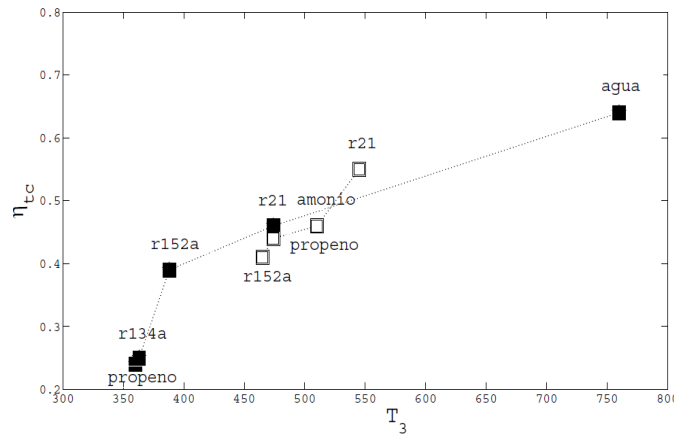


Figura 4: Eficiencia en la transferencia de calor en función de la temperatura en la entrada del expansor para la primera fuente y distintos fluidos de trabajo.

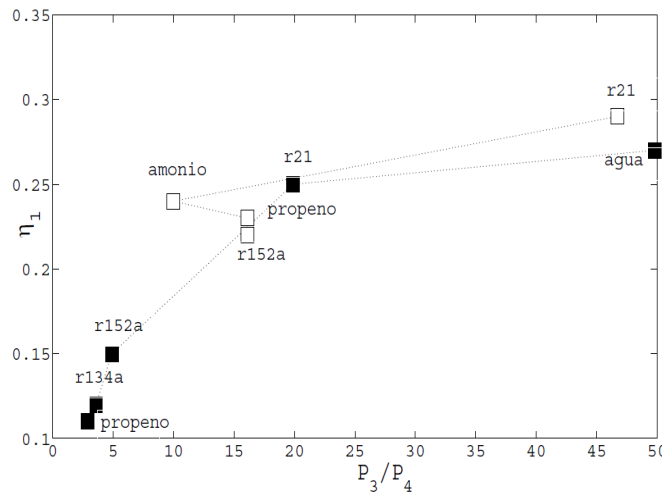


Figura 5: Eficiencia térmica y relación de presiones en el expansor para la primera fuente, para distintos fluidos de trabajo. Símbolos llenos: ciclo subcrítico; Símbolo vacío: ciclo transcítico.

En los ciclos transcíticos un aumento de la presión en la entrada a la turbina siempre implica un aumento de la potencia obtenida, si la temperatura de la fuente es alta lo suficiente como para realizar una expansión con calidad igual a 1 a la salida de la misma. Por ese motivo para los ciclos transcíticos, la máxima presión testada para la primera fuente fue de 12MPa.

En la Tabla 3 se observa que el agua es el fluido cuyos índices tienen el mejor comportamiento. Todas las eficiencias para el agua son las mayores, el trabajo específico es el mayor, además -con excepción del propeno- el caudal másico es el menor implicando menores costos en los equipos de compresión-expansión. Las Figuras 4 y 5 muestran con claridad la mejor performance del agua con ciclo subcrítico tanto en la transferencia de calor

Obtención de Potencia Eléctrica a partir de Fuentes de Calor de Bajas Temperaturas

como en la generación de potencia. Aún cuando el R21 con ciclo transcrito presenta una leve mejor eficiencia que el agua, su potencia total es sustancialmente menor.

Para todos los fluidos orgánicos para los cuales se testó tanto el ciclo subcríticos como el transcrito, se observa que, aún con el límite de presión máxima considerada, el ciclo transcrito presenta una mejora, en algunos casos importante, de todos los índices y de la generación de trabajo específico y potencia. De los datos presentados en esta Tabla 3 se puede concluir, sin embargo, que el convencional de vapor subcrítico es el más apropiado para esta fuente. En otras palabras, para fuentes de calor residual con valores de T altos, un fluido de trabajo que satisfaga aproximadamente la relación de temperaturas $T_c = 0,8 T_{fuente}$, permite que exista un sobrecalentamiento; por ese motivo es conveniente que el fluido de trabajo sea 'húmedo' a los efectos de permitir un sobre calentamiento para tener una calidad próxima a la unidad a la salida de la turbina. Esa es la situación con la fuente 'Alta' cuya temperatura es relativamente alta como para ser considerada calor residual, pero es un caso práctico de la industria que merecía ser considerado. En conclusión, aún cuando la temperatura de esta fuente es baja para un ciclo convencional de vapor de Rankine, el mismo continúa en este caso siendo la mejor opción.

Tabla 4. Condiciones de operación consideradas mecánicamente óptima para los fluidos testados para la fuente con temperatura Media, $T_7=473,15\text{ K}$, para $X_4 = 1;0$ y $T_4 = 304$.

Fluido	Ciclo	T_3	P_3	T_8	P_3/P_4	V_3/V_4	\dot{m}_{fi}	η_1	η_{ei}	η_{ee}	η_{tc}	W_{vc}
Amonio	SC	416	4,8	362	4,0	0,33	0,36	0,15	0,77	0,52	0,67	200
R152a	TC	410	4,9	368	6,9	0,14	1,37	0,18	0,81	0,76	0,74	58
R21	SC	423	2,1	354	9,7	0,12	1,80	0,20	0,83	0,71	0,85	57
R134a	TC	400	5,3	380	6,6	0,12	1,96	0,16	0,78	0,51	0,66	32
R125	TC	399	11,9	384	7,9	0,13	3,07	0,15	0,8	0,49	0,60	19
R32	TC	442	11,9	348	6,3	0,21	1,66	0,19	0,83	0,7	0,84	63
R143a	TC	417	11,9	367	8,6	0,12	2,46	0,17	0,81	0,57	0,70	31

Las siguientes opciones para la fuente con alta temperatura es usar propeno o amonio en ciclos transcritos, pero se tienen algunas pocas ventajas y varias desventajas en comparación con el agua. La primera ventaja es que los ciclos transcritos permiten un intercambio de calor con menores irreversibilidades debido a no existir un pinch point; observar los valores del índice η_{tc} para el propeno en los dos estados testados. La principal desventaja es que significa un ciclo con mayores presiones, implicando mejores tecnologías en el sellado del circuito y por tanto mayores costos. Los caudales máscos para estos fluidos son mayores al menos un 30 %, lo cual también aquí supone mayores costos en comparación con el agua. Y también la potencia final obtenida, por ejemplo con propeno, es solo un 30% de la obtenida con agua, sin considerar que el propeno no es recomendado para uso en estado supercrítico, debido posibles problemas de estabilidad (Chen et al. [5]). Por otro lado el amonio, denominado como ORC aún cuando no es un fluido orgánico, reúne las condiciones para ser usado en un ciclo transcrito a pesar que su presión crítica es alta. Y otra vez como con el propeno sus índice, caudal máscos, etc. son menos ventajosos que para el agua.

Obtención de Potencia Eléctrica a partir de Fuentes de Calor de Bajas Temperaturas

La Tabla 4 presenta los resultados para la segunda fuente, con temperatura considerada media $T_7=473,15$ K. En esa tabla se observa que las mayores eficiencias de la Primera Ley corresponden al R21 y R32, presentando también estos fluidos la mejor performance en el intercambiador de calor. También el empleo de R21 y R32 permite transformar la mayor cantidad de calor en trabajo útil con un alto rendimiento exergético del intercambiador de calor y una baja temperatura de salida de los gases calientes. Los fluidos anteriores, sin embargo, son solo levemente superiores en performance al R152a. En otras palabras aquí se observa que sería necesario profundizar este estudio sobre estos 3 fluidos para la fuente Media. Aún así según estos primeros resultados, el R21 es el fluido más conveniente dado que la obtención de potencia es la mayor con este fluido de trabajo para esta fuente con temperatura media.

La Tabla 5 presenta los resultados para la fuente con menor temperatura, $T_7=363,15$ K.

Tabla 5: Condiciones de operación consideradas mecánicamente óptima para los fluidos testados para la fuente con temperatura Baja, para $X_4 = 1;0$ y $T_4 = 304$.

Fluido	Estado	T_3	P_3	T_8	P_3/P_4	V_3/V_4	\dot{m}_{ft}	η_1	η_{ei}	η_{ee}	η_{tc}	W_{vc}
R125	TC	352	4,8	348	1,34	0,75	6,17	0,03	0,18	0,16	0,94	22,1
R125	SC	351	4	317	2,66	0,3	8,62	0,1	0,71	0,68	0,96	12,7
R32	SC	350	5	350	1,25	0,82	1,73	0,03	0,18	0,16	0,91	6,5
R143a	SC	338	2,9	338	1,92	0,48	4,26	0,07	0,59	0,46	0,78	13,18

Comparando los resultados obtenidos en el caso de la fuente de temperatura media, se observa que las magnitudes de caudal másico son superiores, característica que deriva en un incremento en el tamaño de los componentes del sistema. Además, los índices de eficiencia no logran valores destacados.

La explicación a los resultados obtenidos podemos encontrarla en la reducida diferencia de temperaturas entre la fuente de calor y el punto crítico para el caso del R125 en estado transcrítico, y la temperatura en el condensador para los casos de R32, R125 y R143a en estado subcrítico.

5.Conclusiones y futuros trabajos

El objetivo principal del presente estudio fue presentar los cálculos numéricos correspondientes a la adaptación de ciclos orgánicos, a casos de estudios seleccionados de calor residual en gases de combustión en la industria.

Las principales conclusiones son :

- 1) para fuentes con temperaturas en el orden de 450°C , como la primer fuente testada en este estudio, el ciclo convencional de Rankine de vapor continua siendo el más apropiado.
- 2) a los efectos de realizar una predicción confiable de un ORC, es necesario realizar una modelación lo más precisa posible de la transferencia de calor en el intercambiador, el cual puede ser considerado el 'cuello de botella' de un aprovechamiento de calor de bajas temperaturas.
- 3) el índice η_{tc} mostró utilidad a la hora de evaluar la eficiencia en el intercambio de calor.
- 4) para la fuente con temperatura media el R21 resulta ser el fluido de trabajo más apropiado.

Como futuros trabajos se propone, en lo inmediato, mejorar la modelación del ciclo en lo relativo al intercambio de calor y el testado de compresión y expansión no-isentrópicas, considerando expansores reales. Estudiar las condiciones de operación de los ciclos supercríticos y elegir los fluidos para estos ciclos para recuperación de calor. Se entiende como prioritario encontrar el mejor diseño del intercambiador de calor a fin de incrementar el aprovechamiento del calor en los gases de escape de las máquinas térmicas.

6.Referencias

- [1] Hung, T. Ch. 2001 Waste heat recovery of organic Rankine cycle using dry fluids. *Energy Conversion and Management*, **42** pp. 539-553.
- [2] Yamamoto T., T. Furuhashi, N. Arai, K. Mori 2001 Design and testing of the Organic Rankine Cycle, *Energy*, **26**, pp.239-251.
- [3] Zhang, X.R., H. Yamaguchi, D. Uneno, K. Fujimori, M. Enomoto, N. Sawada, 2006 Analysis of a novel solar energy-powered Rankine cycle for combined power and heat generation using supercritical carbon dioxide, *Renewable Energy*, **31**, pp.1839-1854.
- [4] Chen Y., P. Lundqvist, A. Johansson, P. Platell. 2006 A comparative study of the carbon dioxide transcritical power cycle compared with an organic rankine cycle with R123 as working fluid in waste heat recovery, *App. Thermal Eng.*, **26**, pp. 2142-2147.
- [5] Chen, H., D. Yogi Goswami, y E. K. Stefanakos 2010 A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat, *App. Thermal Eng.*, **26**, pp. 2142-2147. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **14**, pp. 3059-3067.
- [6] Sarkar, J. 2015 Review and future trends of supercritical CO₂ Rankine cycle for low grade heat conversion, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **48** p. 434-451
- [7] Lecompte S. Huisseune H., van den Broek M., B. Vanslambrouck, M. De Paepe 2015 Review of organic Rankine cycle(ORC) architectures for waste heat recovery. *Ren. Sus. Energy Reviews*, **47** pp. 448-461
- [8] Dai, Y., J. Wang, y L. Gao 2009. Parametric optimization and comparative study of organic Rankine cycle (ORC) for low grade waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, **50** pp. 576-582.
- [9] Chacartegui R., D. Sánchez, J.M. Muñoz, y T. Sánchez 2009 Alternative ORC bottoming cycles FOR combined cycle power plants *App. Energy*, **86**, pp. 2162-2170.
- [10] Tchanche B.F., G. Papadakis, G. Lambrinos, y A. Frangoudakis 2009 Fluid selection for a low-temperature solar organic Rankine cycle, *Applied Thermal Engineering*, **29**, pp. 2468-2476.
- [11] Hung T.C., S.K. Wang, C.H. Kuo, B.S. Pei, K.F. Tsai 2010 A study of organic working fluids on system efficiency of an ORC using low-grade energy sources, *Energy*, **35**, p. 1403-1411.
- [12] Jung, H. L. Taylor y S. Krumdieck 2016 An experimental and modelling study of a 1 kW

organic Rankine cycle unit with mixture working fluid, *Energy*, **81**, pp. 601-614.

[13] Long, R., Y.J. Bao, X.M. Huang, W. Liu 2014 Exergy analysis and working fluid selection of organic Rankine cycle for low grade waste heat recovery, *Energy*, **73**, p. 475-483.

[14] Wark, K. 1991 *Termodinámica*, McGraw Hill, 5ta. Ed., Buenos Aires. **31**, pp.1839-1854.

[15] Kota, T.J. 1995 *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, Ed. Krieger Editorial Company, Florida.

[16] DiPippo, R. 2004. Second Law assessment of binary plants generating power from lowtemperature geothermal fluids. *Geothermics* **33** pp. 565-586.

[17] Branchini, L., A. De Pascale, y A. Peretti 2013 Systematic comparison of ORC configurations by means of comprehensive performance indexes, *Applied Thermal Engineering*, **61**, p. 129-140.

[18] Pysmenny Y., G. Polupan, I. Carvajal-Mariscal, F. Sánchez-Silva 2010 Estudio comparativo de los métodos del cálculo de la transferencia de calor en bancos de tubos, *Científica*, **(14)**1, pp. 17-23.

[19] Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 9.1, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg, 2013.

[20] Incropera, F.P. y D.P. De Witt, 2010 *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, New York.

[21] Hesselgraves J.E. 2001 *Compact Heat Exchangers: Selection, Design and Operation*, Elsevier Science and Technology Books, New York.

DESARROLLO DE UN MODELO DE DIMENSIONAMIENTO PARA LA FABRICACIÓN EFICIENTE DE EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Ing. Diego Alarcón, UTN Facultad Regional Santa Fe, dalarcon@frsf.utn.edu.ar

Ing. Claudia González, UTN Facultad Regional Santa Fe, cgonzalez@frsf.utn.edu.ar

Sr. Tomás Hick, UTN Facultad Regional Santa Fe, tomasghick@gmail.com

Sr. Santiago Mascherpa, UTN Facultad Regional Santa Fe, santiagomascherpa@gmail.com

Resumen — El presente trabajo fue desarrollado por el Laboratorio de Mantenimiento Industrial – LABMI, perteneciente a la UTN-FRSF y tiene como eje principal el estudio de equipos de transferencia de calor compactos de superficie extendida – CSE. A través del análisis de los diferentes diseños y funcionamiento de los mismos, se busca obtener indicadores que deben tenerse en cuenta al momento de optar por uno de los diversos modelos existentes, dependiendo de su utilización y de la capacidad de transferencia térmica necesaria. El objetivo entonces es generar parámetros de comparación que guíen a la industria en la selección o diseño de estos equipos, con el fin de perfeccionar el proceso de desarrollo y fabricación.

Los parámetros de funcionamiento de los intercambiadores surgen de las especificaciones técnicas de fabricantes y se relacionan entre sí en modelados matemáticos. Estos modelados fueron incluidos en una herramienta de cálculo basada en la teoría termodinámica de transferencia de calor. Posteriormente, se diseñó e implementó un banco de pruebas experimental – BDPE para validar los indicadores arrojados por la misma. A su vez, se generó un proceso de simulaciones computacionales que aporta información valiosa referida al comportamiento del fluido líquido dentro de los equipos.

Finalmente, se espera poder optimizar la utilización de los recursos empleados en la industria nacional, llevando al mercado equipos más eficientes que los actuales.

Palabras clave — *Transferencia de calor, Banco de pruebas, Radiadores estacionarios, Modelo de Cálculo, Simulación computacional.*

1. Introducción

En el presente trabajo se expone el desarrollo realizado por el LABMI de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional en el estudio de equipos de transferencia de calor CSE.

Se inicia el trabajo abordando conceptos claves de la temática ordenándolos en un marco teórico con el objetivo de brindar al lector los elementos necesarios para un abordaje claro del presente documento, así como también el estado del conocimiento sobre la temática elegida. Seguidamente se detallan las etapas en las cuales se ha planteado la investigación realizada, precisando métodos y enfoques utilizados para el estudio del comportamiento de los equipos seleccionados. Se realiza especial énfasis en cómo una temática tan compleja como la estudiada puede ser abordada desde distintas metodologías llegando a resultados tangibles.

Para culminar se presentan los resultados obtenidos del análisis de los ensayos y de los cálculos matemáticos sobre prototipos comparables de los diferentes equipos.

2. Marco Teórico

Se denomina intercambiador de calor a todo equipo diseñado con el objeto de transferir energía térmica de un medio a otro, sea esta ocasionada por sistemas mecánicos, químicos, nucleares u otros. Dicho fenómeno físico puede darse por contacto directo entre los medios o a través de una pequeña barrera que los separa, denominada superficie de transferencia. La creciente demanda de las industrias tanto mineras como automotrices, y su especial hincapié en el diseño de radiadores más compactos y eficientes, impulsaron la aparición de intercambiadores CSE de menor tamaño, pero con una gran densidad de superficie de contacto, con canales de flujo de aire más pequeños. Esta tendencia por la miniaturización de los radiadores lleva a los ingenieros a buscar soluciones prácticas a los efectos de mejorar las condiciones de transferencia térmica. Esto desemboca en la inclusión de aletas o rizados en su estructura constructiva, los que interrumpen el paso de aire, obteniendo así flujos turbulentos que aumentan la eficiencia del intercambio.

2.1 Características constructivas de los equipos

Los equipos en estudio son los que comúnmente se denominan Radiadores Estacionarios, los cuales están destinados a satisfacer las necesidades de transferencia térmicas de motores de gran porte y estáticos, comúnmente utilizados en las industrias de generación de energía, minera, alimenticia, férrea y, a menor escala, en la automotriz. Se caracterizan por brindar un área de intercambio calórico considerable en espacios reducidos y se los emplea normalmente en el enfriamiento de agua o aceite de motores.

De las diferentes configuraciones existentes se eligieron los del tipo compacto de flujo cruzado, no mezclado y con superficie extendida. Esta denominación hace referencia a que, mediante la utilización de rizados o aletas, se cumplen dos funciones esenciales. Por un lado, perturbar el pasaje del flujo de aire que atraviesa el panel a fin de volverlo turbulento y, por otro, ampliar la superficie de contacto térmico dando mayor área de intercambio de calor entre el aire y el líquido circulante. En estos equipos los fluidos intervinientes se mueven en direcciones ortogonales entre sí en conductos no mezclados, dado que se emplean placas y tubos, logrando así direccionar y separar los mismos.

A su vez, dichos intercambiadores se dividen en dos clases, según sus características constructivas. Los aletados (Figura 1) son construidos a partir de placas de metal matrizadas de acuerdo al tipo de configuración de tubos.

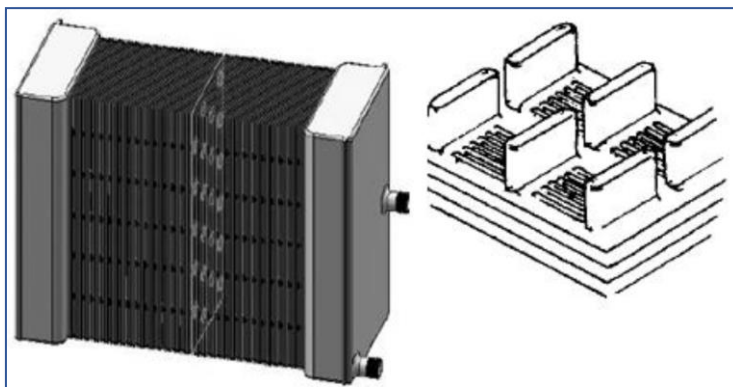


Figura 1. Intercambiador tipo Aletado.
Fuente: Fundamentals of Heat Exchanger Design.

Los rizados (Figura 2) generalmente son conformados a partir de flejes lisos de cobre, que luego son plegados conformando una serie de crestas y cortados de acuerdo al largo requerido de panel.

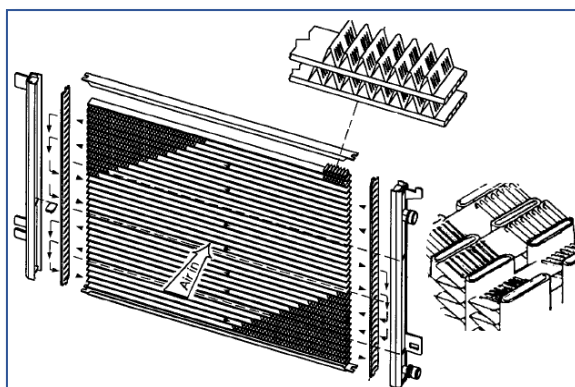


Figura 2. Intercambiador tipo Rizo.
Fuente: Fundamentals of Heat Exchanger Design.

Además de las aletas o rizados según el tipo de equipo, en su construcción se emplean tubos por donde circula el líquido, placas que conforman la estructura, aportando resistencia mecánica, y los tanques que están sujetos a las placas, conformando los recipientes de ingreso y salida del líquido a los tubos. Los materiales constructivos de los diferentes componentes pueden ser estaño, cobre, latón, bronce, acero o aluminio; cada uno con características mecánicas y térmicas particulares. Los tanques son fabricados generalmente de materiales plásticos en caso de paneles pequeños y medianos, pudiendo, para equipos de mayor porte, ser también metálicos.

2.2 Estado del arte

El conocimiento sobre los intercambiadores de calor ha ido aumentando con la evolución de los automóviles y esencialmente con los equipos de refrigeración, pero, no fue hasta las últimas décadas donde los científicos, los institutos y las universidades han centrado sus estudios en las transferencias térmicas producidas en los intercambiadores de calor, siendo su objeto mejorar diseños, aumentar rendimientos y optimizar la cantidad de materiales utilizados. Algunos de ellos se han focalizando en:

- El comportamiento de las variables intervinientes y su relación con el rendimiento térmico.
- La caída de presión en los paneles del radiador y su impacto en los equipos de bombeo.
- La visualización y comportamiento de los flujos de aire forzado.
- La combinación de distintos materiales en el cuerpo constructivo del equipo.
- La configuración de aletas y rizos en la conformación de distintos paneles.

En los últimos años hubo una serie de trabajos y publicaciones que dan cuenta del grado de estudio sobre los equipos del tipo CSE.

Wang et al. [1] desarrollaron una investigación basada en el estudio de las correlaciones matemáticas utilizadas para el cálculo de la transferencia de calor en función de la geometría de aleta de rejilla sobre una distribución normal de equipo con tubos redondos. En el trabajo se consideraron diferentes parámetros geométricos.

Wolf et al. [2] estudiaron el rendimiento de la transferencia de calor en paneles radiadores de aletas con tubos ondulados haciendo uso de métodos numéricos y experimentales. A través del uso de un código que resuelve numéricamente el problema formulado en volúmenes finitos, se modelaron las características del fenómeno de transferencia del lado aire y la caída de presión, calculando el intercambio de calor con exactitud.

Con un enfoque diferente, Fiebig et al. [3] centró su atención en la mejora de la transferencia de calor en función de la generación de vórtices en el flujo de aire, comparando el rendimiento térmico de intercambiadores de aletas con tubos y generadores de torbellinos contra equipos de tubos ovalados. Esta comparación arrojó como resultado que los primeros presentan casi el doble de capacidad de transferencia de calor con respecto a los segundos.

Yan y Sheen [4] realizaron ensayos destinados a estudiar la transferencia de calor y las características de caída de presión en intercambiadores del tipo persiana. Como conclusión principal pudieron determinar que, para un mismo número de Reynolds¹, los factores fricción y J de Colburn² demostraron ser superiores en comparación con las superficies de las aletas de placa. Concluyendo que los equipos del tipo rizo o persiana, en cierto rango de trabajo, son más eficientes en la relación tamaño y capacidad de disipación de calor.

Los aportes hechos por Zhang y Tafti [5] son los más relevantes para este proyecto. Estos investigadores centran su análisis de transferencia térmica en el estudio del comportamiento del número de Reynolds en función de los parámetros geométricos (paso de aleta y espesor, el ángulo de persianas, disposición geométrica) y su impacto en la eficiencia de los equipos. Ambos pudieron asegurar que esta última está fuertemente ligada a su geometría y diseño, especialmente en un bajo número de Reynolds.

2.3 Industria Nacional

Como introducción a la temática de la industria autopartista nacional es necesario mencionar que, en el rubro de producción y comercialización de equipos de transferencia térmica de tipo CSE, las empresas nacionales centran el proceso de diseño y fabricación de equipos térmicos estacionarios o de línea pesada basados en la réplica de tecnología internacional. De esta manera se valen del estudio de las características constructivas del intercambiador y mediante la

¹ Número adimensional que relaciona las diferentes características de un fluido y permite clasificarlo como laminar o turbulento.

² Ecuación adimensional de transferencia de calor, para calcular el natural movimiento de convección del calor de superficies verticales o cilindros horizontales, para fluidos (gases o líquidos) circulantes por esas superficies. *Definición extraída de la Real Academia de Ingeniería.*

adaptación de componentes, logran satisfacer las necesidades de sus clientes. Este proceso llamado comúnmente ingeniería inversa, les permite a los fabricantes locales atender los requerimientos de sus actuales clientes, pero no incentiva la generación de nuevos conocimientos a los efectos de dar inicio a procesos de investigación e innovación de productos.

Actualmente los avances en la tecnología obligan a las empresas del rubro a salir de un sistema de producción basado en la experiencia y cambiar a uno sustentado en la investigación y en el desarrollo de nuevas metodologías de procesos. Siendo su objetivo principal la aplicación inmediata en nuevos diseños de paneles y radiadores más eficientes.

3. Metodología

De acuerdo a la problemática a estudiar y la escasa disponibilidad de información relacionada al tipo de equipos en cuestión se decidió plantear el trabajo en dos etapas fundamentales. Dichas etapas son profundizadas en los siguientes incisos, aclarando que las mismas comienzan luego de la realización de investigaciones bibliográficas y de campo. Esta última se enfocó en el conocimiento y en el análisis de los equipos a ensayar en lo referido a su construcción y funcionamiento.

3.1 Etapa 1: Desarrollo de la herramienta de cálculo

Una vez conocidas las características constructivas y las diferentes configuraciones posibles, se comenzó con el análisis del comportamiento termodinámico de los radiadores. Para ello se hizo uso de la teoría existente en la temática de intercambio de calor, tomando como base estudios realizados por diferentes investigadores y adaptando los conocimientos a las características de los equipos descriptos.

Es importante mencionar que cada tipo de panel responde a ecuaciones específicas de transferencia térmica (correlaciones matemáticas), obtenidas en función a los elementos que lo componen y la disposición geométrica de los mismos. Por lo que fue primordial la determinación de las variables que entran en juego en el proceso térmico. Estas son:

- *Caudales de cada fluido $\left(\frac{m^3}{s}\right)$*
- *Velocidades de cada fluido $\left(\frac{m}{s}\right)$*
- *Presiones de aire antes y despues del panel medidas en Pa $\left(\frac{kg}{m.s^2}\right)$*
- *Presiones de agua de entrada y de salida medidas en Pa $\left(\frac{kg}{m.s^2}\right)$*
- *Temperaturas de ambos fluidos antes del intercambio térmico ($^{\circ}C$)*
- *Calores específicos de cada fluido $\left(\frac{kcal}{kg}\right)$*
- *Densidades de cada fluido $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$*
- *Viscosidades de cada fluido $\left(\frac{kg}{m.s}\right)$*
- *Conductividades térmicas de los materiales constructivos $\left(\frac{w}{K.m}\right)$*
- *Características geométricas del modelo de radiador a analizar*

Con el objetivo de poder manipular las distintas correlaciones matemáticas y variables en juego en cada cálculo, el LABMI desarrollo una herramienta informática de dimensionamiento, a fin

de automatizar el proceso de obtención de los indicadores buscados: Calor Intercambiado (kW), Eficiencia Térmica y Saltos Térmico de Fluidos (°C).

Este sistema brinda la posibilidad de realizar tres procesos fundamentales a la hora de dimensionar o seleccionar un equipo de transferencia de calor. Los mismos son:

- **Cálculo de Capacidad:** permite estimar la cantidad de calor transferido y otras variables de trabajo de un radiador con dimensiones y configuraciones geométricas definidas. Por ejemplo, se pueden obtener temperaturas, caudales y presiones de los fluidos intervinientes, el intercambio térmico total, la eficiencia de la transferencia, entre otras.
- **Cálculo de Dimensiones:** consiste en dimensionar un equipo a partir de una demanda térmica establecida, de la temperatura y presiones de entrada de ambos fluidos, del caudal de agua y de la eficiencia térmica pretendida. El equipo de ingenieros puede variar las características geométricas del panel, mientras el programa devuelve la diferencia porcentual de la capacidad estimada con respecto a la buscada. Una vez alcanzado el dimensionamiento pretendido se está en condiciones de pasar a la etapa de producción.
- **Generación de Curvas:** posee la función de llevar los resultados a curvas de funcionamiento, lo que permite tener un resumen técnico de los parámetros de diseño y prestación de los equipos diseñados.

3.2 Etapa 2: Validación del modelo

Si bien la herramienta generada fue desarrollada en base los principios fundamentales de la termodinámica, se consideró necesario llevar adelante un proceso de validación de resultados, en el cual se pueda contrastar la información arrojada por la modelización matemática con la obtenida mediante el desarrollo de un ensayo controlado en un BDPE.

Dicho BDPE fue diseñado y construido acorde al funcionamiento de estos equipos. Cada prototipo ensayado estuvo expuesto a condiciones de uso habitual de un radiador estacionario. El mismo está compuesto por una caldera que fue diseñada por el LABMI y aporta calor al fluido refrigerante, un circuito de cañerías y un sistema válvulas que permite variar la configuración de entrada y salida del líquido al radiador. A su vez se tuvo que montar un bastidor y un túnel de aire para medir el caudal y las caídas de presión en la entrada y salida del panel. Por último, fue necesario plantear un sistema de control electrónico que permitiera variar las características de funcionamiento del conjunto y recolectar los datos necesarios para el análisis planteado.

Es de suma importancia destacar que debido a la gran variedad de diseños y tamaños de equipos existentes en el mercado, se optó por definir un prototipo a escala, el cual permitiera extrapolar y comparar los resultados obtenidos. Se seleccionó un panel de sección cuadrada de 400 mm de lado, cuya profundidad está dada básicamente por la cantidad de filas y las dimensiones del tubo que corresponda emplearse en cada configuración a ensayar. Además, se diseñaron dos tanques removibles que son acoplables a cualquier prototipo y facilitan, a través de su diseño modular, la sujeción en forma hermética tanto al panel como a las tuberías de entrada y salida. El tanque de ingreso de líquido posee dos bocas de conexión, mientras que el de salida tiene tres bocas, permitiendo de esta manera hacer circular el líquido en seis combinaciones diferentes de entrada y salida. Lo descripto en este párrafo puede visualizarse en la Figura 3.

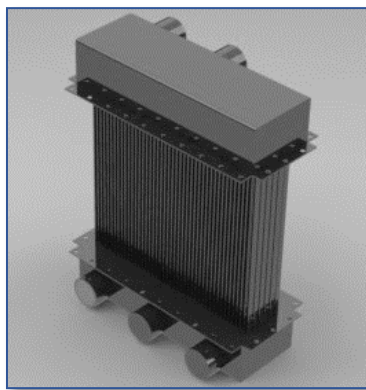


Figura 3. Esquema tridimensional de la probeta.
Fuente: elaboración propia.

Con respecto al procedimiento de ensayo es importante destacar que fue diseñado en vistas de obtener la información necesaria para la validación planteada. Es por ello que, haciendo uso de sensores acordes a cada medición, conectados a un tablero PLC controlado por computadora, se creó un lazo cerrado que permite mantener el equipo en el rango de trabajo deseado y registrar todos los datos en forma automática.

El procedimiento al que se hace referencia expone al panel a diferentes regímenes de trabajo, variando los caudales de aire y de líquido, de cuya combinación surgen dieciséis condiciones de funcionamiento particulares. A su vez, para cada una de estas, se hace circular el líquido por las seis combinaciones explicadas anteriormente.

De cada ensayo se obtuvieron aproximadamente 120.000 datos, los cuales fueron procesados para obtener la información deseada. De dicho procesamiento surgen, como síntesis final, curvas de funcionamiento que facilitan la visualización del comportamiento del equipo para todo el rango de trabajo testado. Además, se dispone de una detallada base de datos con la que se pueden focalizar los análisis en aspectos puntuales, enriqueciendo el presente estudio.

Bajo la metodología descripta se estudió el comportamiento de 26 radiadores de diferentes configuraciones. En cada uno de ellos se relevaron todas las variables de entrada y salida necesarias de cada fluido de intercambio, y se obtuvieron las gráficas correspondientes.

Finalmente, luego de un proceso cíclico de extrapolaciones, correcciones y comparaciones se concretó la validación del modelo numérico.

Simulaciones computacionales

En paralelo a la recolección de datos de funcionamiento en planta mediante el BDPE, se desarrollaron simulaciones computacionales a través del programa informático Solid Works³.

Las mismas fueron una herramienta complementaria que brindó la posibilidad de conocer en detalle el comportamiento interno de la circulación del fluido en los equipos. De dichas simulaciones se obtuvieron perfiles de presión y velocidad del líquido dentro de los tubos y tanques, permitiendo analizar como varían las mismas dependiendo de las diferentes combinaciones de ingreso y salida del fluido.

En la Figura 4 se observa, a modo de ejemplo, uno de los perfiles de velocidad obtenidos de las simulaciones realizadas.

³ Software de diseño asistido por computadora.

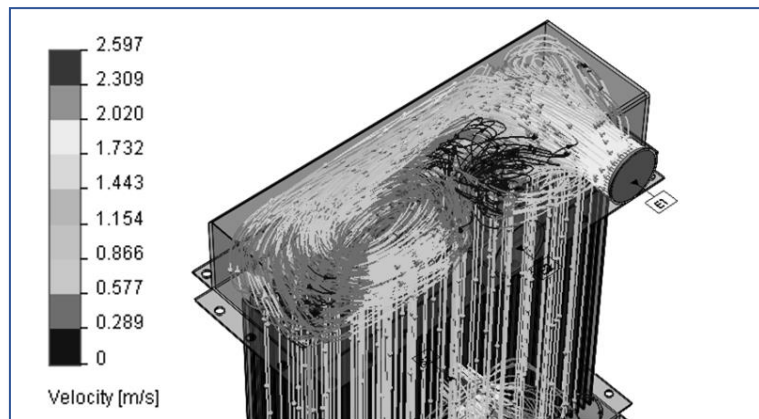


Figura 4. Perfiles de velocidad de un panel prototipo en simulación computacional.
Fuente: elaboración propia.

En base al análisis de la circulación, presión y velocidad, se buscó obtener el caudal en diferentes tubos, seleccionados haciendo uso de una matriz predeterminada, generada a partir de simulaciones preliminares. La misma fue realizada con el objetivo de enfocar el análisis en aquellos tubos en los cuales la presencia de turbulencias en el fluido puede afectar el caudal que circula por los mismos, y por ende el calor intercambiado.

Se analizaron modificaciones constructivas que pretenden redireccionar u homogeneizar dichos caudales según las necesidades de cada panel. Dichas modificaciones consisten en el agregado de deflectores internos a los tanques. Se concluyó que la mejoría en la homogeneización del flujo depende de la forma y ubicación de los mismos, situación que puede verse a continuación.

La Figura 5 muestra un tanque de ingreso de líquido con dos bocas de entrada. Este cuenta con placas deflectoras instaladas simétricamente, siendo este un modelo existente en el mercado. Si se presta atención al flujo del líquido, puede notarse que una de las bocas lo dirige en forma directa contra una placa, mientras que la otra lo hace sobre un área libre.

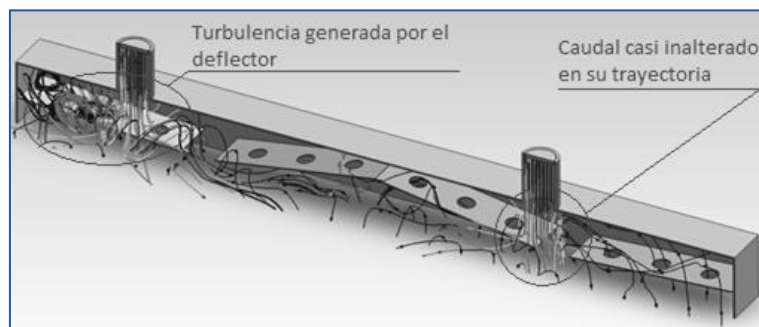


Figura 5. Perfiles de velocidad de un tanque con deflectores en simulación computacional.
Fuente: elaboración propia.

Las Figuras 6 y 7 permiten apreciar que la ubicación de los deflectores es de gran relevancia para poder generar la turbulencia del fluido. De no considerar esto, su incorporación dentro del tanque no tiene el efecto deseado, siendo solo un costo más del equipo sin mejoras cuantificables.

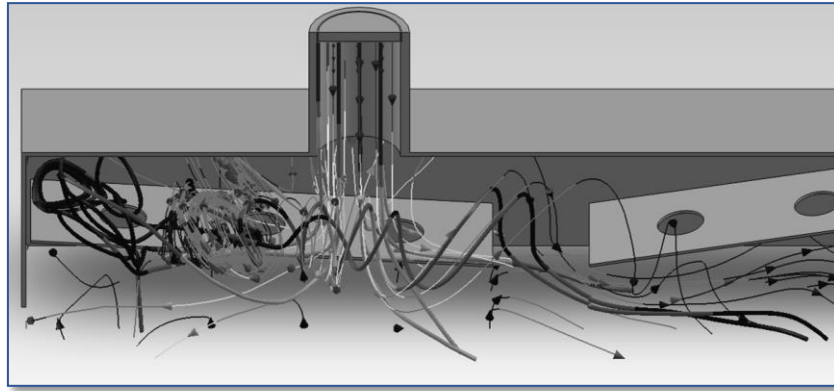


Figura 6. Perfiles de velocidades del fluido del ingreso izquierdo en simulación computacional.
Fuente: elaboración propia.

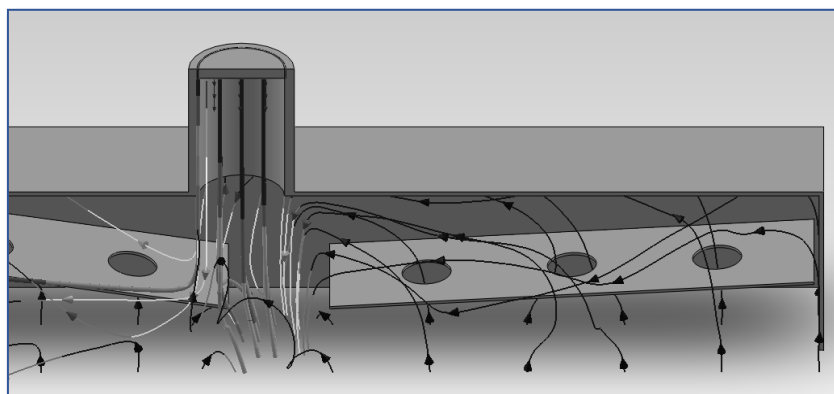


Figura 7. Perfiles de velocidades del fluido del ingreso derecho en simulación computacional.
Fuente: elaboración propia.

4. Resultados y Discusión

A lo largo de todo el proceso de investigación y aprendizaje se han obtenido diferentes indicadores y patrones de funcionamiento cuya exposición y discusión resulta interesante.

Estos aspectos son detallados a continuación, teniendo en cuenta el comportamiento de los distintos modelos dentro de una misma familia (grupo conformado por un mismo tipo de radiador con diferentes espesores entre sí) y de modelos similares pertenecientes a diferentes familias, con las aclaraciones pertinentes de cada caso. Los análisis contemplan relaciones de la capacidad de transferencia con el material utilizado, con la cantidad de filas empleadas, las cuales definen el espesor de cada panel, con las temperaturas y con los caudales de trabajo. A partir de ello, se destacan puntos de inflexión que marcan el régimen de trabajo o característica constructiva límite en la cual los equipos funcionan a mayores niveles de eficiencia. Los gráficos y tablas presentes en esta sección se conforman basados en información obtenida del uso del modelo de cálculo y de los ensayos en el BDPE. Recordar que los paneles en cuestión son probetas de medidas preestablecidas, cuya área frontal se mantiene constante, variando la profundidad de los mismos según la cantidad de filas que dispongan.

4.1 Estudio del comportamiento de cada familia de Radiadores

Como ya se mencionó anteriormente, el presente estudio abarca intercambiadores del tipo CSE en sus configuraciones con ALETAS o con RIZOS. Cada forma constructiva es considerada una familia y se las analiza por separado en esta sección.

Radiadores tipo Aletado

Antes de presentar los resultados es necesario aclarar que los ensayos se realizaron bajo condiciones de trabajo controladas, es decir que los parámetros de funcionamiento se encuentran en un rango de desviación mínimo, pudiendo, en consecuencia, compararse cada equipo en forma directa. La única excepción a lo dicho es la temperatura de ingreso de aire, la cual, en uno de los ensayos en particular, presentó una desviación apreciable. Esta situación se analiza en forma separada.

Otra consideración a tener en cuenta es que los ensayos se llevaron a cabo durante los meses de verano, a temperaturas ambiente promedio superiores a 36° C, por lo que se puede suponer que los equipos fueron expuestos a un entorno desfavorable en lo que respecta a su eficiencia. Esto se realizó pensando en obtener indicadores de funcionamiento con valores mínimos, sabiendo que en el resto del año los radiadores aumentan su capacidad de transferencia dadas las condiciones ambientales.

El Gráfico 1 muestra una comparación porcentual entre la capacidad de transferencia térmica y los Kg de material utilizados en la construcción de cada panel. La numeración del eje abscisa corresponde a una codificación del Laboratorio para identificar paneles aletados según su espesor, aumentado en cada uno un 50% con respecto al primero. En ambos casos los análisis se inician con el equipo de menor espesor, la que va aumentando en forma progresiva hasta cuadruplicar su dimensión original. La variable Q en los gráficos hace referencia al calor intercambiado por unidad de tiempo, y se lo mide en KW.

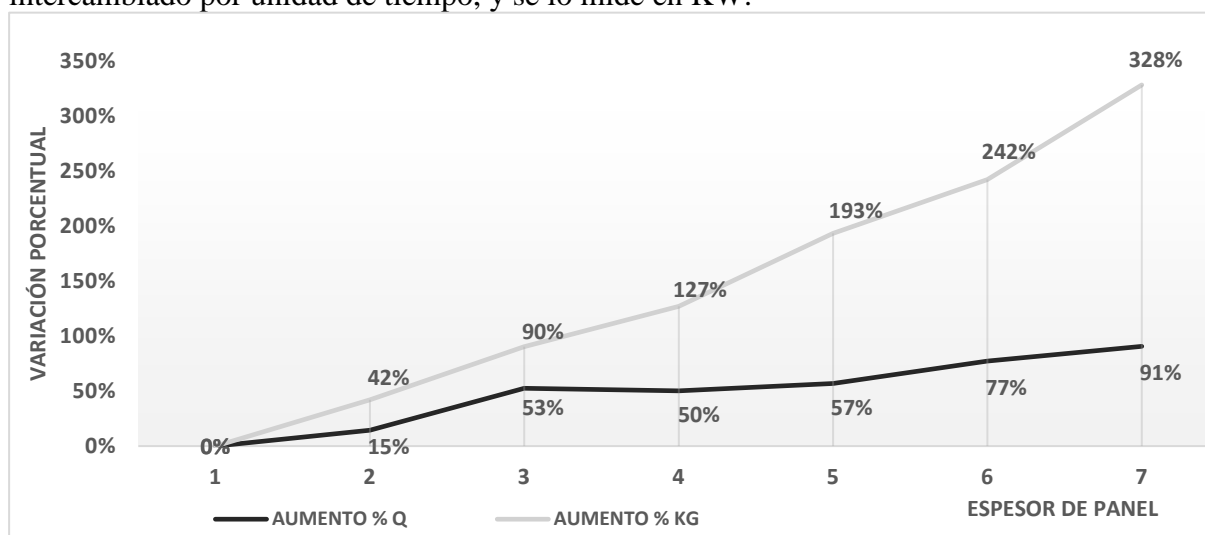


Gráfico1. Comparación porcentual entre capacidad de transferencia y Kg de material.

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse en el Gráfico 1 que el incremento de espesor de un equipo de estas características resulta en un aumento considerable del peso total del mismo (y por lógica mayores costos de fabricación), inversión que no coincide con el aumento de capacidad de transferencia de calor. A mayor peso el calor intercambiado por Kg irá disminuyendo. Esto se debe a que el aire se calienta progresivamente, acortando la diferencia térmica entre ambos

fluidos a medida que avanza dentro del panel y, en consecuencia, disminuye su capacidad de extraer calor al líquido.

El Gráfico 2 ilustra la capacidad de transferencia de calor de cada equipo ensayado. Es importante destacar que la curva Calor Transferido por Kg de Material (representado en color naranja) no es perfectamente paralela a la curva Calor Transferido por Espesor (de color azul). Esto se debe a pequeñas variabilidades propias del proceso productivo, que de todas formas mantienen un comportamiento similar al esperado. Además, este gráfico enseña el valor de transferencia máxima de cada equipo en KW para las condiciones de trabajo dadas.

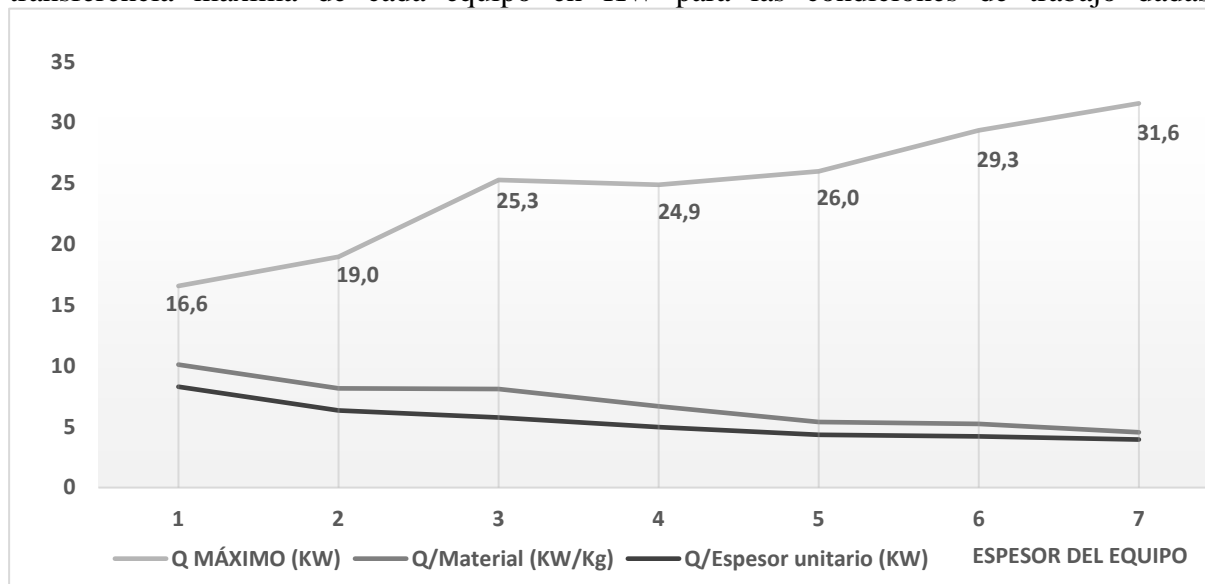


Gráfico 2. Comparación entre transferencia máxima y rendimiento en función del material empleado.
Fuente: elaboración propia.

El Gráfico 3 compara la variación de capacidad térmica de los diversos paneles con respecto a la línea de tendencia de su funcionamiento al variar la temperatura de ingreso del aire.

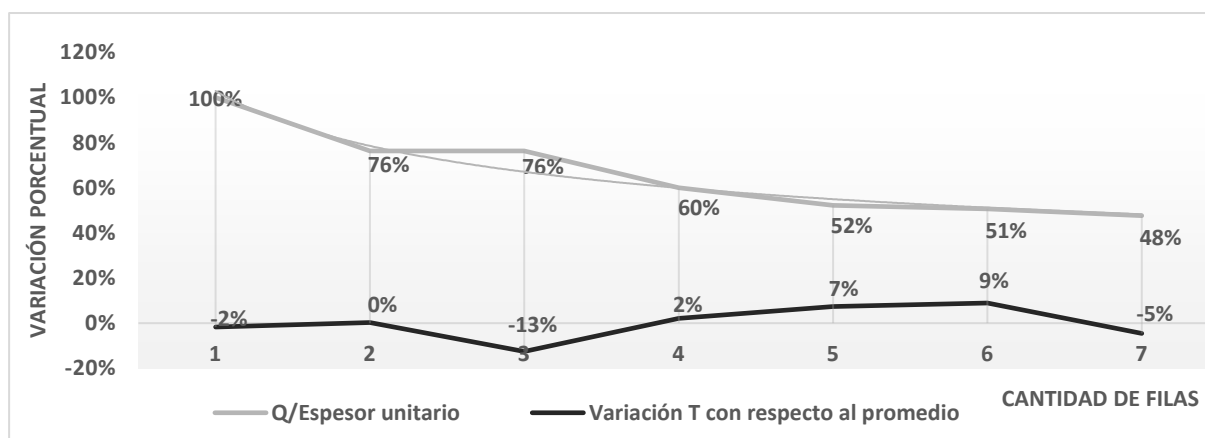


Gráfico 3. Comparación entre el calor disipado por unidad de espesor y la temperatura ambiente.
Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en el tercer equipo ensayado, la temperatura de ingreso de aire presentó una disminución importante con respecto al promedio de todos los ensayos. En este caso, una temperatura ambiente un 13% menor a la promedio generó que el equipo aumente su capacidad de transferencia en un 12% con respecto al valor estimado según la tendencia de la familia, aumentando su capacidad de transferencia térmica. De aquí se desprende una de las primeras conclusiones, este tipo de equipo posee mayor capacidad de transferencia de calor cuando las condiciones ambientales son favorables, baja temperaturas y alta humedad.

Radiadores tipo Rizo

Si bien existen una gran gama de equipos tipo rizo en el mercado en este estudio se han aglomerados los mismos en tres subgrupos de acuerdo a sus características constructivas: Rizo Tipo 1, Rizo Tipo 2 y Tubos Ancho.

El Gráfico 4 compara el calor máximo disipado y los rendimientos en Calor por unidad de peso y Calor por espesor unitario de cada equipo.

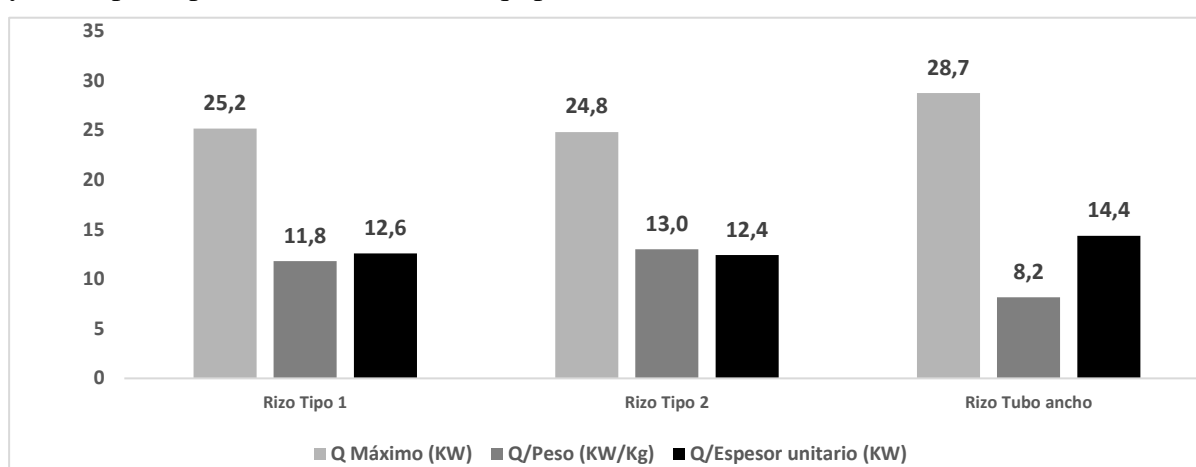


Gráfico 4. Comparación de Rizos de las tres subclases del menor espesor unitario existente.
Fuente: elaboración propia.

Se puede notar que el panel que utiliza tubos anchos tiene mayor capacidad de disipación térmica y, al ser del mismo espesor, mayor calor intercambiado por espesor unitario. Sin embargo, el calor disipado por Kg de material es un 30% menor que para los otros radiadores.

Haciendo el mismo análisis para equipos con un espesor mayor inmediato, se puede visualizar comportamientos idénticos en la comparación entre familias.

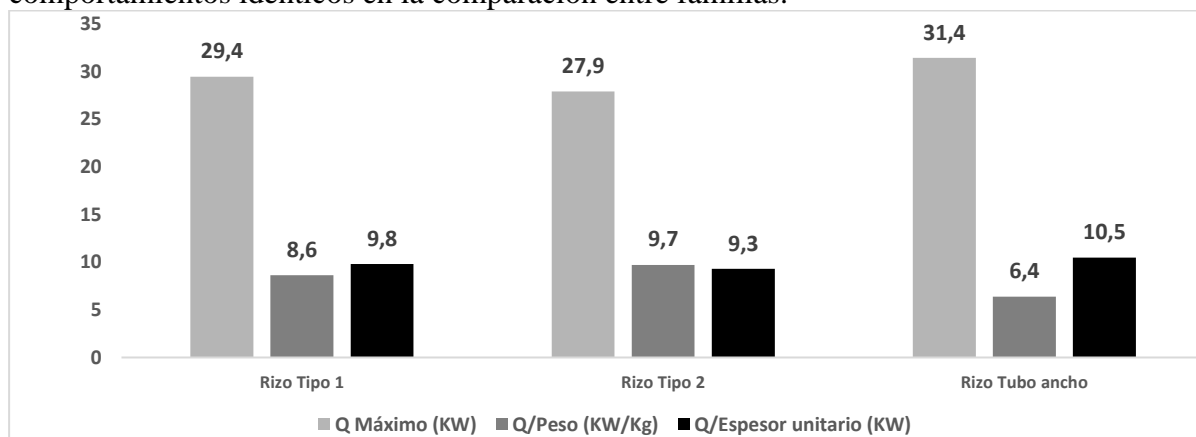


Gráfico 5. Comparación de Rizos de las tres subclases del segundo menor espesor unitario existente.
Fuente: elaboración propia.

3.2 Comparación entre familias.

Conociendo en detalle los parámetros de funcionamiento de cada equipo y como es su comportamiento dentro de la familia a la que pertenecen, resulta interesante poder cotejar cómo es la relación entre ambas. Se compara la capacidad de transferencia térmica total y la cantidad de calor disipada por Kg utilizado.

En el siguiente gráfico se codifica a los paneles de la siguiente manera: Rizo 1 (Rizo Tipo 1), Rizo 2 (Rizo Tipo 2), Rizo TA (Rizo Tubo ancho) y AI (Aletados); indicando a continuación el espesor unitario mediante un E mayúscula y el número correspondiente. Se ilustran ocho paneles, siendo esta cantidad el 50% del total ensayado de estas familias.

El Gráfico 6 muestra los paneles con mayor transferencia térmica máxima, ordenados en sentido decreciente de izquierda a derecha. Puede observarse que los cuatro primeros paneles comparten la misma secuencia que los últimos cuatro, si se los analiza desde el punto de vista constructivo. La diferencia es que los segundos pertenecen al espesor unitario inmediato menor. Esto demuestra cierta coherencia en el funcionamiento de los mismos.

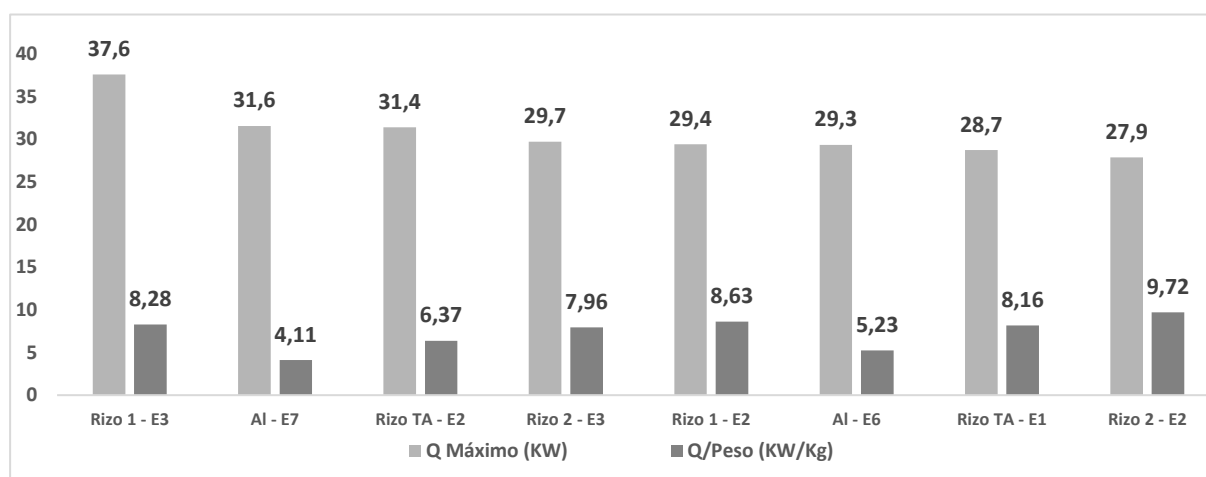


Gráfico 6. Comparación entre familias ordenadas según Calor Transferido Total (KW).

Fuente: elaboración propia.

A modo de ejemplo, un aspecto importante a destacar es que, a pesar de tener calores transferidos prácticamente iguales, el panel AI – E7 tiene una cantidad de tubos un 76% mayor que el Rizo TA – E2, con un peso un 64% mayor.

A su vez, si comparamos el Rizo 1 – E3 con el AI – E7, vemos que el primero tiene el doble de transferencia por Kg. Esto se debe a que el peso del segundo es un 69% mayor al del primero. Pero, a pesar de esta diferencia, ambos cuentan con la misma cantidad de tubos.

Al comparar ambas familias, se desprende que los radiadores fabricados con Rizos son muy superiores en lo que respecta a transferencia en relación a los Aletados. Entre los ocho mejores en transferencia máxima se encuentran seis Rizos, mientras que al evaluar el calor cedido por Kg, siete de los ocho son de este tipo.

A pesar de la notable ventaja termodinámica de los Rizos sobre los Aletados, ocurre que los primeros no son aptos para cualquier tipo de aplicación. Éstos, por sus características constructivas, son menos resistentes a la vibración y a los golpes, además, tienen mayor facilidad para retener suciedad en su estructura, lo que afecta directamente al rendimiento térmico.

3.3 Hallazgos complementarios

Al realizarse los ensayos y comparar el calor cedido por el líquido al circular por los diferentes circuitos de entrada y salida, se descubrió que para ambas familias hay caminos más efectivos que otros. En el Gráfico 7 puede notarse que la transferencia térmica más alta se dio con porcentajes de ocurrencia muy similares para cada combinación de válvulas en ambas familias.

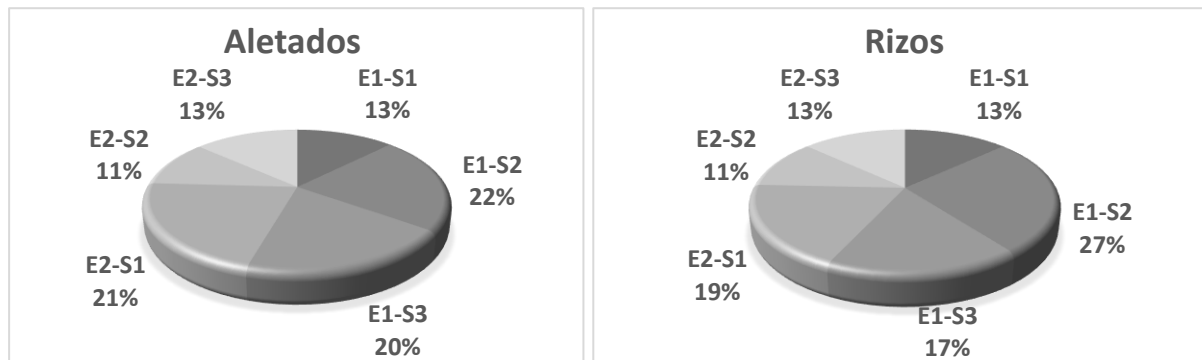


Gráfico 7. Porcentaje de ocurrencia por ensayo de los mejores circuitos de líquido para cada familia.
Fuente: elaboración propia.

Según esta información, la configuración que mejor transferencia térmica arrojó es la que direcciona el líquido a través de una entrada lateral y la salida central. Mientras que el peor circuito corresponde al ingreso y egreso por el medio de los tanques. Este comportamiento debe ser tenido en cuenta al diseñar los mismos.

El Gráfico 8 muestra otro parámetro importante que se obtuvo de los ensayos. Este tiene que ver con la detección de un punto de inflexión en las curvas de transferencia térmica generadas.

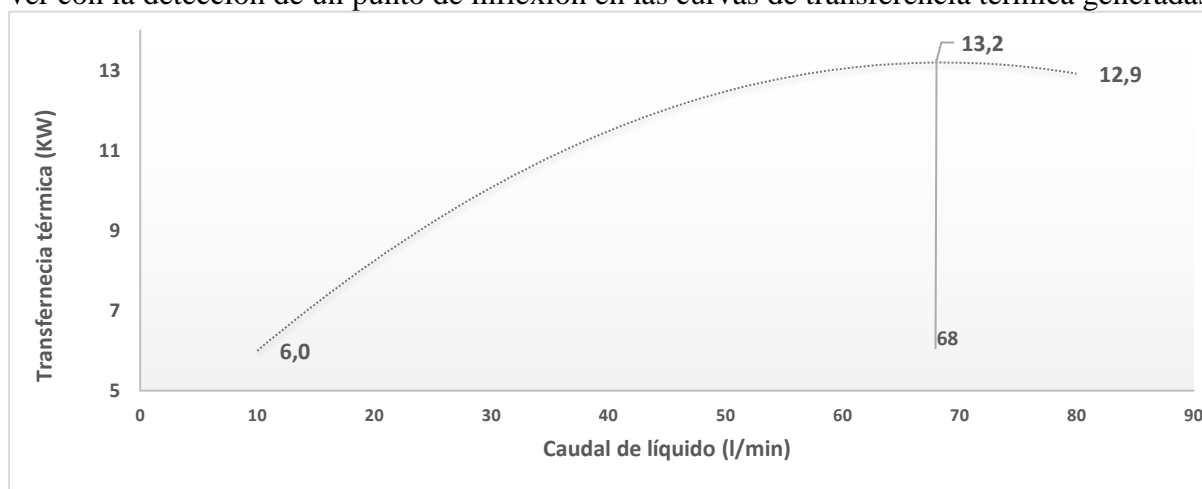


Gráfico 8. Determinación de punto de inflexión para un Radiado Aletado de espesor unitario 1.
Fuente: elaboración propia.

Dicha situación ocurre al sobrepasar cierto caudal de líquido, cuyo valor varía según el panel, ocurriendo que al aumentar los litros por minuto circulantes el calor cedido total comienza a disminuir. Esto ocurrió, para el rango de trabajo utilizado, en los paneles con menor cantidad de tubos. Se puede ver como para un caudal de 68 litros por minuto se alcanza el máximo calor disipado, descendiendo para caudales superiores.

La explicación de este fenómeno es que al tener menos área transversal de tubos por la que circular el refrigerante, su velocidad aumenta, permaneciendo un tiempo escaso dentro los mismos sin poder transferir el calor al aire.

Mediante estas curvas la industria puede, determinar si un equipo será capaz de funcionar correctamente para las condiciones de trabajo planteadas por este y en caso de observar algún inconveniente informarlo o bien optar por un panel de mayor tamaño.

Con todo lo dicho queda claro que, por la gran variedad de factores a considerar, no es sencillo optar por uno de los tipos y configuraciones de radiadores existentes. Procedimiento que se facilita en gran medida empleando la Herramienta de dimensionamiento diseñada.

5. Conclusiones

Este proyecto concluye como una investigación de base que brinda la información necesaria de cara al desarrollo futuros análisis más específicos, en lo que respecta a la optimización de recursos y a la mejora de la eficiencia térmica de equipos intercambiadores de calor CSE. Se han generado nuevos conocimientos que posibilitaron dar respuesta técnica a una industria nacional marcada principalmente por la experiencia. Junto a esto, se creó un BDPE que admite ensayar posibles prototipos y evaluar modificaciones a los radiadores existentes.

En relación al aporte a la industria, se han generado conocimientos que permiten justificar las decisiones comerciales y económicas, brindando al mismo tiempo, una validación real de funcionamiento de los radiadores, asegurando que los equipos son potencialmente capaces de otorgar la transferencia buscada por el cliente.

6. Referencias

- [1] Wang, C.C., Lee, C.J., Chang, C.T., Lin, S.P. (1999). *Heat transfer and friction correlation for compact louvered fin and tube heat exchangers*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 42, pp.1945-1956.
- [2] Wolf, I., Frankovic, B., Vilicic, I. (2006). A numerical and experimental analysis of heat transfer in a wavy fin and tube heat exchanger. *Energy and the Environment* pp.91-101.
- [3] Fiebig, M., Valencia, A., Mitra, N.K. (1994). Local heat transfer and flow losses in fin and tube heat exchangers with vortex generators: A comparison of round and flat tubes. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 8, pp.35-45.
- [4] Yan, W.M., Sheen, P.J., Heat transfer and friction characteristics of fin and tube heat exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43 (2000), pp.1651-1659.
- [5] Zhang, X., Tafti, D.K. (2003). Flow efficiency in multi-louvered fins. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 46, pp.1737-1750.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA REGIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ASPECTOS DE LA NORMATIVA LEGAL VIGENTE PARA LOS RESIDUOS DE APARATOS ELECTRÓNICOS Y ELÉCTRICOS (RAEES) EN LA REGIÓN NEA. ANÁLISIS Y COMENTARIO DE LA LEY DE RAEES DE LA PROVINCIA DEL CHACO.

Bárbara Soledad Albornoz, Centro de Gestión Ambiental y Ecología UNNE,
barbara.albornoz@yahoo.com.ar

Luis Ariel Pellegrino, Centro de Gestión Ambiental y Ecología UNNE,
aripelleg@arnet.com.ar

Ana Belén Pinatti, Centro de Gestión Ambiental y Ecología UNNE,
abpinatti@yahoo.com.ar

Resumen

Los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs) son aquellos que se generan cuando uno de sus componentes deja de funcionar y no tienen la posibilidad de repararse o bien se vuelven obsoletos y son reemplazados por nuevos equipos tecnológicos, entre otras múltiples posibilidades. Las provincias de Corrientes, Formosa y Misiones, carecen de una normativa que regule el manejo y disposición final de los RAEEs. Los recientes estudios referidos a este tipo de residuos se ocupan de tipificar, caracterizar y evaluar las posibilidades de recupero de los componentes, pero no atienden a un sistema de manejo de RAEEs reglamentado, excepto la provincia del Chaco que sancionó la Ley de RAEEs N°7.345 en el año 2014. En este trabajo se analizaron los aspectos más relevantes de la ley. Los resultados obtenidos a través de este análisis permitieron reconocer tanto los sectores involucrados como los derechos y obligaciones sobre el manejo de RAEEs.

Palabras clave: *raees- normativa- ambiente*

1. Introducción

En nuestro quehacer cotidiano utilizamos artefactos eléctricos o electrónicos que nos permiten satisfacer necesidades o bien alcanzar determinados objetivos trátese tanto de una PC como de un lavarropas. Incluso, en la actualidad, hasta los niños más pequeños manipulan o utilizan dispositivos de ésta índole, sean eléctricos (como un simple juguete a pilas) o electrónicos (como una Tablet o un videojuego portátil).

Pronosticar la vida útil de un artefacto eléctrico o electrónico quizás no sea uno de los criterios determinantes en la lógica de consumo de los individuos, en general, pero sí lo es desde una perspectiva que contempla la protección ambiental. Lo cierto es que la obsolescencia de los productos provenientes de la industria tecnológica es una realidad preocupante en el devenir de un mercado cada vez más avasallante.

Elementos como el plomo, el mercurio, el cadmio y el selenio, entre tantos otros metales pesados, se encuentran en cualquier aparato eléctrico o electrónico al menos en pequeñas cantidades en todas o en la mayoría de sus partes y componentes. Estos elementos altamente

tóxicos, al fundirse y entrar en contacto con el aire, el agua o la tierra liberan toxinas notablemente perjudiciales para la salud ambiental.

Un artefacto eléctrico o electrónico se convierte en residuo cuando el usuario decide desecharlo a causa de su malfuncionamiento, por falla de alguno de sus componentes o simplemente por su obsolescencia. En cualquiera de estos casos estamos en presencia de un residuo portador de elementos potencialmente contaminantes si no son gestionados de manera sustentable. Esto nos lleva a preguntarnos: ¿cuál debería ser su destino? ¿qué Ley regula este tipo de residuos? ¿existe un plan de recolección de los mismos?

Nuestra Constitución Nacional establece en su artículo 41° que *Todos los habitantes tienen derecho a gozar de un ambiente sano y equilibrado[...]*. La gestión de residuos, en nuestro país, está enmarcada jurídicamente en las siguientes leyes basadas en art. 41° CN:

- a) Ley General del Ambiente N° 25.675
- b) Ley de Residuos Industriales N°25.612
- c) Ley de Residuos Peligrosos N° 24.051
- d) Ley N°25.916 de Gestión de Residuos Domiciliarios

No obstante, todas ellas son inespecíficas en lo referente a Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs).

En septiembre de 2008 el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) presentó un Programa Nacional de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, porque consideraron que era necesario atender a esta problemática en ausencia de una ley específica que regule la Gestión de RAEEs en Argentina. Cuatro años después, en el año 2011 el senador nacional Daniel Filmus presentó un proyecto de ley nacional sobre RAEE que alcanzó la sanción de Cámara de Senadores, pero al no lograr el dictamen necesario para que avance en Cámara de Diputados perdió estado parlamentario [1]

En el año 2012 en la provincia de Corrientes hubo una iniciativa de presentar un proyecto de ley para la adhesión de dicha provincia al Programa Nacional de Gestión de Aparatos Eléctricos y Electrónicos elaborado por el INTI sin embargo, según la Diputada Alina Goyeneche, esta propuesta no prosperó por falta de voluntad política para ser tratada.

Por otra parte, magistrados de la provincia de Misiones presentaron un proyecto de ley de RAEEs en el año 2013 impulsado por el Diputado Morales Lezica[2] pero tampoco tuvo éxito. Actualmente, en marzo de 2016 se presentó nuevamente el proyecto estableciendo un programa de regulación para la gestión y tratamiento de RAEEs pero aún se espera la decisión de la Cámara de Diputados al respecto [3].

Excepcionalmente, en la provincia de Formosa no se ha registrado antecedentes sobre propuestas o iniciativas referidas a la gestión de los RAEEs.

En la provincia d Chaco, en diciembre de 2013, se sancionó la ley N°7345[4] de Gestión y Tratamiento de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en la cual se establecen objetivos para garantizar y alcanzar la protección del ambiente sano, equilibrado y

sustentable estipulado en el artículo 38 de la Constitución de la Provincia del Chaco. Dicha ley se reglamentó en junio de 2014 bajo el Decreto N° 869[5] facultando al Ministerio de Planificación y Ambiente como autoridad de aplicación.

2. Objetivos Generales

- Analizar la normativa legal vigente sobre RAEES en la provincia del Chaco.

3. Objetivos Específicos

- Identificar derechos y obligaciones de los sectores involucrados.
- Evaluar los alcances de la ley en cuanto a la gestión de RAEES.

4. Metodología

El análisis y comentario de la Ley de RAEES se realizó según los criterios establecidos por la teoría de la interpretación jurídica de acuerdo con la guía metodológica que sigue a continuación:

1. Identificación del documento
2. Localización del documento en las áreas del derecho correspondientes
3. Indicación del ámbito de aplicación y los destinatarios
4. Lectura de las motivaciones del legislador
5. Indicación del régimen de infracciones y sanciones que la ley establece
6. Análisis del contexto político y social en el que fue votada la ley
7. Realización de un comentario crítico del texto según los parámetros básicos de si se trata de una norma que respeta los derechos fundamentales, si beneficia a los sujetos que pretende proteger y si crea sanciones adecuadas contra las conductas que quiere reprimir.

5. Resultados y Discusión

A. IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO

Ley Provincial N° 7.345 de Gestión y Tratamiento de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEES).

B. LOCALIZACIÓN DEL DOCUMENTO EN LAS ÁREAS DEL DERECHO CORRESPONDIENTES

Es una ley de derecho público que establece un Programa de Regulación dirigido a la gestión y tratamiento de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEES) en el ámbito de la provincia del Chaco. En este marco establece objetivos tales como:

- La protección y preservación del ambiente,
- La promoción de la valorización de estos residuos a través de la reutilización y reciclado,

- Motiva a la reducción de la peligrosidad de los componentes de los RAEEs,
- Propone que se incorpore el análisis de ciclo de vida en los procesos de fabricación,
- Propone alcanzar la integración y participación de los importadores, productores y comercializadores de los aparatos eléctricos y electrónicos con el fin de lograr una gestión integral de RAEEs, entre otros.

C. INDICACIÓN DEL ÁMBITO DE APLICACIÓN Y LOS DESTINATARIOS

El ámbito de aplicación es el territorio de la Provincia del Chaco en aquellos municipios que se adhieran a la ley. La autoridad de aplicación de esta ley es el Ministerio de Planificación y Ambiente de la provincia del Chaco. Entre sus funciones se destaca la que atañe al diseño de un procedimiento de manejo de RAEEs, entre otras obligaciones. También están alcanzados por la ley los importadores, productores y comercializadores de aparatos eléctricos y electrónicos, los usuarios, y los gestores de RAEEs.

Para el cumplimiento de los objetivos de la ley y la formulación de un Programa de RAEEs, la autoridad de aplicación puede firmar convenios de colaboración e intercambio de información con otros organismos públicos y/o privados mediante resolución. Invitar a los diferentes sectores involucrados como los municipios, las cámaras de comercio, las industrias, las universidades, las empresas prestadoras de servicios público de limpieza y otros relacionados con la presentes ley.

D. LECTURA DE LAS MOTIVACIONES DEL LEGISLADOR

La ley se crea contemplando la necesidad de regular la gestión de los residuos de esta índole. La Legislatura sanciona la iniciativa basada en el proyecto 1828/10 de los diputados Clelia Ávila (MC) y Carim Peche, al que se acumulan iniciativas de los diputados Hugo Maldonado (MC) y Raúl Acosta [6]

E. INDICACIÓN DEL REGIMEN DE INFRACCIONES Y SANCIONES QUE LA LEY ESTABLECE

El incumplimiento a las disposiciones de la ley estipula sanciones con apercibimiento que podrá ser aplicado por única vez para el caso de primera infracción y multa de hasta mil sueldos básicos para la categoría básica de los empleados de la administración pública provincial. También considera que este monto podrá duplicarse en caso de reincidencia.

F. ANÁLISIS DEL CONTEXTO POLÍTICO Y SOCIAL EN EL QUE FUE VOTADA LA LEY

La ley fue votada en un contexto político de apertura hacia la consolidación de instituciones que hasta el momento no habían sido apoyadas con respaldo jurídico y que no obstante denotaban una urgencia social que debía comenzar a pasar a responsabilidad del Estado como garante del resguardo del Ambiente.

G. COMENTARIO CRITICO DEL TEXTO

Ámbito de aplicación: es cuestionable que dicha ley de RAEES sea de adhesión para municipios ya que no se podría establecer una sinergia de la información en todo el territorio de la provincia en cuanto al manejo de los RAEES.

Los fabricantes no se encuentran en la provincia y ni siquiera están dentro del país; este aspecto puede hacer que no se obtengan los datos necesarios ni el cumplimiento de responsabilidad extendida al productor. Por otra parte, no se cuenta con una ley nacional de RAEES que pueda complementar a la provincial dejándola sin jurisdicción.

Pueden surgir intereses personales de algunos de los sectores alcanzados por la ley que imposibiliten la fluidez y correcto funcionamiento del programa a llevar a cabo.

Sanciones: Para ejecutar los apercibimientos y multas en primer lugar deberían definirse los tipos de transgresiones para poder categorizar un orden normativo en el orden de multas.

Principios: La ley propone los principios para la aplicación tales como: responsabilidad extendida al productor, corresponsabilidad, participación activa, solidaridad, creación de estímulos, descentralización, innovación, ciencia y tecnología, viabilidad económica, el que contamina paga. Aquí no queda claro cuál es la responsabilidad del fabricante respecto de los AEEs- RAEES.

Derechos: Lo destacable aquí es que tanto el usuario como los comercializadores y gestores de RAEES podrán solicitar asistencia y apoyo por parte de la autoridad de aplicación tanto para recibir información, capacitación y estímulos por compromiso en la gestión.

Obligaciones: de la autoridad de aplicación, de los importadores, productores y comercializadores de AEEs, del usuario, de los gestores de RAEE. Aquí podría discutirse la posibilidad de construir un circuito de responsabilidades de los sectores alcanzados por la ley.

6. Conclusiones y recomendaciones

Nuestro análisis de la ley de Raes nos permitió identificar que es una ley de derecho público provincial y que, siendo una ley de adhesión, el escenario de aplicación dependerá de los municipios adheridos. También se identificó al Ministerio de Planificación y Ambiente como autoridad de aplicación con la facultad de aplicar sanciones que garanticen un medio ambiente saludable. Se identificó a los fabricantes, distribuidores, comercializadores y usuarios como destinatarios alcanzados por la ley, quedando su actividad regulada a través de una serie de medidas dependiendo de su gestión de RAEES.

En este contexto ambiental es necesaria la participación ciudadana, permitiendo a las personas involucrarse de modo tal que puedan obtener información y emitir opinión responsable en la construcción de los Programas de Gestión de RAEES.

7. Referencias:

Libros

- CARRIÓ, GENARO** (2006) *Notas sobre Derecho y Lenguaje. 2da Parte: Sobre la interpretación en el derecho*. Ed. Abeledo Perrot, ISBN: 950-20-1730-7, Bs. As.
- GUASTINI, RICCARDO** (1999) *Estudios sobre la interpretación jurídica. Cap. Iero: La interpretación: conceptos, objetos y teorías*. Instituto de investigaciones jurídicas, Universidad Nacional de México, ISBN: 968-36-7076-8, México D.F.
- MARMOR, ANDREI** (2005) *Interpretation and Legal Theory*. 2nd Edition. Hart Publishing Ed., USA.

Artículos de Internet citados

- [1] **GIAMBARTOLOMEI, MAURICO**. La Nación. Basura Electronica. Noviembre de 2012. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1531665-acusan-al-kirchnerismo-de-archivar-el-tratamiento-de-la-ley-de-basura-electronica>
- [2] Cámara de Representantes de la Provincia de Misiones. 2013. Disponible en: http://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0CEUQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.diputadosmisiones.gov.ar%2Fsecretaria_legislativa%2Fbajando_proyecto.php%3Fid_hist%3D27643%26num_archivo%3D1&ei=dRB2VemGFPeIsQTd qYLQDw&usq=AFQjCNF6VEHzwhTFRIXFsANIXqHSltBiig&bvm=bv.95039771,d.cWc
- [3] Cámara de Representantes de la Provincia de Misiones. 2016. Disponible en: <https://www.google.com.ar/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=proyecto+de+ley+raees+misiones+2016>
- [4] Legislatura del Chaco. Ley N°7345. Disponible en: <http://www2.legislaturachaco.gov.ar:8000/legisdev/PDF/Ley%207345.pdf>
- [5] Sistema Argentino de Información Jurídica. Decreto N° 869. Disponible en: <http://www.saij.gob.ar/869-local-chaco-reglamenta-ley-7345-h20140000869-2014-06-04/123456789-0abc-968-0000-4102hvorpced>
- [6] Poder Legislativo del Chaco. Sesión Ordinaria N° 35- Segundo Envío. Sanción Ley de Gestión y Tratamiento de RAEES. Disponible en: http://www.legislaturachaco.gov.ar/sitio/noticia.php?not_id=763#.V3GBA7jhDIU

Documentos y leyes consultadas:

- *LEY N° 25.675 GENERAL DEL AMBIENTE. Información Legislativa. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>
- *LEY N° 25. 612 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES. Información Legislativa. Disponible en: <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=76349>
- *LEY N° 24.051 DE RESIDUOS PELIGROSOS. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/site/agregado_de_valor/gestion_ambiental/05-Legislacion/01-Nacional/_archivos/024051-LEY%2024051%20\(Residuos%20peligrosos\)/000001LEY%2024051.pdf](http://www.minagri.gob.ar/site/agregado_de_valor/gestion_ambiental/05-Legislacion/01-Nacional/_archivos/024051-LEY%2024051%20(Residuos%20peligrosos)/000001LEY%2024051.pdf)

ASPECTOS DE LA NORMATIVA LEGAL VIGENTE PARA LOS RESIDUOS DE APARATOS ELECTRÓNICOS Y ELÉCTRICOS (RAEES) EN LA REGIÓN NEA. ANÁLISIS Y COMENTARIO DE LA LEY DE RAEES DE LA PROVINCIA DEL CHACO.

*LEY N° 14321 DE RAEES DE LA PROVINCIA DE BS. AS. Disponible en:

<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14321.html>

*INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI). Programa Nacional de Gestión de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Septiembre 2008. Disponible en:

<https://www.google.com.ar/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=programa%20nacional%20de%20gestion%20de%20aparatos%20electronicos%20inti>

*PODER LEGISLATIVO DEL CHACO. Sesión Ordinaria N° 35- Segundo Envío. Sanción Ley de Gestión y Tratamiento de RAEES. Disponible en:

http://www.legislaturachaco.gov.ar/sitio/noticia.php?not_id=763#.V3GBA7jhDIU.

COMPARACIÓN ENERGÉTICA DEL RAC DE TUCUMÁN CON OTRAS BIOMASAS COMBUSTIBLES PARA CALDERAS DE VAPOR

Marcos Antonio Golato, EEAOC, mgolato@eeaoc.org.ar

Gimena del Huerto Zamora Rueda, EEAOC, gzamora@eeaoc.org.ar

Marina Gabriela Mistretta, EEAOC, mgmistretta@eeaoc.org.ar

Florencia Lucía Peralta, EEAOC, fperalta@eeaoc.org.ar

Cynthia Elizabeth Gutiérrez, EEAOC, cgutierrez@eeaoc.org.ar

Enrique Alberto Feijóo, EEAOC, enriquefejoo@eeaoc.org.ar

Dora Paz, EEAOC, ingenieria@eeaoc.org.ar

Gerónimo Julio Cárdenas, EEAOC, gjcardenas@eeaoc.org.ar

Resumen— Los análisis termogravimétricos (TGA) y energéticos son fundamentales para determinar el potencial de la biomasa como combustible para producir energía en una caldera de vapor. Se caracterizó el residuo agrícola de cosecha de caña de azúcar (RAC) mediante análisis inmediatos, poder calorífico superior, determinaciones de elementos inorgánicos y fusibilidad de cenizas. Se trabajó con 20 muestras provenientes de campos cañeros tucumanos. Los resultados promedios de esta caracterización fue: humedad (W) 18,64%; cenizas (CZ) 14,04%; sólidos volátiles (SV) 69,21 %; carbono fijo (CF) 16,75 %; cloro total (Cl) 0,20 %; azufre total (S) 0,22 %; poder calorífico superior (PCS) 16.313 kJ/kg y las temperaturas iniciales de fusibilidad de sus cenizas en atmósfera oxidante y reductora fueron 1.085°C y 1.119°C, respectivamente. Además, se realizó una comparación de estos parámetros con los obtenidos para otros autores para bagazo de caña de azúcar; y otras biomasa como carbón mineral y madera. Los resultados obtenidos, indican que el RAC resultaría un buen combustible para ser aprovechado energéticamente en calderas de vapor.

Palabras clave— *energía, análisis inmediato, biocombustible, biomasa.*

1. Introducción

En la industria azucarera de caña se observa con interés el uso del RAC como fuente de energía para su aprovechamiento como combustible en calderas de vapor para bagazo.

En la provincia de Tucumán se cultivan alrededor de 220.000 ha con caña de azúcar con una producción potencial de 1.600.000 tn de azúcar [1]. El RAC queda en campo posterior a la cosecha en verde de la caña y su cantidad varía, para las condiciones de Tucumán, entre 7 y 17 toneladas de materia seca/ha [2]. Este residuo puede utilizarse como alimento animal, para producción de energía, como así también, si se deja en el campo, como cobertura para aprovechar sus minerales en los suelos y conservación de la humedad, con incidencia favorable en la protección del medio ambiente y alta rentabilidad económica [3].

El aprovechamiento del RAC como combustible contribuiría a diversificar la matriz energética de la provincia y del país, con el “plus” ambiental que significa la reducción de la quema en los campos [4].

Con un análisis TGA se puede determinar el contenido porcentual de humedad (W%), cenizas (CZ%), sólidos volátiles (SV%) y carbono fijo (CF%) de una biomasa sólida para combustión en calderas. Estos parámetros influyen en la cantidad de energía que aporta el biocombustible en su reacción y velocidad de combustión [5]. El PCS representa la cantidad de calor liberado en la combustión completa de 1 kg de combustible en base seca, más el calor de condensación del vapor de agua contenido en los gases de combustión provenientes de la humedad de la biomasa y del agua formada por la oxidación del hidrógeno a 0°C y 760 mmHg [6].

Por otro lado, el conocimiento de las características de fusión de las cenizas de una biomasa, nos brinda información sobre el posible comportamiento de los componentes inorgánicos que constituyen la misma cuando son sometidos a temperaturas elevadas. Resulta una medida del potencial que tienen los materiales combustibles a formar escorias que finalmente generan obturaciones e incrustaciones indeseables sobre las superficies interiores del hogar de un generador de vapor.

Por otro lado, el conocimiento del contenido de algunos metales presentes en las estructuras orgánicas e inorgánicas de los biocombustibles utilizados, resulta fundamental para evaluar posibles inconvenientes de corrosión que se podrían presentar. Por ejemplo, el azufre (S), en la etapa de oxidación, forma óxidos de azufre gaseosos (SO_2 y SO_3); y durante la etapa de desgasificación, libera predominantemente sulfuro de hidrógeno (H_2S). Parte de estos compuestos se combinan con otros elementos del combustible para formar sulfatos, que se depositan en las partes internas metálicas de las calderas, en zonas de bajas velocidades; y provocan corrosión química y deposición. Otra parte de los componentes gaseosos formados a partir del azufre, se liberan directamente a la atmósfera por la chimenea, ocasionando problemas al medio ambiente y a su entorno [7].

De igual manera, el contenido de cloro en una biomasa resulta también de importancia, ya que es un elemento que al combinarse con el hidrógeno en la combustión, forma ácido clorhídrico (HCl) gaseoso, que en presencia de elementos como el sodio (Na) y el potasio (K), forma sus correspondientes cloruros. Estos, en presencia de SO_2 y SO_3 , generan sulfatos que también causan problemas de corrosión en las superficies metálicas expuestas a los gases. Además, los compuestos clorados, forman en su incineración, dioxinas y furanos, que son estables térmicamente para las temperaturas internas de las calderas y podrían salir al medio ambiente a través de la chimenea de la misma, por lo cual deben controlarse sus concentraciones [8].

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados de las características energéticas del RAC, realizados mediante análisis normalizados y su comparación con biomásas que también se utilizan como biocombustibles en calderas de vapor de la industria azucarera.

2. Materiales y Métodos

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Ensayos y Mediciones Industriales (LEMI), de la Sección Ingeniería y Proyectos Agroindustriales de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC). Para ello, se recolectaron 20 muestras de RAC de la variedad LCP 85-384, dejada en campo durante 10 días posteriores a la cosecha de la caña. Los ensayos se realizaron por duplicado.

Para la determinación del contenido de W%, se procedió a secar las muestras en una estufa marca ORL con circulación de aire forzado a 105°C hasta peso constante, siguiendo la norma ASTM D 5142-02 modificada [9]. Posteriormente, se realizó una trituración del material en un molino de cuchilla del tipo fresa marca Fritcher, modelo Pulverisette 19, hasta alcanzar una granulometría de 1mm.

Para el análisis inmediato se utilizó un equipo analizador TGA, marca LECO, modelo TGA701, calibrado para RAC. La curva de ajuste se logró comparando determinaciones simultáneas, realizadas en una mufla eléctrica convencional y en el equipo TGA [10]. Este equipo realiza inicialmente el secado de las muestras y la volatilización de las mismas hasta 900°C durante cinco minutos en atmósfera controlada de nitrógeno; por gravimetría determina el contenido %SV. Luego procede a calcinar las muestras hasta peso constante a una temperatura de 750°C en presencia de oxígeno; y nuevamente por gravimetría determina el contenido CZ%. Por último, por diferencia de peso determina el contenido de CF%, en base a la ecuación (1). El TGA informa los resultados en porcentaje (%) en base seca (b.s.). Esta metodología sigue el procedimiento de la norma ASTM D 5142-02 modificada [9].

$$CF\% = 100 - CZ\% - SV\% \quad (1)$$

Para la determinación del PCS, se siguió la metodología ASTM D 2015-96 [11], para ello se utilizó una bomba calorimétrica automatizada, marca IKA, modelo C5000, en operación adiabática. Previamente se preparó una pastilla a partir de una muestra de RAC seca y triturada.

El análisis de fusibilidad de cenizas se realizó con un equipo marca LECO, modelo AF700, siguiendo la metodología ASTM D 1857-03 [12], que identifica cuatro temperaturas características: la inicial de deformación (DT), de ablandamiento (ST), de semiesfera (HT) y de fluidización (FT), para dos atmósferas diferentes: oxidante (con mezclas de CO₂ y O₂) y reductora (con mezcla de CO₂ y CO).

Para la determinación de cloro en biomasa, se siguió la metodología propuesta en ASTM E 776-87 modificada [13] [14]; que determina la concentración de cloro total (Cl%). Esta determinación se realizó en dos etapas: en la primera se obtuvo una solución con el lavado de los residuos de la combustión de la muestra, realizada en bomba calorimétrica. Para ello, se confeccionó una pastilla compacta formada con el material a ensayar con el agregado de 5ml de Na₂CO₃, donde se obtuvo un extracto de cloruro de sodio; luego se procedió a la determinación de su cantidad por titulación, usando una solución estándar de nitrato de plata (AgNO₃) y como indicador se utilizó dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇).

La determinación de azufre se realizó siguiendo la norma ASTM D 3177-02 modificada [15] [16], que determina el porcentaje de azufre total (S%) a partir de cenizas de RAC. Esta determinación se realizó también en dos etapas: en la primera se obtuvo un extracto proveniente del lavado de los residuos de combustión de una muestra de RAC en bomba calorimétrica, con una solución de naranja de metilo y se valoró la misma con carbonato de sodio, luego se hirvió y se añadió 10 ml de cloruro de bario (BaCl₂) para la formación de un precipitado de BaSO₄. Posteriormente se filtró el extracto y se lavó con nitrato de plata (AgNO₃), luego se calcinó el papel filtro que contiene el BaSO₄ y se determinó %S por gravimetría.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de los contenidos de W%, CZ%, SV% y CF% en base seca (b.s.), para las muestra de RAC analizadas en este estudio, se muestran en Tabla 1.

El contenido de W% se encontró entre 10,50% y 28,59%, con un valor medio de 18,64%, una desviación estándar (DE) de 6,47; y un coeficiente de variabilidad porcentual (CV%) de 34,71%. La variabilidad observada podría deberse a la no simultaneidad en la recolección de

las muestras, por lo que existirían diferencias en el tiempo de secado natural a campo. Los resultados de CZ% se encontraron comprendidos entre 9,84% y 18,22%, con un valor medio de 14,04%, una DE de 2,37 y un CV% de 16,91%. La variación observada puede deberse al tipo de cosecha empleado y a las características de los diferentes campos cultivados [17].

El contenido de SV% se encontró en un rango de 65,67% a 73,54%, con un valor medio de 69,20%, una DE de 2,13 y un CV% de 3,08%. Los contenidos de CF% se encontraron en un rango de 15,75% a 17,45%, con un valor medio de 16,75%, una DE de 0,48 y un CV% de 2,88%. En Tabla 1 también se muestran los resultados estadísticos evaluados para el lote de muestras ensayadas.

Tabla 1. Resultados del análisis inmediato realizado en muestras de RAC de Tucumán.

Variable	n	Media	DE	CV%	Min	Máx.
W%	20	18,64	6,47	34,71	10,50	28,59
CZ%	20	14,04	2,37	16,91	9,84	18,22
SV%	20	69,21	2,13	3,08	65,67	73,54
CF%	20	16,75	0,48	2,88	15,75	17,45

Fuente: elaboración propia

Estos resultados obtenidos, se encuentran en igual orden de magnitud que los informados por Barbosa Cortez *et al.* [18], Nogués *et al.* [5] y Feijóo *et al.* [19], para estos mismos residuos agrícolas.

En Tabla 2 se presentan los resultados del contenido de Cl% y S% en b.s., para las muestras de RAC analizadas. Los valores de Cl% se encontraron comprendidos entre 0,07% y 0,51%, con un valor medio de 0,20%, una DE de 0,10 y un CV% de 50,31%. El elevado CV% determinado, puede deberse a los distintos tipos de suelos cañeros y a mezclas de diferentes productos utilizados para la fertilización de los campos [20] [21].

Los contenidos de S% se encontraron comprendidos entre 0,12% y 0,33%, con un valor medio de 0,22%, una DE de 0,06 y un CV% de 28,13%. Estos resultados se encuentran en igual orden que los informados por Woytiuk [22] y Jenkins *et al.* [23].

Tabla 2. Resultados de elementos inorgánicos en muestras de RAC de Tucumán.

Variable	n	Media	DE	CV%	Min.	Máx.
Cl%	20	0,20	0,10	50,31	0,07	0,51
S%	20	0,22	0,06	28,13	0,12	0,33

Fuente: elaboración propia.

En Tabla 3 se informan los resultados de PCS, en base seca, de las muestras de RAC analizadas en este estudio. Estos valores se encontraron comprendidos entre 15.499 [kJ/kg] y 17.663[kJ/kg], con un valor medio de 16.313 [kJ/kg] y una DE de 442.32, con CV% de 2,71%. Estos resultados obtenidos, son similares a los encontrados por Woytiuk [22].

Tabla 3. Resultados del poder calorífico superior (PCS) en base seca de las muestras de RAC analizadas.

Variable	n	Media	DE	CV%	Min.	Máx.
PCS [kcal/kg] (b.s.)	20	16.313	442.32	2.71	15.499	17.663

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del análisis de fusibilidad de cenizas del RAC, realizadas en atmósferas oxidante y reductora, se muestran en Tablas 4 y 5, respectivamente. Para atmósfera oxidante, la temperatura DT se encontró entre 1.015°C y 1.205°C, con un promedio de 1.085°C. La temperatura ST tuvo un Min. 1.175°C y un Máx. 1.335°C, con un promedio de 1.272°C. La temperatura HT se encontró en un rango entre 1.335°C y 1.480°C y su valor promedio fue de 1.402°C.

Con respecto a la temperatura de FT, se observó que la misma se encontró por arriba del límite máximo de detección del equipo utilizado (1.500°C). Los valores de CV% para los resultados indicados anteriormente fueron de 5,85%, 3,03% y 2,50% respectivamente.

Tabla 4. Resultados del análisis de fusibilidad de cenizas de RAC de Tucumán para atmósfera oxidante.

Variable	N	Media	DE	CV%	Min.	Máx.
DT[°C]	20	1.085	63,52	5,85	1.015	1.205
ST[°C]	20	1.272	38,54	3,03	1.175	1.335
HT[°C]	20	1.402	35,02	2,50	1.335	1.480
FT[°C]	20	>1.500	-	-	>1.500	>1.500

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del análisis de fusibilidad de cenizas para atmósfera reductora fueron en promedio de: DT = 1.119°C con un rango entre 1.005°C a 1.345°C; ST = 1.350°C, con un rango entre 1.235°C a 1.445°C; HT = 1.455°C, con un rango entre 1.385°C a 1.500°C y FT >1.500°C. Los valores de CV% para estas temperaturas determinadas fueron 9,54%, 3,97% y 2,37% respectivamente.

Tabla 5. Resultados del análisis de fusibilidad de cenizas de RAC de Tucumán para atmósfera reductora.

Variable	N	Media	DE	CV%	Min.	Máx.
DT[°C]	20	1.119	106,78	9,54	1.005	1.345
ST[°C]	20	1.350	53,56	3,97	1.235	1.445
HT[°C]	20	1.455	34,45	2,37	1.385	1.500
FT[°C]	20	>1.500	-	-	>1.500	>1.500

Fuente: elaboración propia.

Del análisis de fusibilidad realizado, se pudo inferir que la mínima temperatura inicial de deformación registrada (DT) para el RAC, fue de 1.015°C en atmósfera oxidante y de 1.005°C para atmósfera reductora. La FT máxima fue mayor a 1.500°C para ambas atmósferas ensayadas. Este hecho podría deberse a la presencia de elevadas concentraciones elementos inorgánicos en la constitución del RAC, que posteriormente se oxidan durante la combustión formando sales de elevado punto de fusión [24] [25].

La Tabla 6 muestra una comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio, con similares determinaciones realizadas sobre muestras de bagazo de caña de azúcar [26]. Asimismo, se comparan los resultados obtenidos con los indicados por Barboza Cortez *et al.* [18] para RAC; y con otras biomásas sólidas utilizadas como combustibles en calderas de vapor bagaceras, como la madera y el carbón mineral [27] [28].

Se puede observar que el contenido de W% del RAC presentó valores bajos en relación al bagazo, ya que la W% de este residuo depende de su secado natural a campo. Los contenidos de CZ% del RAC, presentaron en promedio un valor de 14,04%, o sea 6 veces superior al resultado que informa Hassauani *et. al.* [26] para bagazo (2,20%); y 2,3 veces superior al

indicado por Castagnaro, *et. al.* [29], para bagazos de Tucumán (6,12%). Con respecto al carbón mineral, el RAC en estudio presentó aproximadamente un 21,4% más de ceniza; y respecto a la madera un 94,6% mayor. En relación a SV%, el RAC presentó en promedio un valor de 69,20%, lo que representa un 13,4% menor al SV% del bagazo ensayado por Hassauani *et al.* [26] (79,90%); y 169,3% mayor respecto al carbón mineral y 15% menor en relación a la madera. Para el caso del CF%, se obtuvo para el RAC un valor promedio de 16,75%, o sea, aproximadamente un 7% menor respecto al bagazo; 65% menor respecto al carbón mineral y 6% menor a la madera.

Tabla 6. Parámetros termogravimétricos y PCS de RAC en relación a bagazo, carbón mineral y madera.

MUESTRA	W%	CZ% (b.s.)	SV% (b.s.)	CF% (b.s.)	PCS[kJ/kg] (b.s.)
RAC	18,64	14,04	69,21	16,75	16.313
RAC (Barboza Cortes <i>et.al.</i> 2008)	8,65	12,92	73,28	14,96	17.725
Bagazo (Hassauani, <i>et. al.</i> , 2005)	50,20	2,20	79,90	18,00	18.100
Bagazo (Castagnaro, <i>et.al.</i> , 2011)	51,44	6,12	-	-	17.947
Carbón mineral (Skone, 2014)	25,77	11,04	40,87	48,09	26.782
Madera (Jenkins y Ebeling, 1985)	-	0,76	81,42	17,82	19.420

Fuente: elaboración propia, comparación con diversos autores.

Con respecto al PCS, el valor promedio encontrado para el RAC de este estudio fue de 16.313 kJ/kg, aproximadamente un 8% de diferencia respecto al informado por Barboza Cortes *et. al.* [18] para cultivos de caña de azúcar de Brasil. Asimismo, se observó que el PCS promedio encontrado para el RAC presentó una diferencia de 2% respecto al bagazo informado por Hassauani, *et. al.* [26] para Brasil; y una diferencia de 9% respecto al bagazo ensayado por Castagnaro, *et. al.* [29] para Tucumán. Con respecto al carbón mineral ensayado por Skone [27], el PCS del RAC presentó un valor de 39% menor (16.313 kJ/kg vs. 26.782 kJ/kg); y respecto a la madera un valor de aproximadamente 16% menor (16.313 kJ/kg vs. 19.420 kJ/kg).

En Tabla 7 se observan los resultados de los contenidos de los componentes inorgánicos analizados en el RAC en base seca (Cl% total y S% total), en comparación con los resultados logrados por otros autores para bagazo, carbón mineral y madera.

Se puede observar que el RAC en estudio, presentó un valor medio de Cl% total de 0,20%. Este valor representa un 100% menor al informado por Woytiuk [22] para este mismo residuo. En relación al bagazo de caña de azúcar, se observa que el Cl% total resultó mayor para el RAC, prácticamente en el doble de su valor (0,20% vs 0,10%). Asimismo, se observó que, como era de esperar por tratarse de un residuo lignocelulósico, el contenido de Cl% total del RAC resultó un valor de 95% y 35% mayor respecto al carbón mineral y a la madera respectivamente.

Por otro lado, los contenidos promedio de S% total encontrados en el RAC fue de 0,21%. Este valor representa un 4,5% menor al informado por Woytiuk [22] para residuos de caña de Hawái. En comparación con el bagazo de caña de azúcar, se observó que el S% total resultó mayor en el RAC respecto al bagazo (0,21% vs 0,02%); y respecto a la madera (0,21% vs. 0,01%). No obstante, se verifica que los contenidos de S% en el RAC respecto a los encontrados en carbón mineral son menores (0,21% vs. 0,73%), según lo indicado por Nogués, *et al.* [5] y Sami, *et al.* [30].

En Tabla 8 se muestra los resultados promedio del análisis de fusibilidad de las cenizas de RAC para condiciones de atmósferas oxidantes y reductoras, en relación a los obtenidos por Peralta *et. al.* [25] para bagazos y RAC, y que se tomaron como referencia por tratarse de la misma variedad de caña de azúcar cultivada en Tucumán (LCP 85-384). Para atmósfera oxidante, la temperatura DT fue de 1085°C, un 2,5% mayor que la referencia (1058°C), la temperatura ST fue de 1272°C, lo que representa un 6,35% mayor a la de referencia; y HT fue de 1402°C, aproximadamente un 6,05% respecto a la indicada por Peralta *et. al.* [25] en su trabajo (1322°C). Con respecto a la temperatura FT, la misma se encontró por arriba de 1500°C, que fue el límite máximo fijado en el equipo analizador.

Para el ensayo en atmósfera reductora, la temperatura DT alcanzada en el RAC fue de 1119°C, un 6,1% mayor que la referencia (1054°C), la temperatura ST fue de 1350°C, o sea un 6,8% mayor al RAC analizado en 2014 (1263°C). Finalmente, la temperatura HT fue de 1455°C, aproximadamente un 5,9% respecto a la indicada por Peralta *et. al.*, [25] en su trabajo (1263°C). De igual modo, la temperatura FT superó el límite máximo de detección fijado en el equipo analizador.

Con respecto al bagazo, el RAC presentó una temperatura DT menor en 2,2% en relación a los datos encontrados por Peralta *et. al.* [25] (1085°C vs. 1110°C), la temperatura ST fue mayor en el RAC en 3% (1272°C vs. 1235°C), y la temperatura HT fue mayor en RAC en un 5% (1402°C vs. 1334°C), medidos en atmósfera oxidante. En atmósfera reductora, la temperatura DT fue mayor en el RAC en 3,5% (1119°C vs. 1054°C), la temperatura ST fue mayor en el RAC en 9,2% (1350°C vs. 1236°C), y la temperatura HT fue mayor en 5% a favor del RAC (1455°C vs. 1385°C). Puede verse que la temperatura DT para el RAC resultó mayor en atmósfera reductora que en oxidante en aproximadamente un 3,1% (1085°C vs 1119°C), mientras que en bagazo la temperatura DT fue mayor en atmósfera oxidante en 2,6% aproximadamente, según los datos informados por Peralta *et. al.*, [25]. Con respecto al RAC analizado por este último autor, no se observó diferencias significativas para las atmósferas ensayadas. Este hecho podría deberse al mayor nivel de cenizas encontrado en el presente estudio y a la posible existencia de componentes con elevados puntos de fusión en la constitución de las cenizas, lo que también explicaría las mayores temperaturas de fusibilidad obtenidas en este estudio.

Tabla7. Componentes inorgánicos del RAC en relación a bagazo, carbón mineral y madera.

MUESTRA	Cl % (b.s.)	S % (b.s.)
RAC	0,20	0,21
RAC(Woytiuk, 2006)	0,40	0,22
Bagazo (Hassauani <i>et al.</i> ,2005)	0,10	0,02
Carbón mineral (Skone,2014)	0,01	0,73
Madera(Jenkins y Ebeling,1985)	0,13	0,01

Fuente: elaboración propia, comparación con diversos autores.

Tabla 8. Parámetros de fusibilidad de cenizas de RAC en ambas atmósferas y su comparación con el bagazo de caña de azúcar.

MUESTRA	FUSIBILIDAD DE CENIZAS							
	ATMÓSFERA OXIDANTE				ATMÓSFERA REDUCTORA			
	DT[°C]	ST[°C]	HT[°C]	FT[°C]	DT[°C]	ST[°C]	HT[°C]	FT[°C]
RAC	1.085	1.272	1.402	>1.500	1.119	1.350	1.455	>1.500
RAC (Peralta <i>et al.</i> , 2014)	1.058	1.196	1.322	>1.455	1.054	1.263	1.374	>1.455
Bagazo (Peralta <i>et al.</i> , 2014)	1.110	1.235	1.334	>1.455	1.081	1.236	1.385	>1.455

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las características energéticas del RAC son similares a las del bagazo de la caña de azúcar y a la madera, presentando diferencias con respecto al carbón mineral como era de esperar, debido a las características intrínsecas de este último. Los resultados de las determinaciones en RAC fueron en promedio: W = 18,64%, con DE de 6,47 y CV% de 34,71%; CZ = 14,04%, con DE de 2,37 y CV% de 16,91%; SV = 69,21%, con DE de 2,13 y CV% de 3,08%; CF = 16,75%, con DE de 0,48 y CV% de 2,88%; CI = 0,20[%], con DE de 0,10 y CV% de 50,31%; S = 0,22[%], con DE de 0,06 y CV% de 28,13%. El PCS promedio determinado fue de 16.313[kJ/kg], con DE de 442.32 y CV% de 2,71%.

En relación al bagazo de caña de azúcar, se observó que el contenido de CI% total en RAC resultaron mayores en un 100% (0,20% vs 0,10%). Se observó, además, que el contenido de CI% total del RAC resultó un 95% mayor respecto al carbón mineral y un 35% mayor respecto a la madera. Con respecto al contenido promedio de S% total encontrado en el RAC de caña de azúcar (0,22%), se observó que el mismo resultó mayor al encontrado en bagazos de caña de azúcar (0,22% vs 0,02%); y respecto a la madera (0,22% vs. 0,01%). Asimismo, en relación al carbón mineral se verificó que los contenidos de S% en el RAC son menores (0,22% vs. 0,73%), según lo indicado por Nogués, *et al.* [5] y Sami, *et al.* [30].

Los resultados del análisis de fusibilidad de las cenizas del RAC en atmósfera oxidante fueron en promedio: DT = 1085°C, con DE de 63,52 y CV% de 5,85%; ST = 1272°C, con DE de 38,54 y CV% de 3,03%; HT = 1402°C, con DE de 35,02 y CV% de 2,50%. Para el análisis de las cenizas del RAC en atmósfera reductora los resultados promedio fueron: DT = 1119°C, con DE de 106,78 y CV% de 9,54%; ST = 1350°C, con DE de 53,56 y CV% de 3,97%; HT = 1455°C, con DE de 34,45 y CV% de 2,37%. Las temperaturas de fluidización (FT) de las cenizas en ambas atmósferas ensayadas fueron mayores al límite máximo del equipos (> 1500°C) para todos casos del estudio.

En relación al bagazo, el RAC presentó en atmósfera oxidante una temperatura DT menor en 2,2% respecto a los resultados encontrados por Peralta *et al.*, [25], la temperatura ST fue mayor en 3% en el RAC, y HT fue mayor en RAC en un 5%. En atmósfera reductora, la temperatura DT fue mayor en el RAC en 3,5%, la temperatura ST también resultó mayor para el RAC en 9,2% y la HT mayor en 5%. Además, se observó que la temperatura DT para el RAC resultó mayor en atmósfera reductora que en oxidante en aproximadamente un 3,1% (1119°C vs 1085°C), mientras que en bagazo la temperatura DT fue mayor en atmósfera oxidante (2,6%), según los datos informados por Peralta *et al.*, [25]. Estos resultados nos permiten comprender a qué temperaturas comenzarían a presentarse problemas de fusibilidad de cenizas en el hogar de una caldera de vapor, si se usa RAC como combustible alternativo.

Asimismo, nos permite determinar las condiciones de regulación de la temperatura del hogar del generador de vapor, con el fin de evitar posibles conglomerados y vitrificación de las cenizas en el interior del mismo. Se puede observar que para el lote de muestras ensayadas, existen temperaturas de fusibilidad de cenizas del RAC más elevadas que las del bagazo de caña de azúcar, sobre todo para atmósferas reductoras. Esto podría deberse a componentes inorgánicos de alto punto de fusión presentes en la composición de las cenizas.

5. Referencias

- [1] FANDOS, C.; SORIA, F. J.; SCANDALIARIS, J. Y SCANDALIARIS, P. (2007). Perspectivas de producción azucarera para la zafra 2007 en la provincia de Tucumán. *Revista Avance Agroindustrial*, Tucumán, v.28, n.2, p. 13-16.
- [2] DIGONZELLI, P. Y FERNANDEZ DE ULLIVARRI, J. (2012). La cosecha en verde y manejo del RAC es el camino a transitar por la actividad azucarera. [En línea]. Disponible en: <http://www.eeaoc.org.ar/noticias/227/La-cosecha-en-verde-y-el-manejo-del-RAC-es-el-camino-a-transitar-por-la-actividad-azucarera.html> (consultada 10 Junio 2015).
- [3] TRAINA O.; HERNÁNDEZ, T.; MARTINEZ, M. Y VÁSQUEZ, A. (2014). Caracterización de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar almacenados a granel. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol.48, n.1.
- [4] CASEN, S.D; MARTO, L. A; MEDINA, M. M; ROMERO, R. E; TORRES BUGEAU, A. Y PÉREZ, D. (2012). Evaluación del desempeño de dos enfardados para la recolección del residuo agrícola de cosecha (RAC) de caña de azúcar en Tucumán. *XVII Reunión Técnica de la Sociedad Argentina de Técnicos de la Caña de Azúcar (SATCA)*.
- [5] NOGUÉS, F.S; GARCÍA GALINDO, D.Y REZEAU, A. (2010). Energías Renovables. *Energía de la Biomasa*. v 1. Prensa Universitaria de Zaragoza.
- [6] HUGOT, E. 1964. *Manual para ingenieros azucareros*. 2ª impresión en español: Editorial Continental S.A., D.F., México.
- [7] TARELHO L., MATOS M., PEREIRA F. (2005), The influence of operational parameters on SO₂ removal by limestone during fluidised bed coal combustion. *Fuel Processing Technology*, v. 86, p. 1385– 1401.
- [8] WERTHER, J. Y OGADA, T (1999). Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 25, p. 55–116.
- [9] ASTM D 5142-02. (2002). Standard Test Methods for Proximate Analysis of the Analysis Sample of Coal and Coke by Instrumental Procedures. *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [10] MISTRETTA, M. G.; ZAMORA RUEDA, G.; PERALTA, F.; GUTIÉRREZ, C.; ZALAZAR, H.; BRAVO, M. V.; FEIJÓO, E. A.; GOLATO, M. A.; PAZ, D. Y CÁRDENAS, G.J. (2014). Metodologías termogravimétricas para la determinación del contenido de cenizas en bagazo y en residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar (RAC) de Tucumán. *XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Renovables y Ambiente. VI Latin America Regional Conference. ASADES*.

- [11] ASTM D 2015-96. (1996). Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter. *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [12] ASTM D 1857-03. (2003). Standard Test Method for Fusibility of Coal and Coke Ash. *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [13] GUTIÉRREZ, C. E.; MISTRETTA, M.G.; ZAMORA RUEDA, G. DEL H.; PERALTA, F. L.; GOLATO, M. A.; CORONEL, M.; RUIZ, M.; PAZ, D. Y CÁRDENAS, G.J.. (2016). Contenido de cloro total en residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar (RAC) en Tucumán. *XX Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar (SATCA)*.
- [14] ASTM E 776-87. (1987). Standard Test Method for Forms of Chlorine in Refuse-Derived Fuel. *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [15] MISTRETTA, M. G; GUTIÉRREZ, C. E; ZAMORA RUEDA, G. DEL H.; PERALTA, F. L.; GOLATO, M. A.; PAZ, D.; RUIZ, M. Y CÁRDENAS, G.J. (2016). Contenido de azufre total en residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar (RAC) de Tucumán. *XX Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar (SATCA)*.
- [16] ASTM D 3177-02. (2002). Standard Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke. *ASTM International*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [17] ZUCCARDI, R.B. Y FADA, G.S. (1985). Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. Pub. Misc. FAZ-UNT. 86: 1-63.
- [18] BARBOZA CORTEZ, L.A; SILVA LORA, E.E. Y OLIVARES GÓMEZ, E.. (2008). *Biomasa para la Energía*. Editorial Unicamp.
- [19] FEIJÓO, E.; GOLATO M.A.; PAZ D. Y CÁRDENAS G.J. (2015). Características energéticas de los residuos agrícolas de la cosecha en verde de caña de azúcar de Tucumán. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (RIAT)*. En prensa.
- [20] KIRKBY, E.A. Y RÖMHELD, V. (2007). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*, n. 68, p. 13.
- [21] SINGH V.K.; SHUKLA, A.K.; GILL, M.S; SHARMA, S.K.; TIWARI, K.N. (2008). Improving Sugarcane Productivity through Balanced Nutrition with Potassium, Sulphur, and Magnesium. *Better Crops*, India, p. 12-14.
- [22] WOYTIUK, K. (2006). Master's Thesis- Sugar Cane Trash Processing for Heat and Power Production. *Department of applied physics and mechanical engineering*. Lulea University of technology, Lulea, Switzerland.
- [23] JENKINS B. M.; BAXTER, L.L.; MILES, T.R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel Processing Technology* , n.54, p. 17–46.
- [24] FERNÁNDEZ LLORENTE, M.J.; ESCALADA CUADRADO, R.; MURILLO LAPLAZA, J. M.; CARRASCO GARCÍA, J. E.. 2006. Combustion in bubbling fluidised bed with bed material of limestone to reduce the biomass ash agglomeration and sintering. *Fuel* 85: 2081-2092.
- [25] PERALTA, F.L.; ZAMORA RUEDA, G.; MISTRETTA, G.; ZALAZAR, H.; BRAVO, M.V.; FEIJÓO, E. A.; GOLATO, M.A.; PAZ, D. Y CÁRDENAS, G.J.. (2014).

- Determinación del punto de fusión de cenizas de bagazo y RAC de Tucumán. XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Renovables y Ambiente. VI Latin America Regional Conference. ASADES.
- [26] HASSAUANI, S.J.; VERDE LEAL, M.R.L.; CARVALHO MACEDO, I. (2005). *Biomass power generation Sugar cane bagasse and trash*. 1º Edición- Piracicaba, Brasil. Editorial PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).
- [27] SKONE, T. J. (2014). Biomass conversión to jet fuel: oxigen blown, transport reactor integrated gasifier (TRIG) and Fisher- Tropsch (F-T) Catalyst Confuguration. *Natioonal Energy Tecnology Laboratory*. Disponible en www.netl.doe.gov
- [28] JENKINS, B. M. Y EBELING, J.E. (1985). Thermochemical properties of biomass fuels. *California Agriculture*, May- June: 15–17.
- [29] CASTAGNARO, A.; GOLATO, M. A.; PAZ, D. y FEIJÓO, E. (2010). Caracterización energética de biomásas residuales de origen agroindustrial de Tucumán. *Revista Avance Agroindustrial*. n 32 (2), p. 33-37.
- [30] SAMI, M.; ANNAMALAI, K. Y WOOLDRIGE, M. (2001). Co-firing of coal and biomass fuel bled. *Progress in Energy and Combustion Science*. n27, p.171-214.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SIMULACIÓN DINÁMICA DE UN TREN DE POZAS SOLARES PARA LA CONCENTRACIÓN DE LITIO

Cristian David Yurquina, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy,
c.d.yurquina@gmail.com

Samuel Franco Domínguez, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy,
sfrancodominguez@gmail.com

Enrique Eduardo Tarifa, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy,
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, eetarifa@gmail.com.ar

Resumen— La producción de litio es de gran relevancia para el NOA debido a que en esta región se concentran las reservas argentinas de ese importante metal. El proceso que se aplica para la extracción del litio a partir de la salmuera de los salares de Salta y Jujuy tiene como cuello de botella la etapa de concentración, la cual se lleva a cabo empleando un tren de pozas solares. Debido a la necesidad de capturar la mayor cantidad posible de radiación solar, las dimensiones de esta etapa de concentración son significativamente grandes, lo cual provoca que el sistema presente una dinámica extremadamente lenta. Esta característica afecta a toda la operación de la planta, pero es más notable en la puesta en marcha. Por este motivo, en este trabajo se desarrolla un modelo dinámico de simulación para un tren de pozas de concentración. Este modelo es luego utilizado para analizar la puesta en marcha de una planta real y los efectos que tiene el clima en el funcionamiento de la misma.

Palabras clave— *Simulación dinámica, concentración de litio, pozas solares, puesta en marcha.*

1. Introducción

El litio es un elemento relativamente raro; aunque naturalmente se encuentra en muchas rocas y salmueras, siempre está presente en bajas concentraciones. Por este motivo, sólo algunos de los depósitos minerales y salmueras de litio existentes tienen actualmente o potencialmente valor comercial. Además de la concentración de litio en las reservas, la factibilidad de la explotación está determinada por otros factores: tamaño del depósito, localización, disponibilidad de servicios, proceso de concentración requerido [1].

La baja concentración del litio en las salmueras y el alto costo de los combustibles fósiles motivaron el estudio de procesos de concentración que utilizan fuentes de energía alternativas, destacándose los procesos que aprovechan la energía solar. En la zona denominada el triángulo del litio (región entre Bolivia, Chile y Argentina que posee el 85 % de las reservas mundiales de litio), el nivel de radiación solar hace técnicamente viable el aprovechamiento de este tipo de energía.

Por lo anteriormente expuesto, el proceso de concentración de salmuera más difundido es la evaporación empleando pozas solares, también conocidas como piletas evaporíticas o de concentración. Numerosas industrias actualmente están desarrollando ensayos y proyectos que requieren pozas solares en la secuencia de procesamiento de minerales. Muchos de estos proyectos son de gran envergadura y demandan inversiones multimillonarias. Entre ellas, actualmente se encuentran las investigaciones que se realizan en Egipto en el lago Qarun, los estudios de la cuenca de Tsaidam en China, la explotación del Mar Muerto por parte de Jordania e Israel y el aprovechamiento de la radiación solar del Salar de Atacama en Chile [2].

Una poza solar es una pileta de grandes proporciones, en donde se puede recolectar energía térmica a gran escala o extraer minerales a partir de la concentración de salmueras y precipitación de sales. Las pozas solares operadas como colectoras de energía térmica son utilizadas en varias aplicaciones como la desalinización, la refrigeración, el secado y la generación de energía solar. Por otro lado, las pozas construidas para precipitación de sales y concentración de salmuera se utilizan ampliamente en la industria del litio y sales de potasio.

Si bien la evaporación solar es una operación simple y relativamente barata, tiene una serie de requerimientos y exigencias. Puesto que la evaporación del agua contenida en la salmuera se produce con la energía obtenida de la radiación solar, las áreas de las pozas son extensas, por lo cual el terreno debe ser plano y de bajo costo. La zona donde se construyen las pozas también debe tener buenas condiciones de evaporación, que a su vez suele ser el caso de la mayoría de los salares pero no de todas las salmueras [3].

Por las dimensiones requeridas para las pozas, el costo de construcción tiene un gran impacto en la inversión total de una planta de litio. Por otra parte, la baja concentración del litio obliga a operar con grandes caudales de salmuera, lo que tiene un significativo impacto en el costo de operación. Por todos lo expuesto, la dinámica de las pozas, y por lo tanto del sector de concentración de salmuera, es extremadamente lenta; lo cual repercute en toda la operación de la planta, pero mucho más aún en la puesta en marcha de la misma.

Por lo expuesto, en el presente trabajo se desarrolla un modelo dinámico de un tren de piletas en serie que utiliza salmuera como materia prima para precipitar diferentes sales y obtener como producto final una salmuera enriquecida en litio. Este modelo es luego utilizado para analizar la puesta en marcha del sector de concentración de salmuera de una planta real, como así también para estudiar los efectos del clima sobre la operación del sistema.

2. Descripción del Proceso

La composición de las salmueras de las cuales se recupera el litio varía considerablemente desde bajos contenidos de litio como el 0.02 % hasta algunas que tienen contenidos cercanos a 0.4 %, con presencia de otros elementos como potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos, lo cual requiere que cada salmuera sea tratada en forma particular de acuerdo a su composición. Existen varios métodos de extracción utilizando salmueras, dependiendo de la cantidad de los restantes elementos presentes en el depósito explotado [4].

Uno de los métodos más difundidos para la extracción de litio –y el que se analizará en este trabajo– es la evaporación de salmueras de salares empleando energía solar, lo cual reduce significativamente el costo de operación; sin embargo, la dinámica lenta del sistema eleva el tiempo de procesamiento a valores entre 12 y 24 meses.

Las salmueras, si bien son líquidas, no contienen agua libre, ya que están saturadas y sólo tienen agua de hidratación de las distintas especies que forman hidratos. El agua libre es sólo

una fracción muy pequeña del total de la salmuera; sin embargo, las salmueras son fluidas, transparentes y de viscosidad relativamente baja.

La primera etapa de concentración de salmueras consiste en la extracción de la salmuera ubicada bajo la costra salina y en el bombeo a piletas en donde, por la acción principal de la radiación solar, precipitan diferentes sales en una determinada secuencia. En el caso de los salares que presentan una relación alta de Mg/Li, se procede a remover el magnesio de la salmuera antes de pasar a las piletas de evaporación [5].

La Figura 1 presenta un esquema de una poza genérica de concentración de salmuera. Las pozas de concentración se construyen en los mismos salares de donde se bombea la salmuera a tratar. Esto se hace para aprovechar las condiciones meteorológicas –obteniendo así una razón de evaporación alta–, disminuir costos de transporte de la materia prima y aprovechar las condiciones del terreno.

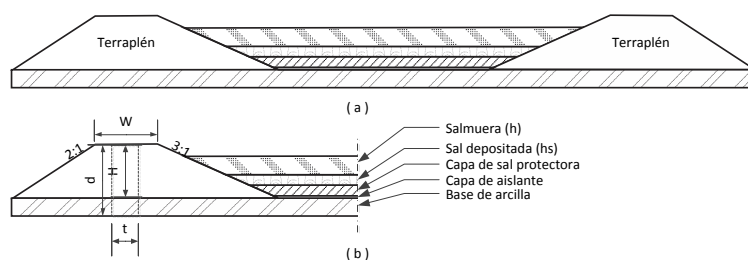


Figura 1. Esquema general de una poza genérica para la concentración de salmuera.
Elaboración propia.

Cuando la salmuera llega a las piletas de evaporación, se concentra y la primera sal que precipita es la halita (NaCl) o una mezcla de halita y sulfato de calcio hidratado si hubiese sulfatos presentes. La sal cosechada se almacena o se utiliza para reforzar las paredes de los estanques. La precipitación continúa en otra piletta con la silvinita (KClNaCl) y luego con la silvita (KCl). Esta última es un producto de uso industrial (fertilizante); por este motivo, cerca del término de la precipitación de la silvinita, se transfiere la salmuera a otra piletta y se recupera la sal precipitada de KCl más silvinita para luego obtener KCl por flotación diferencial. En paralelo, se continúa con la evaporación de la salmuera para cristalizar seguidamente la carnalita –cloruro doble de potasio y magnesio ($\text{KClMgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)– y luego la bishoffita ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), cloruro de magnesio hidratado, entre otras sales de magnesio.

En esta última etapa, el litio alcanza concentraciones cercanas al 4.5 %, con un contenido de magnesio cercano a 4 %. Debido a que para la posterior purificación química de la salmuera se requiere tener entre 5.5 % a 6 % de litio, se prosigue con la evaporación de la salmuera, comenzando la precipitación del cloruro doble de Li-Mg, llamado carnalita de litio ($\text{LiClMgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), lo cual disminuye el rendimiento de la operación. Sin embargo, es posible lixiviar la carnalita de litio con salmuera fresca para recuperar parte del litio contenido (proceso que lleva a cabo la empresa SQM en el Salar de Atacama).

En este punto del proceso, la salmuera concentrada en litio contiene entre 5.5 % a 6.0 % de litio, equivalente a 35-40 % de LiCl , y se purifica en una o dos etapas para eliminar el resto de otros elementos, esencialmente el magnesio y el calcio remanentes. Esta salmuera purificada es la que finalmente se trata en la planta de carbonato para obtener Li_2CO_3 , alcanzando una pureza del 99.5 % o superior que se conoce como grado batería.

El tiempo que demanda el proceso descrito (concentración de la salmuera, precipitación de distintas sales en cada piletta) y las condiciones de operación depende fundamentalmente de

factores climatológicos. Es éste uno de los motivos para desarrollar un simulador en cual se puedan experimentar con distintos escenarios posibles de producción.

3. Modelado Dinámico de Pozas

Para el desarrollo del modelo matemático de un tren de pozas de evaporación se debe inicialmente identificar el proceso y sus variables. La manera más efectiva de comunicar información acerca de un proceso es a través de un diagrama de flujo [6]; para ello, se parte de un diagrama de entrada-salida preliminar. La Figura 2 presenta un diagrama de este tipo para una poza genérica que forma parte del sector de concentración de salmuera.

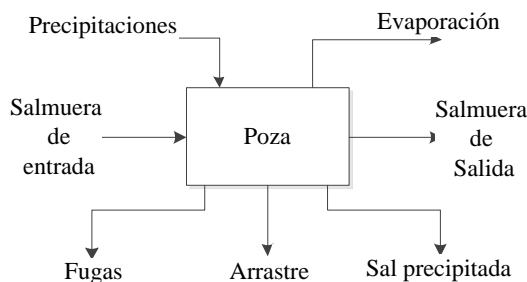


Figura 2. Diagrama de entrada-salida de una poza genérica.
Elaboración propia.

A partir del diagrama entrada-salida, se pueden analizar los flujos que intervienen en el proceso. Posteriormente, se emplea esta información en la formulación del balance de materia, con el cual se construye luego el Diagrama de Bloques de Proceso (BFD, *block flow diagram*). En una etapa avanzada del estudio del proceso, que no será analizada en este trabajo, se pueden determinar especificaciones técnicas de equipos y desarrollar un Diagrama de Flujo de Procesos (PFD, *process flow diagram*) que, asociado a información de instrumentos y mecánica, es la base para un Diagrama de Instrumentación y Tubería (PID, *pipe and instrumentation diagram*) [6].

3.1 Criterio de Volumen de Control

Existen tres leyes de la física que, excepto en los fenómenos relativistas y nucleares, se aplican a cada flujo independientemente de la naturaleza del fluido que se considera. Estas leyes son: la ley de conservación de la masa (ecuación de continuidad), la segunda ley de Newton del movimiento (teorema del momentum) y la primera ley de la termodinámica (conservación de la energía).

Estas tres leyes básicas mencionadas se enuncian en términos de un sistema. Un sistema se define como un conjunto de materia idéntica. De esta manera, las leyes básicas caracterizan la interacción de un sistema con sus alrededores. La selección del sistema para la aplicación de estas leyes es bastante flexible y es, en muchos casos, un problema complejo debido a la extremada movilidad de un fluido.

Un método más conveniente para el análisis de un proceso como el de las pozas solares sería considerar una región del espacio a través de la cual fluye un fluido. Esta región se conoce como volumen de control [7] y es un elemento muy importante para el estudio de la mecánica de los fluidos.

Una pileta de concentración de salmuera alberga en su interior dos fases, una fase líquida de salmuera y una fase sólida compuesta por la sal precipitada. Considerando estas dos fases, para el análisis del presente trabajo, se adopta como volumen de control principal la región

del espacio que comprende únicamente a la fase líquida. Este enfoque permite analizar y desarrollar los balances de materia considerando al proceso como un proceso continuo.

Un enfoque diferente consiste en analizar ambas fases individualmente pero interconectadas, adoptando un volumen de control para cada fase como se muestra en la Figura 3.

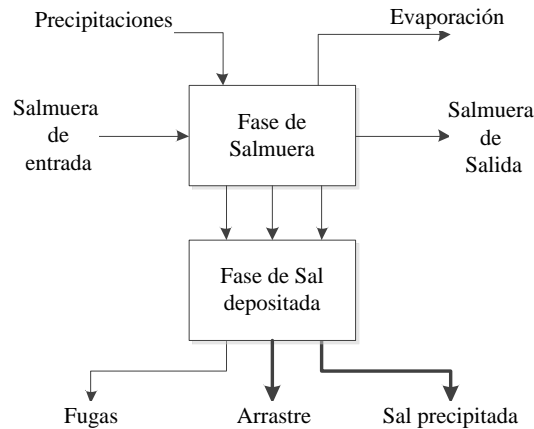


Figura 3. Diagrama de entrada-salida para ambas fases de una pileta de concentración.
Elaboración propia.

En la Figura 3 se observan los flujos continuos con línea fina; en cambio, los flujos discontinuos se representan con trazo grueso. El arrastre y sal precipitada son magnitudes que se obtienen en forma discontinua, cada ciertos periodos o anualmente, y se expresan generalmente en kt/a (kilo toneladas por año). Este último enfoque permite estudiar una pileta de concentración de salmuera como un proceso semicontinuo (continuo para la fase líquida y discontinuo para la fase sólida).

Debido a que el proceso de concentración de salmuera es muy lento, la acumulación de sal depositada demora meses en alcanzar un inventario lo suficientemente importante como para detener la operación de la pileta y obligar a retirar la sal precipitada en el interior de la misma (proceso conocido como cosecha). El stock de sal depositada se puede considerar como un grado de libertad a la hora de diseñar un sistema de piletas de concentración de salmuera. Es así que las piletas se diseñan con una profundidad que comprende un nivel determinado de stock de sal depositada además del nivel normal de operación de salmuera.

Para la generación de un modelo matemático que represente la operación normal de una pileta es suficiente el primer enfoque representado en la Figura 2. Por ese motivo, es el enfoque que se adoptó en el presente trabajo.

3.2 Descripción de Flujos

Para una mejor interpretación, los flujos presentes en la Figura 3 se describen a continuación:

Salmuera de entrada: Es la cantidad de salmuera que ingresa a la pileta, generalmente expresadas en toneladas o kt/a (kilo toneladas por año).

Precipitaciones: Es la cantidad de agua de lluvia que ingresa a la pileta, se expresa en mm/día.

Evaporación: Es la cantidad de agua evaporada en la pileta, es una función de la razón de evaporación, que se expresa en mm/día.

Sal depositada: Es la cantidad de sal que cristaliza por efecto de la saturación de los iones presentes en la salmuera, también expresada kt/a.

Arrastre: Representa la salmuera entrampada dentro de los espacios vacíos generados por la sal depositada. La cantidad de salmuera entrampada es una función de la cantidad y tipo de sal depositada. El arrastre se representa como un porcentaje en masa de la sal depositada.

Fugas: Son cantidades relativamente pequeñas de salmuera que se pierde a través de filtraciones en la membrana protectora y el terreno, por lo tanto es una función del área. El factor de fugas es descripto usualmente en mm/día.

Salmuera de salida: Es el flujo que abandona la pileta a una concentración establecida para ingresar en la siguiente pileta.

3.3 Hipótesis del Modelo

Para el desarrollo del modelo de cada pileta de concentración, se adopta como volumen de control una región del espacio que comprende a la fase líquida. El proceso es continuo en un tiempo de operación normal de un año.

Comparada con la lenta dinámica del proceso, el equilibrio de los iones presentes en las fases está en un estado pseudo-estacionario. En otras palabras, se puede considerar que la precipitación de sales es tan rápida, que la fase líquida está en equilibrio en todo momento durante la operación normal.

Las pozas solares tienen un comportamiento similar al de un reactor tanque agitado continuo o CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) [8]. De esta manera, se puede aplicar en ellas las hipótesis de mezclado perfecto; esto es, se considera que el contenido del reactor está tan bien mezclado que las propiedades de la fase líquida no varían de un punto a otro. Como resultado de ello, el CSTR se modela sin variaciones espaciales en la concentración, temperatura o velocidad de reacción. En consecuencia, las propiedades de la corriente de salida de una poza son exactamente iguales a las propiedades en cualquier punto en su interior.

Un sistema de piletas es más eficiente si las piletas se subdividen. Esto se conoce como teoría de pozas secuenciales [9]. Se observa que al subdividir las piletas, el incremento de concentración por pileta es menor, lo que resulta en una mayor razón de evaporación y por lo tanto incrementa la productividad en dicha pileta. Esta subdivisión, que en principio puede parecer favorable para el diseño de las pozas solares, se debe analizar en profundidad para cada caso mediante estudios de factibilidad económica y técnica. Esto se debe a que si bien se mejora la razón de evaporación, al subdividir las piletas aumenta el costo de inversión y operación. Además el área disponible se encuentra limitado por restricciones del terreno y factores meteorológicos de la región. La teoría de pozas secuenciales determina que el óptimo se encuentra al dividir una pileta en un sistema de tres piletas en serie, este sistema es relativamente económico y mantiene una elevada tasa de evaporación [9].

3.4 Balance de Materia

Teniendo en cuenta las hipótesis y los flujos presentes en el diagrama extendido de entrada-salida (Figura 4), se pueden realizar los balances de materia correspondientes para una pileta genérica i del tren de piletas.

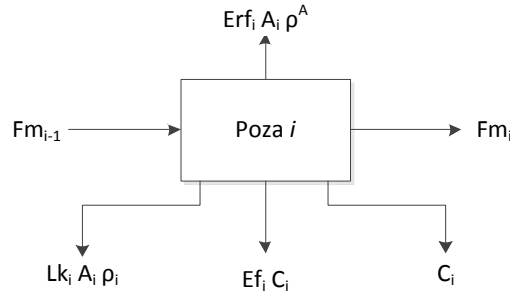


Figura 4. Diagrama extendido de entrada-salida de una poza genérica.
Elaboración propia.

Balance de masa:

$$\frac{d(V_i \rho_i)}{dt} = Fm_{i-1} - Erf_i A_i \rho^A - Fm_i - Ef_i C_i - C_i - Lk_i A_i \rho_i \quad (1)$$

Balance de componentes que no precipitan:

$$\frac{d(V_i \rho_i x m_i^k)}{dt} = Fm_{i-1} x m_{i-1}^k - Fm_i x m_i^k - Ef_i C_i x m_i^k - Lk_i A_i \rho_i x m_i^k \quad (2)$$

Balance de componentes que precipitan:

$$\frac{d(V_i \rho_i x m_i^k)}{dt} = Fm_{i-1} x m_{i-1}^k - Fm_i x m_i^k - Ef_i C_i x m_i^k - \sum_{s \in S_k} \frac{\nu_s^k M^k}{M^s} C_i^s - Lk_i A_i \rho_i x m_i^k \quad (3)$$

Teniendo en cuenta que:

$$Erf_i = Fe Er_i - Pr \quad (4)$$

$$C_i = \sum_{s=1}^{s=S} C_i^s \quad (5)$$

donde:

Fm_i : Flujo másico de salmuera en el nivel i .

$x m_i^k$: Fracción másica del componente k en el nivel i .

ν_s^k : Coeficiente estequiométrico del componente k en la sal s .

M^k : Masa molar del componente k .

M^s : Masa molar del cristal s .

C_i : Flujo másico de sal precipitada total en la pileta i .

C_i^s : Flujo másico de sal precipitada s en la pileta i .

Lk_i : Factor de pérdida de salmuera (fugas) en la pileta i .

Ef_i : Factor de entrapamiento final de la pileta i .

ρ_i : Densidad de salmuera en la pileta i .

ρ^A : Densidad del agua.

A_i : Área de poza de la pileta i .

Erf_i : Tasa de evaporación efectiva (incluye las precipitaciones) de la pileta i .

3.5 Tasa de Evaporación

Como ya se mencionó anteriormente, la tasa de evaporación Er_i es un factor crítico del cual depende la productividad de una poza solar con determinada área. A partir del valor que se obtenga de Er_i se pueden determinar las dimensiones de las pozas solares, la concentración final de salmuera, las corrientes del proceso y las condiciones de operación. Esta información permite posteriormente determinar la inversión necesaria para las pozas solares, factor determinante a la hora de analizar la factibilidad económica de la planta.

La tasa Er_i es función de las propiedades de la salmuera y de las condiciones meteorológicas de la región (la intensidad de radiación solar, la humedad, la velocidad del viento y la temperatura). También se debe tener en cuenta, principalmente, el efecto del ascenso ebulloscópico [10] generado por el aumento de concentración de los iones disueltos a medida que se avanza la salmuera en el tren de piletas.

Como son varios los factores de los cuales depende la tasa de evaporación, por lo general, se utilizan correlaciones obtenidas *in-situ* para determinar los valores de Er_i en función de la concentración de litio en la salmuera y de la temperatura, dependiendo de las variaciones de temperatura durante el año o tomando un valor promedio por estación:

$$Er_i = f(xm_i^{Li}, T) \quad (6)$$

Como los salares pertenecientes a la provincia de Jujuy no sufren grandes variaciones de temperatura durante el año, se suelen determinar correlaciones lineales de la tasa de evaporación, en función de la concentración de litio, por estación e incluso por año, las cuales tienen la siguiente forma:

$$Er_i = -\alpha xm_i^{Li} + \beta \quad (7)$$

O bien, si se considera la ecuación (4), se pueden incluir las precipitaciones y obtener:

$$Erf_i = (-\alpha xm_i^{Li} + \beta) F_e - Pr \quad (8)$$

donde:

xm_i^{Li} : Fracción en masa de Li presente en la salmuera de nivel i .

Pr : Tasa de precipitaciones en mm/día o mm/año.

Erf : Correlación de tasa de evaporación efectiva anual de la poza i en mm/día.

F_e : Factor de evaporación. Este factor se utiliza como parámetro de calibración durante el proceso de ajuste del modelo. El rango en el que puede variar es de 0.68-0.8 [11]. Para el modelo desarrollado en este trabajo se considera un valor de 0.75.

α y β : son parámetros de la correlación obtenidas para una determinada estación del año. La incidencia de las condiciones meteorológicas de la región se encuentran reflejadas en estas constantes, y sus valores no varían considerablemente durante el año.

4. Dinámica del Proceso de Concentración

El proceso de concentración de salmuera tiene una dinámica muy lenta, por esta razón su diseño se realiza en estado estacionario sin tener grandes desviaciones respecto del comportamiento real del proceso.

Sin embargo, es útil estudiar la dinámica del proceso de concentración para determinar los tiempos de respuesta de las etapas presentes en la operación. Estos tiempos de las etapas son importantes para definir la filosofía de control del proceso.

4.1 Etapas de una Poza de Concentración

Para analizar la dinámica del proceso de concentración, es necesario primero conocer las distintas etapas que existen en la operación de una pileta. A continuación, se describen dichas etapas.

Carga. Al iniciar la operación, la primera poza se carga con una mezcla de salmueras provenientes de los pozos de bombeo ubicados en el salar, generalmente no muy distantes de las piletas de concentración. Las pozas posteriores se cargan con salmuera proveniente de la poza anterior a su correspondiente concentración objetivo.

La salmuera que ingresa en una poza solar se concentra por efectos de la evaporación, y esto aumenta la concentración del ion Li. En la puesta en marcha de una poza, el tiempo que demora en alcanzar el estado estacionario depende de la razón de evaporación efectiva y del inventario de salmuera de operación. Es por ello que la filosofía de operación a seleccionar es fuertemente influyente en el tiempo de esta etapa. Una vez que la concentración alcanza el valor objetivo de la poza, se habilita la corriente de salida, y el proceso tiende a alcanzar el estado estacionario.

Operación. En esta etapa ingresa salmuera de una poza anterior y egresa salmuera con mayor concentración a una poza posterior de forma continua. Esta etapa constituye gran parte del tiempo total de operación de la pileta de concentración. Durante la operación continua, se transfieren sales precipitadas a la fase de sólidos a una razón lenta pero constante.

Descarga. Al alcanzar el inventario de sal depositada para el cual fue diseñada la poza, se cancela la alimentación de la poza, manteniendo el flujo de salida para poder descargar la salmuera libre mediante bombas o canales gravitatorios.

Ecurrido. Una vez descargada la poza, el cuerpo de sal aún contiene salmuera atrapada en su interior. Por ello, se generan canales en el cuerpo de sal para recuperar la mayor cantidad posible de esta salmuera.

Lavado. El lavado es una etapa alternativa que generalmente se aplica a las últimas pozas o de mayor concentración. Esto permite recuperar aún más salmuera atrapada que no se haya podido recuperar mediante el escurrido. El lavado se realiza con salmuera de menor concentración. En las plantas diseñadas para bajos niveles de sal depositada, el tiempo de lavado aumenta mucho los tiempos de parada y la salmuera recuperada es poca, por lo cual no se recomienda aplicar lavado en este tipo de plantas. Luego del lavado, se aplica otra etapa de escurrido.

Cosecha. Las sales depositadas se retiran mediante maquinaria (Figura 5). En el salar de Atacama, una poza promedio produce 35000 toneladas de sales precipitadas por cosecha, para ello utilizan un caterpillar, de control automático para pavimento, modificado para cortar la sal respetando el nivel inferior de 30 cm correspondiente a la capa de sal protectora de la membrana. Además, se emplean dos bulldozers y siete cargadores frontales de 3 m³ [12].



Figura 5. Cosecha de sal en pozas solares correspondientes al Salar de Atacama.
Cortesía de SQM S.A.

La sal cosechada se envía a grandes pilas de almacenamiento (Figura 6) o se utilizan para reforzar paredes laterales de estanques entre otras operaciones de mantenimiento. Las sales de potasio se envían a la planta de procesamiento, mediante flotación, para producir sales KCl de alta pureza como subproducto (Figura 7).

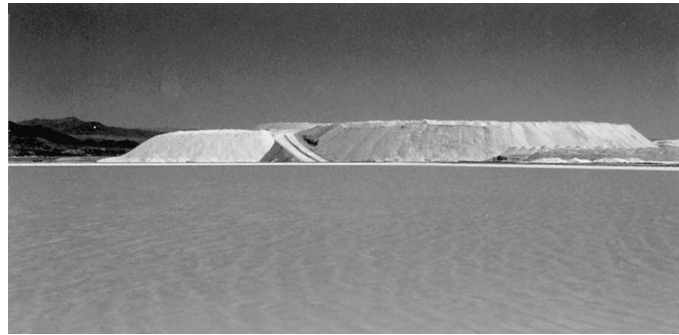


Figura 6. Disposición de sal (halita) de pozas solares correspondientes al Salar de Atacama.
Cortesía de SQM S.A.

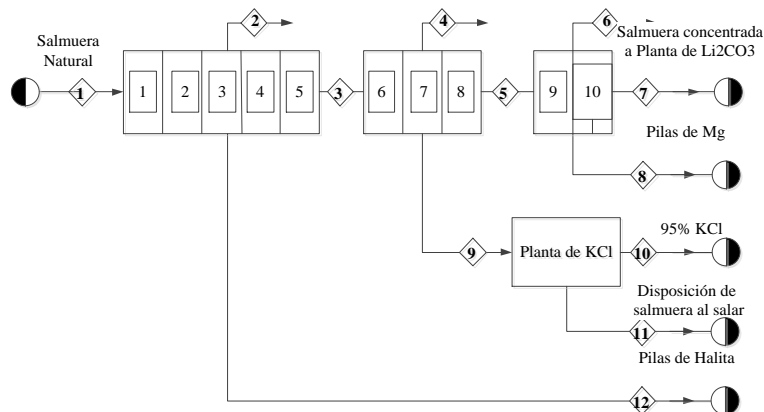


Figura 7. BFD general del proceso empleado por SQM en el Salar de Atacama.
Elaboración propia.

Mantenimiento. Finalmente, se realizan tareas de mantenimiento en las pozas. Durante esta etapa, se intenta identificar rupturas de la membrana que se hayan ocasionado durante la operación, estas zonas presentan una variación del color de la capa de sal correspondiente a las filtraciones ocasionadas.

4.2 Flujos presentes por etapa

Determinadas las etapas de operación de una pileta, se deben analizar los flujos de materia presentes en cada etapa. La Figura 8 detalla los flujos que deben ser determinados para cada etapa. Conocidos estos flujos, cada pileta puede modelarse a partir las ecuaciones generales (1) a (5) realizando las consideraciones necesarias para cada etapa de la operación.

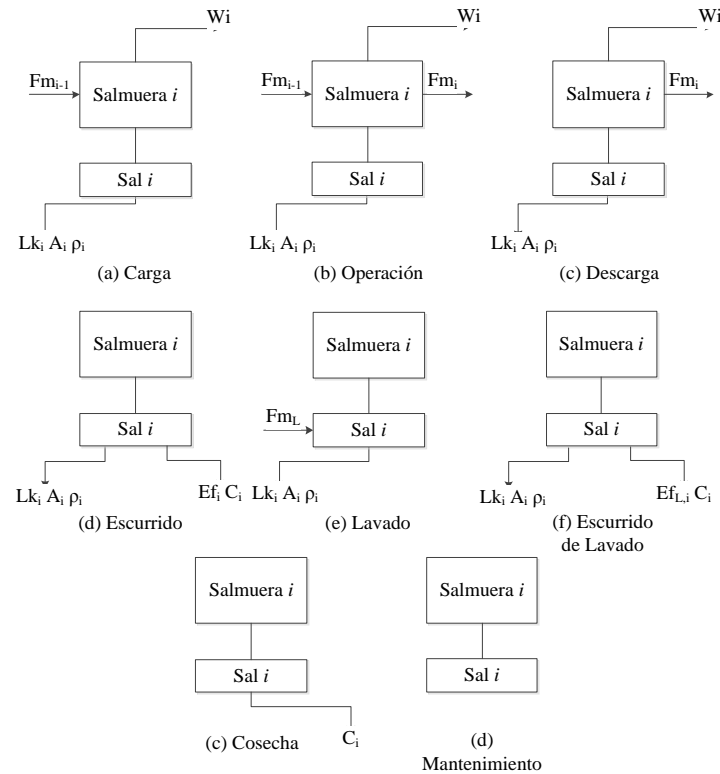


Figura 8. Flujos presentes en las diferentes etapas de una poza genérica.
Elaboración propia.

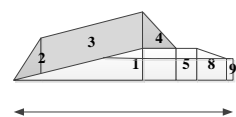
4.3 Tiempo de Operación

El tiempo de operación constituye la sumatoria de todos los tiempos de las etapas presentes en la operación de una poza solar. En la Figura 9, se muestra la evolución de los inventarios y la distribución de los tiempos de cada etapa, teniendo en cuenta el orden presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Orden de etapas de una poza genérica.

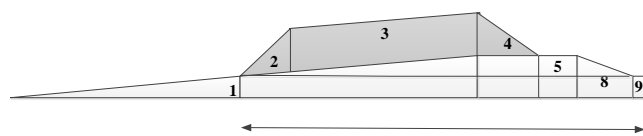
N° de etapa	Descripción de la etapa
1	Generación de capa de sal protectora
2	Carga para operación continua
3	Operación continua
4	Descarga de salmuera libre
5	Escurrido de salmuera entrampada
6	Lavado de sales
7	Escurrido de aguas de lavado
8	Cosecha de sales
9	Mantenimiento

Elaboración propia.



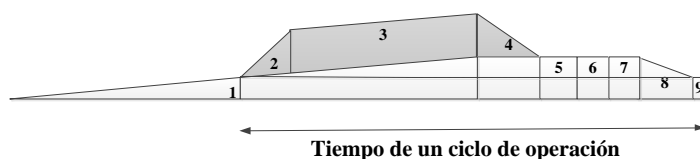
Tiempo del Primer ciclo

(a) Generación de la Capa Protectora



Tiempo de un ciclo de operación

(b) Diagrama de estados de pozas de Halita y Potasio.



Tiempo de un ciclo de operación

(c) Diagrama de estados de pozas de Magnesio.

Figura 9. Evolución del nivel de pozas de halita, potasio y magnesio.

Elaboración propia.

5. Implementación del Modelo

El modelo matemático anteriormente descrito se implementó empleando el programa de planilla de cálculo Microsoft Excel y el programa para sistemas dinámicos Berkeley Madonna. Para realizar los cálculos pertinentes, se contó con parámetros informados por reportes técnicos de empresas ubicadas en los salares del Norte Argentino, Chile y Bolivia.

Previamente al análisis de los términos de acumulación de los balances, el modelo se utilizó para verificar los parámetros de las pozas, como ser el área de las mismas, siguiendo una filosofía de diseño, y comparando los resultados obtenidos con valores reportados por las empresas contactadas. Para la simulación realizada en este trabajo, se tomó como caso de estudio una planta que opera en el Salar del Rincón (Salta).

5.1 Caso de estudio: Simulación dinámica de las etapas en un ciclo de operación

En la Figura 10 se puede observar los resultados de la simulación dinámica de una poza de concentración, para valores de parámetros correspondientes al caso de estudio. En la misma, se observa que el tiempo de un ciclo de operación es de aproximadamente de 500 días para un inventario de operación de 30 cm.

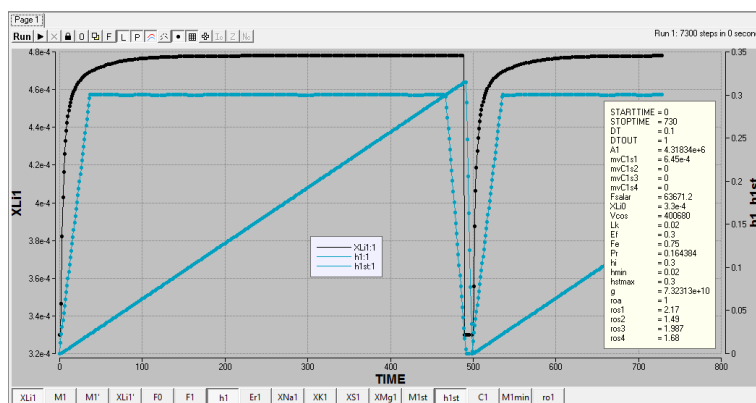


Figura 10. Evolución de la concentración de Li (XLi1), nivel de salmuera (h1) y nivel de sal depositada (h1st) en una pileta.

Elaboración propia.

Por otra parte, la simulación de la puesta en marcha de un tren completo de 10 piletas, considerando desde que se inicia la carga de la primera pileta hasta que se alcanza la concentración deseada en la última pileta, es de 410 días. Este resultado es coincidente con reportes técnicos y entrevistas a expertos [13] [14].

Como ya se mencionó anteriormente, el tiempo de puesta en marcha va a depender el inventario de operación de salmuera y de la concentración objetivo que debe alcanzar la poza. Un inventario de salmuera grande (50 ó 70 cm) permite atenuar el efecto de las perturbaciones pero aumenta el tiempo de la puesta en marcha. Un inventario de salmuera bajo (por ejemplo, 15 cm) si bien tiene un tiempo de puesta en marcha menor, puede verse afectados por perturbaciones, principalmente de eventos climatológicos puntuales que difieran de los valores estimados en el cálculo como pueden ser precipitaciones fuertes o prolongadas.

6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se ha descripto el proceso de obtención de litio con métodos evaporíticos empleado pozas solares. Se presentó además el modelo dinámico de una poza solar genérica para la evaporación de salmuera, el cual fue luego extendido a un conjunto de pozas en cascada. Este modelo puede ser utilizado para evaluar otros sistemas de pozas de concentración de salmuera, diseñar sistemas de piletas en serie para una determinada producción y optimizar un sistema ya establecido, entre otras aplicaciones.

Se debe prestar especial atención a la determinación de la razón de evaporación, ya que ésta afecta fuertemente la evolución de los flujos entre piletas y a las dimensiones de las mismas. En efecto, a medida que la salmuera avanza en el tren de piletas, la precipitación de sales se

ve afectada directamente por la disminución de la razón de evaporación. Esto hace que cada vez se requiera áreas, por unidad de flujo, más grandes.

Finalmente, el modelo desarrollado fue utilizado para realizar simulaciones dinámicas tomando como caso de estudio una planta que opera en el Salar del Rincón (Salta). Los resultados obtenidos coinciden con los registros históricos de la planta, lo cual valida el modelo desarrollado y permite emprender una segunda etapa de la investigación que consiste en analizar los efectos de perturbaciones que ocurran durante la operación del proceso.

7. Referencias

- [1] D. E. Garrett, *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride: Their Deposits, Processing, Uses and Properties.*, San Diego: Elsevier Academic Press, 1998.
- [2] D. S. Butts, «Basic Solar Pond Modeling and Material Balance Techniques,» Denver, Colorado, SME-Fall Meeting., 1984, pp. 135-141.
- [3] D. E. Garrett, «Brine Processing: Solar Ponds,» de *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride*, San Diego, Elsevier Academic Press, 1998, pp. 100-135.
- [4] G. Isaac, «Atacama, el desierto te espera. Diario Clarín,» 2013. [En línea]. Available: http://www.clarin.com/viajes/desierto-espera_0_905309468.html.
- [5] L. Barbosa, G. Valente, M. d. C. Ruiz y J. Gonzáles, «Estudio Preliminar de la extracción de Litio de espodumeno mediante cloración,» Salta, Argentina, 2010.
- [6] R. Turton, R. C. Baile, W. B. Whiting y J. A. Shaeiwitz, *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. 2nd edition, New Jersey: Prentice Hall PTR, 2003.
- [7] J. R. Welty, C. E. Wicks y R. E. Wilson, *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*. 2da edn., Mexico, D.F.: LIMUSA. S.A., 2001.
- [8] S. C. Chapra y K. H. Reckhow, *Engineering Approaches for Lake Management: Mechanistic Modeling*. Vol. 1, Boston: Buttrworth Publishers, 1984.
- [9] D. S. Butts, *Theory of Sequential Pond Systems*, Denver, Colorado: SME-AIME Fall Meeting, 1984.
- [10] E. J. Bottani, H. S. Odetti, O. H. Pliego y E. R. Villareal, «Química General, 2a ed.,» Santa Fe, Argentina, Ediciones UNL, 2006, pp. 279-282.
- [11] GSL Solar Consultants, «An Evaluation of the Solar Pond Carnallite Production Capacity at the Arab Potash Company. Technical Report,» Arab Potash Company, 1984.
- [12] D. E. Garrett, *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride*, San Diego: ELSEVIER Academic Press, 2004.
- [13] M. Bravo Vaes, Interviewee, *Consultor en Soluciones Operacionales e Ingeniería de Procesos de Obtención de Carbonato de Litio a Partir de Salares*. [Entrevista]. 22 Abril 2015.
- [14] D. Humana, Interviewee, *Enginnering Manager. ADY. Salar del Rincón*. [Entrevista]. 2014-2015.
- [15] J. Fowler y P. Pavlovic, «Evaluation of the Potencial of Salar del Rincon Brine Deposit

- as a Source of Lithium, Potash, Boron and Other Mineral Resources. Final Report.,» Admiralty Resources NL, Argentina, 2004.
- [16] F. Ide, L. Vergara y P. Pavlovic, «Solar Pond Design for the Production of Potassium Salts from the Salar de Atacama Brines,» de *Sixth International Symposium on Salt. Vol. II*, Santiago, Chile, 1983.
- [17] O. Kirk, «Chemicals from Brine,» de *Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 5*, pp. 784-803.
- [18] C. D. Yurquina, «Piletas de Concentración de Salmuera Rica en Litio,» Informe Final Beca CIN 2014, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina, 2015.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

Saavedra Raúl M., ICQ-FAYA-UNSE, raul_saav@hotmail.com

García Hernán, ICQ-FAYA-UNSE, epigarcia10@hotmail.com

Juárez Pía, ICQ-FAYA-UNSE, piachu_08@hotmail.com

Jorge de Cuba Emilse, ICQ-FAYA-UNSE, emilsecuba@hotmail.com

Sanchez de Pinto M. Inés, ICQ-FAYA-UNSE, inesdep@unse.edu.ar

Baigori Mario D., PROIMI-UNT, baigori@proimi.org.ar

Resumen

El objetivo fue investigar el comportamiento ciudadano respecto al destino final de los aceites usados (AU) en locales gastronómicos (LG), caracterizar fisicoquímicamente de los AU recolectados evaluando su posible utilización como materia prima para la producción de biodiesel mediante transesterificación alcalina y determinar las condiciones óptimas a nivel laboratorio para lograr el máximo rendimiento. Para conocer el destino final de los AU se aplicó una encuesta diagnóstico en 20 LG y se recolectó muestras de AU, a las que se les cuantificó su contenido de humedad e índice de acidez. Con dos AU recolectados (AULG1 y AULG2) mediante transesterificación alcalina se obtuvo biodiesel (BioAULG1 y BioAULG2), se determinaron los parámetros de calidad y se analizaron las características de las aguas de lavado. De las encuestas se determinó que el 5% de los LG vierte el AU por la pileta, 50% lo guarda para reutilizarlo y 45% le da otro destino final. La humedad de los AU varió entre 0.018 y 2.95% y la acidez entre 0.27 y 7.41%. Los biodiesel obtenidos (BiAULG1 y BiAULG2) presentaron valores de acidez, humedad, densidad, viscosidad cinemática y punto de inflamación que en su mayoría, se encuentran dentro de los límites recomendados por normativa vigente para su utilización como biocombustibles. Las aguas del primer lavado resultaron ricas en fósforo y potasio, por lo que podrían ser valorizadas agronómicamente.

Palabras clave

Aceite usado en locales gastronómicos, transesterificación, biodiesel.

1. Introducción

Las limitaciones de las reservas de combustibles fósiles existentes y el consumo creciente debido a la alta participación del sector transporte en el consumo total de energía primaria y el consecuente impacto ambiental negativo que producen sus emisiones, se han convertido en las fuerzas jalonadoras que están impulsando la investigación mundial hacia los biocarburantes (biocombustibles líquidos de origen renovable, procedentes de diferentes tipos de biomasa aplicados a la automoción). El biodiesel y bioetanol son biocombustibles procedentes de biomasa [1].

American Society for Testing and Materials (ASTM) define al “biodiesel” como un éster alquílico de ácidos grasos de cadena larga, obtenido por la transesterificación de recursos renovables tales como, de aceites vegetales o grasas animales. “Bio” significa de fuentes biológicas y renovables, en contraste con el gasoil obtenido del petróleo; “diesel” se refiere a su utilización en motores diesel.

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

Los triglicéridos de los aceites vegetales o grasa animales están formados por diferentes ácidos grasos de cadena larga esterificando la glicerina, que al reaccionar con el alcohol (metanol o etanol) liberan los metil o etil éster de los ácidos grasos y la glicerina. Se conoce como FAME (Fatty Acid Methyl Esters) al biodiesel (metil éster) obtenido a partir de triglicéridos provenientes de un aceite vegetal o grasa animal, que reacciona con alcohol metílico, en presencia de un catalizador (ácido o básico) [2, 3].

El proceso de transesterificación depende de varios parámetros, tales como, la temperatura, la presión, tiempo de reacción, velocidad de agitación, tipo de alcohol usado y la relación molar del alcohol:aceite, tipo y concentración de catalizador y los contenidos de humedad y de ácidos grasos libres [4, 5].

El catalizador aumenta la velocidad de la reacción. La reacción de transesterificación puede ser catalizada por ácidos, bases [3] o enzimas [6, 7]. Las bases (NaOH, KOH) presentan mejor performance y mayor velocidad de reacción en condiciones moderadas de presión y temperatura [8, 9] respecto a catalizador ácido.

Dado que la reacción de transesterificación es reversible, es aconsejable agregar alcohol en exceso a fin de favorecer la producción de biodiesel. Los alcoholes más utilizados son el metanol y el etanol [10].

El aumento de la temperatura acelera la velocidad de la reacción, acortando los tiempos, pero si la temperatura asciende a más de 70°C se favorece no sólo la transesterificación sino además la saponificación, reduciendo el rendimiento [11]. Un limitante de la temperatura es el tipo de alcohol que se utiliza, por ej, el metanol tiene un punto de ebullición de 65-70°C, por lo tanto la máxima temperatura de trabajo sería 60°C. Tomasevic et al, han obtenido buenos resultados en la producción de biodiesel luego de 30 minutos a 25°C [12], mientras que Meng et al. 2008 han publicado 50°C como temperatura óptima para la producción de biodiesel a partir de AVU [13].

Otro de los factores a considerar en la producción de biodiesel es la selección de las materias primas utilizadas con disponibilidad local [14]. El aceite vegetal usado (AVU) en la cocción de alimentos es utilizado en la producción de biodiesel [12, 5, 11, 10, 15, 16] logrando no sólo producir biocombustible de muy buena calidad sino además disminuir el impacto negativo que genera su disposición final, que generalmente termina siendo el suelo, el pozo absorbente o el agua a través de las redes cloacales domiciliarias perjudicando el posterior tratamiento de las agua residuales [17]. La conversión de AVU a biodiesel permite darle un destino amigable con el ambiente colaborando con el cumplimiento de la demanda de energía mundial [10].

La producción de biodiesel es una alternativa al diesel del petróleo, no es tóxico, es biodegradable, reduce partículas (smoke) en más de un 50%, está libre de sulfuros, benceno y aromatizantes potencialmente cancerígenos y en su balance no contribuye con las emisiones de CO₂ a la atmósfera [3].

En Argentina, el organismo que define estas características es el Instituto de Racionalización Argentino de Materiales (IRAM). El IRAM, en la norma 6515-1 (Octubre 2001) establece los requisitos y métodos de ensayos para el biodiesel, para ser comercializado y suministrado en nuestro país como combustible para vehículos automotores equipados con motores diesel, al 100% de concentración, o como aditivo del gasoil para uso automotor, cumpliendo con la norma IRAM de dicho combustible. La norma europea EN 14214 sustituye las otras normas en vigencia de los países de la unión europea, imponiendo restricciones más fuertes en la calidad del biodiesel [18].

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

En la Ley Nacional N° 26.093 sobre Biocombustibles, se propone la inserción de los biocombustibles en forma gradual, estableciendo el requisito legal de adicionar obligatoriamente a los combustibles nafta y gasoil, con una cuota mínima de combustible renovable: bioetanol en el primer caso y biodiesel en el segundo. A partir del 2010, la cuota mínima inicial es del 5%. Si bien esta Ley contempla la producción para “autoconsumo” (Decreto 109/07, artículo 16), la Secretaría de Energía de la Nación no la reglamentó en forma separada de las grandes plantas que producen biodiesel para mezcla obligatoria en el mercado interno. Esta situación llevó al INTI a elaborar un manual que contiene las condiciones técnicas para la aprobación (INTI) de plantas discontinuas para autoconsumo [19].

2. Materiales y Métodos

2.1. Comportamiento ciudadano respecto al uso y destino final del AU en locales gastronómicos (LG)

Para determinar el comportamiento ciudadano respecto al uso y destino final de los aceites usados en los locales gastronómicos de la ciudad de Santiago del Estero, se aplicó una encuesta en 20 LG y se realizó la tabulación de las respuestas.

2.2. Recolección de AV, producción y caracterización de biodiesel a partir de AU

2.2.1. Materias primas utilizadas en la producción de biodiesel.

En los 20 LG encuestados se solicitó una muestra de AU, de las cuales se utilizaron dos como materias primas para la producción de biodiesel

Las materias primas utilizadas en la producción de biodiesel fueron:

- AULG1: Aceite vegetal usado en el Bar de la UNSE
- AULG2: Aceite vegetal usado en la Rotisería Santa Cruz

2.2.2. Producción de biodiesel a nivel laboratorio

El equipo utilizado consta de un balón con un refrigerante y un termómetro, este sistema está sumergido en un baño termostatzado con una manta calefactora (Fig. 1).

La producción de biodiesel se realizó mediante transesterificación alcalina de los AU recolectados (700 mL), con metanol (175mL) y KOH como catalizador (cantidad de KOH según el contenido de acidez de los AU), a la temperatura de 55-60 °C y a un tiempo de reacción de 90 minutos, con agitación controlada. Al finalizar el tiempo de reacción, al biodiesel se le realizó la prueba 3/27 para determinar la ausencia o presencia de triglicéridos que indicaría si la reacción ha sido o no completa (Fig. 2).

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL



Fig. 1 – Equipo de producción de Biodiesel



Fig. 2 – Prueba 3/27 del Biodiesel obtenido.

2.2.3. Separación y purificación del biodiesel

Cuando la reacción de transesterificación fue completa se colocaron los productos (biodiesel con glicerina) en una ampolla de decantación para su separación (Fig. 3 y 4). El color del biodiesel y de la glicerina depende del aceite utilizado como materia prima. La glicerina separada contiene además metanol y otras sustancias.



Fig. 3 – Biodiesel mezclado con glicerina al finalizar la



Fig. 4 – Separación por decantación del biodiesel y la glicerina.

El biodiesel impuro fue lavado 5 veces (230 mL c/u), el primero lavado con solución acuosa 0.5N de H_3PO_4 y los demás lavados con agua destilada. Los lavados permiten eliminar las impurezas tales como: jabones, catalizador, glicerol, alcohol, etc.

El metanol contenido en las aguas de lavado y glicerina fue condensado y recogido para su posterior reutilización (evaporación-recuperación).

El secado del biodiesel puro consistió en calentarlo a 110°C en un vaso de precipitado durante 20-30 minutos hasta que el biodiesel deje de crepitar y tome un color brillante y traslúcido, luego una vez enfriado y con contenido de humedad inferior al 0,1% se guardó en botellas de vidrio para su posterior caracterización analítica.

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

2.2.4. Caracterización fisicoquímica

2.2.4.1. Caracterización fisicoquímica de aceites y biodiesel

Índice de acidez (mgKOH/Kg- ASTM D 664), Contenido de humedad por Karl Fischer (mg/Kg-ASTM D4928), Viscosidad cinemática con viscosímetro de Ostwald a 40 °C (cSt-ASTM D445), Densidad a 15 °C (g/cm³ -ASTM D 4052), flash point con equipo SYD-262 PMCC Flash Point Tester (°C-ASTM D93), Contenido de metanol (x): aplicando la ecuación $y = 38x^{-0.6}$ [20], siendo (y) el punto de inflamación, Índice de corrosión al cobre (ASTM-D-130), Índice de refracción con refractómetro ATAGO ABBE DR-A1, Prueba 3/27 (en una probeta 27 mL de metanol y agregar 3mL de biodiesel a T° ambiente, mezclar y dejar reposar. Una separación de fases en el fondo indicará presencia de triglicéridos, por lo que la reacción aún no se ha completado) [19], Glicerina Libre y Total (%) según ASTM D 6584.

2.2.4.2. Caracterización fisicoquímica de aguas residuales

Conductividad eléctrica (CE) con conductímetro HI 8733 marca HANNA instruments, pH con un pHmetro AD 1030 marca Adwa, contenidos de Na⁺ y K⁺ por fotometría de llama del laboratorio Biopur Diagnostic, contenido de fósforo por espectrofotometría UV-Visible a una longitud de onda de 640 nm (Método del azul de molibdeno) [21].

3. Resultados y Discusión

3.1. Encuestas realizadas a locales gastronómicos (LG)

De las tabulaciones de las respuestas a las preguntas (P) realizadas en las encuestas se pudo determinar que:

P1: *¿Qué hace Ud. con la basura que se genera en el LG?*

Del 100% de los encuestados (20 LG) el 70% la coloca toda junta en bolsas y entrega al recolector municipal, un 25 % los clasifica y un 5% los quema. En ningún caso manifestaron que los entierra.

P2: *¿Qué cantidad de aceite compra por mes en el LG para su uso alimenticio?* En la Fig. 5 se muestra que el 40% de los LG consumen entre 50-100L mensuales y el 15% de los LG consumen mas de 200L mensuales. El volumen consumido esta relacionado con la magnitud de negocio.

P3: *¿Qué usos le dan al aceite en los LG?* En la Fig. 6 se muestra que el 95% lo utilizan principalmente en frituras y el 50% destaco además su utilización en ensaladas.

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

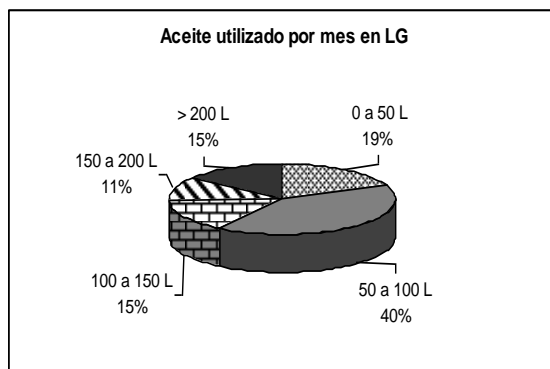


Fig. 5 – Cantidad L/mes de aceite utilizado en el LG

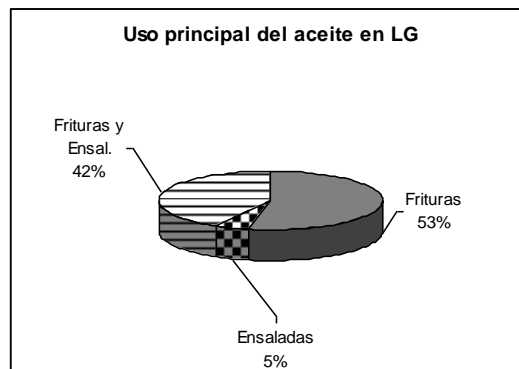


Fig. 6 – Principal uso del aceite en el LG

P4: *¿Qué tipo de aceite utiliza para cocinar y donde lo adquiere?* El 100% de los LG utiliza aceite de origen vegetal. El 55% lo compra en supermercados, el 25% a un particular (sin marca registrada), el 10% no especifica la procedencia.

P5: *¿Qué hace con el aceite usado luego de la fritura?* Se pudo comprobar que el 50% lo guarda para reutilizarlo, el 5% lo tira por la piletta y en la respuesta otro (45%) el destino final fue diverso, la mayoría de los LG entrega el AVU a un particular o lo desecha como basura para que lo retire el servicio de recolección municipal (Fig. 7).

P6: *¿Sabía Ud que tirar el aceite usado por la piletta perjudica nuestro ambiente y que puede ser reciclado para obtener biodiesel (combustible para autos)?* El 55% positivamente, lo que indicaría que estaban informados del perjuicio ambiental y de su posible reutilización como materia prima para transformarlo en biocombustibles (Fig. 8).

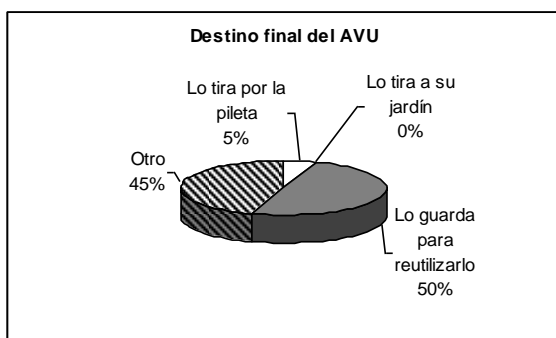


Fig. 7 – Destino final en el LG

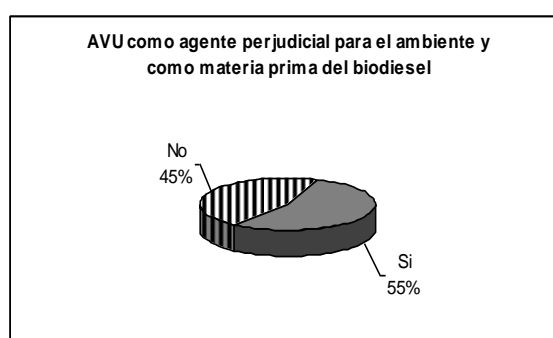


Fig. 8 – AU, agente perjudicial para el ambiente y materia prima para el biodiesel

P7: *¿Participó su negocio en algún programa relacionado con el cuidado del ambiente?* A pesar de ser un bajo porcentaje, se destaca que un 30% de los LG tuvieron alguna participación en programas de cuidado ambiental.

P8: *¿Le parece importante que los residuos que se generan en su LG tengan un destino amigable con el ambiente y puedan ser reciclados generando fuentes de trabajo?* El 100% consideró valiosa la implementación de un programa de aprovechamiento del aceite usado, a fin de darle un destino amigable con el ambiente y producir biocombustibles, contribuyendo por añadidura a crear fuentes de trabajo al participar en un programa de reciclado.

P9: *¿Quien contestó la encuesta?* Los dueños del LG (25%) y los empleados del LG (75%).

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

Concluidas las tabulaciones de las respuestas brindadas se puede inferir que si bien los dueños y empleados de los LG no fueron capacitados en la importancia y el valor que adquiere la reutilización del aceite usado, como combustible por ejemplo, sin embargo, un porcentaje llamativo lo separa y lo reutiliza y lo entrega al recolector municipal o empresa privada. Es destacable la decisión unánime de querer formarse en programas de reciclado del aceite vegetal y participar activamente en el cuidado del ambiente

3.2. Producción de Biodiesel

3.2.1. Características fisicoquímicas de los aceites vegetales utilizados en la producción de biodiesel AULG1 (bar de la UNSE) y AULG2 (Rotisería Santa Cruz)

Tabla 1: Contenido de ácidos grasos de los AULG utilizados como materia prima

Contenido de ácidos grasos (%p/p)						
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	n.i.
AULG1	5.7	2.0	44.9	46.2	0.0	1.2
AULG2	6.1	2.5	35.3	54.2	0.0	1.9

De los datos que se muestran en la Tabla 1, se observa que, el ácido graso más abundante en los AULG es el ácido linoleico (C18:2, 280.45 g/mol), luego ácido oleico (C18:1, 282.46 g/mol), ácidos grasos saturados como el palmitito (C16:0, 256.48 g/mol) y el esteárico (C18:0, 284.48 g/mol). La composición de ácidos grasos de los AULG es similar a los valores descriptos en la literatura [22].

Tabla 2. Características fisicoquímicas de los AULG utilizados como materia prima

Aceite	Humedad (%)	Acidez (%)	Densidad a 25 °C (g/mL)	Viscosidad cinemática a 40 °C (cSt)	Índice de refracción
AULG1	0.5060	1.3684	0.9218	66.9310	1.4736
AULG2	0.4615	0.8842	0.9028	66.9301	1.4798

De los valores mostrados en la Tabla 2 se puede observar que:

-Los *contenidos de humedad* en los AULG utilizados como materia prima, son menores al 1%. Cuando el contenido de humedad supera el 1%, especialmente a altas temperaturas, se favorece la hidrólisis de triglicéridos a diglicéridos y a ácidos grasos libres (AGL), que en presencia de un catalizador básico, reaccionan formando jabones [3], disminuyendo el rendimiento y afectando la purificación del biodiesel.

-Los aceites utilizados como materia prima (AULG1 y AULG2) presentaron *índices de acidez* de 0.8 y 1.4 g KOH/100g de ácido oleico aproximadamente. Estos valores no distan mucho de los aconsejados para aplicar una transesterificación básica (< 1 g KOH/100g de ac. oleico) [22], indicando que es favorable la producción de biodiesel por transesterificación alcalina en una sola etapa. Existe una buena correlación entre el índice de acidez y las cantidades de ácidos grasos y diglicéridos presentes en los aceites usados, productos de la hidrólisis de los triglicéridos durante la cocción de los alimentos. Cuando el aceite posee un alto contenido de AGL, estos pueden reaccionar con el catalizador básico formando jabones [22, 23, 24, 10], disminuyendo el rendimiento de la reacción e inhibiendo el posterior

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

proceso de purificación del biodiesel, incluyendo la separación del glicerol y el agua de lavado [24, 25].

- Los valores de la *densidad* son los esperados para este tipo de materia prima. Con respecto a la *viscosidad*, se observa valores altos, característicos de los aceites usados en cocción de alimentos, indicando mayor contenido de compuestos de polimerización (radicales libres que se unen entre sí o con los ácidos grasos libres (AGL) formando compuestos de mayor tamaño y masa molecular). La formación creciente de compuestos de polimerización característicos de la alteración térmica, incrementa la viscosidad en los aceites [26, 27].

- El *índice de refracción* está relacionado con el grado de saturación del aceite e indica la presencia de ácidos grasos insaturados de cadena larga, su valor es similar a lo reportado en otros trabajos para este tipo de aceites.

3.2.2. Condiciones de reacción y rendimiento

Tabla 3. Volúmenes de los aceites transesterificados, de los biodiesel impuros y purificados y de glicerina y sus rendimientos.

	BioAULG1	BioAULG2
Volumen de aceite transesterificado (ml)	700	700
Cantidad de catalizador (g de KOH)	5.2	4.5
Volumen de diesel impuro obtenido (ml)	730	735
Cantidad de metanol (mL)	175	175
Tiempo de reacción (min)	90	90
Temperatura de reacción (°C)	55-60	55-60
Volumen de diesel puro obtenido (ml)	683	699
Volumen de glicerina (ml)	115	116
Prueba 3/27	(-), completa	(-), completa
Rendimiento (%)	97.6	99.8

En la Tabla 3 se muestra que:

-Luego de 90 minutos de reacción con KOH como catalizador, la reacción fue completa (prueba 3/27 negativa).

-No se observan grandes diferencias de rendimiento entre los biodiesel obtenidos de AULG1 y AULG2, con rendimiento mayor o igual al 97%.

-La producción de glicerina fue prácticamente similar para ambos biodiesel.

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

3.2.3. Características fisicoquímicas de los biodiesel

Tabla 4. Características fisicoquímicas del biodiesel BioAULG1 y BioAULG2 y límites recomendados de acuerdo con la normativa.

Características Fisicoquímicas	Biodiesel		Límites IRAM 6515 - 1
	BioAULG1	BioAULG2	
Humedad (%)	0.05	0.05	≤ 0.05
Índice de Acidez (%)	0.89	0.27	≤ 0.5
Densidad a 25 °C (g/mL)	0.91	0.88	0.86-0.90
Viscosidad cinemática 40°C (cSt)	5.7	4.2	3.5-5.0
Punto de inflamación (°C)	204	162	≥ 130
Contenido de metanol	0.06	0.09	≤ 0.2
Índice de corrosión al Cu	1a	1a	Clase 1-3
Glicerina total (%)	0.22	0.31	≤ 0.25
Glicerina libre (%)	0.008	0.006	≤ 0.02
Prueba 3/27	(-)	(-)	Negativa(-)
Esteres totales (g/100g)	86.9	95.7	≥ 96.5
Jabones (g/Kg)	0.0	0.046	$\leq 0,5$
Monoglicéridos (g/100g)	0.58	0.47	≤ 0.8
Diglicéridos (g/100g)	0.32	0.52	≤ 0.2
Triglicéridos (g/100g)	0.21	1.18	≤ 0.2
Estabilidad a la oxidación (h)	0.75	0.83	≥ 8
Índice de iodo	111	122	≤ 150
Índice de refracción	1.4563	1.4552	1.4600-1.500

De los valores presentados en la Tabla 4 se puede observar que luego de 90 minutos de reacción:

-Las características fisicoquímicas de los BioAULG obtenidos cumplen en general con los valores aconsejados por las normativas vigentes.

-Luego de los sucesivos lavados para su purificación, el *contenido de humedad* fue disminuido por calentamiento, a valores de 0,05%. El valor del índice de acidez del BioAULG2 es menor al valor máximo recomendado, mientras que el del BioAULG1 es levemente superior, lo que podría contribuir a facilitar la corrosión en las partes del motor compuestas por níquel, cobre y latón. El poder corrosivo del biodiesel sobre el metal, es determinado con la ayuda del análisis mediante la tira de cobre (índice de corrosión de cobre), resultado para ambos biodiesel un valor bajo ya que el permitido por la norma ASTM es de 3 como límite máximo, siendo esta propiedad importante para el almacenamiento del combustible [28].

-La *densidad* es una importante propiedad en los sistemas de combustión, ya que influye en la eficiencia de la atomización, su valor depende del contenido de alquil ésteres de alquilo y de cantidad remanente de alcohol. Los valores de las densidades de los biodiesel obtenidos resultaron similares, dentro del intervalo de valores aconsejados y siendo levemente inferiores a la de los aceites de los cuales provienen.

-Durante la transesterificación de los aceites a biodiesel se produzco una reducción de la *viscosidad cinemática*, el BioAULG2 presenta un valor menor al aconsejado en la normativa, sin embargo el BioAULG1 presenta un valor levemente por encima del límite máximo permitido, que podría estar generado por un mayor contenido de esteres metílicos derivados

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

de los ácidos grasos saturados y pequeñas contaminaciones de polímeros generados durante la fritura que no han sido eliminados totalmente durante el lavado del AU. Altos valores de viscosidad dan lugar a una pobre atomización del combustible, combustión incompleta y deposición de carbono en el inyector.

-El *punto de inflamación* es un parámetro a tener en cuenta en el manejo, almacenamiento y seguridad de los combustibles y materiales inflamables. Los valores resultaron superiores a los recomendados en la normativa, 204 °C para BioAULG1 y 106 °C para BioAULG2, lo que implica bajo riesgo de inflamación durante su transporte y contenidos de metanol por debajo del valor máximo recomendado en la normativa. El alto contenido de metanol podría causar el deterioro acelerado de las junta de goma.

-El *índice de yodo* da información acerca del grado de insaturación y oxidación del biodiesel, y de los depósitos formados en los inyectores de motores diesel. Los valores de los biodiesel obtenidos son menores al límite máximo aconsejado.

-La presencia de *mono, di y triglicéridos* mayores a los límites máximos aconsejados, pueden causar problemas en el filtro de combustible, afectando a las propiedades del combustible. En los biodiesel obtenidos solamente los valores de los digliceridos son levemente superiores al límite máximo aconsejado.

-La *glicerina total* determina el nivel de glicerina enlazada y no enlazada presente en el biodiesel. El *contenido de glicerina libre* determina el nivel de glicerina no enlazada en el biodiesel. Su presencia se debe generalmente a una deficiente purificación del biodiesel. Cuando el grado de conversión en el aceite es alto, es decir gran cantidad de monoésteres, los niveles de glicerina total son bajos. Altos valores de glicerina total podrían colmatar los filtros y generar depósitos carbonosos en los inyectores. El contenido de glicerina total del BioAUGL1 es menor al límite máximo aconsejado mientras que el BioAULG2 lo excede levemente. Los contenidos de glicerina libre son similares en ambos biodiesel y están por debajo del valor máximo recomendado.

3.2.4. Características fisicoquímicas de las aguas de lavado

Desde un punto de vista medioambiental, es importante realizar una caracterización y tratamiento adecuado de las aguas de lavado, previo a su vuelco en los cauces de aguas [29], buscando un destino amigable con el ambiente.

Tabla 5. Características fisicoquímicas de las aguas de lavado de los BioAULG1 y BioAULG2

Característica fisicoquímica	BioAULG1					BioAULG2			
	Aguas de lavado					Aguas de lavado			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Volumen (mL)	220	230	215	250	250	230	240	240	250
pH	1.9	2.89	3.9	3.95	4.35	1.64	4.80	5	5.5
CE (mS/cm)	2.07	0.17	0.01	0.01	0.01	4.47	0.24	0.08	0.03
K ⁺ (ppm)	64350	1326	105.3	19.5	7.8	29640	6337.5	1204	413.4
Na ⁺ (ppm)	575	43	23	<1	<1	345	69	23	<1
PT(ppm)	5983	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	8308	49414	<0.100	<0.100

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

En la Tabla 5 se observa que:

- Las aguas del primer lavado resultaron muy ácidas, con valores de pH entre 1.6-6.0. Con los sucesivos lavados el valor del pH ha ido aumentando, alcanzado valores próximos al del agua de lavado utilizada.

-La conductividad eléctrica (CE) fue disminuyendo en las aguas de los sucesivos lavados debido a la disminución del contenido de iones.

-El contenido de K^+ , muy elevado en la primera agua de lavado, debido a que se utilizó KOH como catalizadores básico y su valor fue disminuyendo con los sucesivos lavados. El contenido de Na^+ , si bien está presente en muy bajas concentraciones en la primera agua de lavado, alcanza valores inferiores <1 ppm en las últimas aguas de lavado. Su presencia podría provenir del contenido de NaCl en los alimentos a los cuales se les realizó la cocción y que no ha sido eliminado durante el lavado del aceite, previo a su utilización como materia prima,

-El contenido de PT es elevado en la primera agua de lavado, ya que proveniente de la misma agua de lavado. Disminuye a valores menores a 0,1ppm en las siguientes aguas de lavado.

4. Conclusiones

De la tabulación de las encuestas realizadas en los 20 LG se determinó que el 5% de los LG vierte el AU por la piletta, 50% lo guarda para reutilizar y 45% le da otro destino final. El 100% de los LG utiliza aceite de origen vegetal, sólo el 55% lo compra en supermercados, es decir con marca registrada. En el 55% de los LG si tenía conocimiento sobre el perjuicio ambiental que ocasiona arrojar el aceite usado por la piletta y que puede ser reciclado para obtener biodiesel. Es destacable la decisión unánime de querer formarse en programas de reciclado del aceite vegetal y participar activamente en el cuidado del ambiente.

Los AULG1 y AULG2 utilizados como materias primas poseen contenidos de humedad e índices de acidez aceptables y aproximados al 1%, indicando que es favorable la producción de biodiesel por transesterificación alcalina en una sola etapa. Los AULG poseen una viscosidad cinemática elevada, indicando elevado contenido de compuestos de polimerización.

Las características fisicoquímicas de los biodiesel BioAULG1 y BioAULG2 obtenidos con KOH como catalizador, luego de 90 minutos de reacción a 55-60 °C, cumplen con la mayoría de los valores aconsejados por las normativas vigentes. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de los biodiesel a partir de los aceites AULG1 y AULG2

Con respecto a las aguas de lavado del biodiesel, se destaca que las aguas del primer lavado resultaron muy ácidas con valores de pH entre 1.6-1,9, poseen una CE con valores entre 2,0-4,5 mS/cm, con elevado contenido de K^+ (64500-29700 ppm) y de PT (5983-8308 ppm) y mínimo contenido de Na^+ . Estas aguas serían una fuente de K y P que podrían ser reutilizadas como fertilizantes en la agricultura previa dilución según necesidades de los suelos. El uso de KOH como catalizador básico presentaría esta ventaja frente al uso de NaOH que aportaría un contenido elevado de Na^+ y por lo tanto no sería aconsejable el uso agrícola de las aguas de lavado las que deberían ser volcadas a los cauces de agua o recibir un tratamiento previo. Las aguas provenientes del segundo al quinto lavado, podrían ser utilizadas como aguas de lavado de otros biodiesel.

5. Bibliografía

- [1] BENAVIDES, A., BENJUMEA, P., PASHOVA, V. 2007. *El Biodiesel de aceite de higuerilla como combustible alternativo para motores diesel*. Dyna, n°153 pp 141-150 Medellin-Colombia ISSN 0012-7353.
- [2] VASUDEVAN, P. T., BRIGGS, M. 2008: *Biodiesel production-current state of the art and challenges*. J. Ind. Microbiol. Biotechnology. 35, 421-430.
- [3] LAM, M. K., LEE, K. T., MOHAMED, A.R. 2010: *Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review*. Biotechnology Advances. 28, 500-518.
- [4] MA, F., HANNA, M. A. 1999: *Biodiesel production: A review*. Bioresource Technology. 70, 1-15.
- [5] ZHENG, S., KATES, M., DUBÉ, M. A. MCLEAN, D. D. 2006: *Acid-catalizar production of biodiesel from waste frying oil*. Biomass and Bioenergy 30, 267-272.
- [6] NELSON, L. A., FOGLIA, T. A., MARMER, W. N. 1996: *Lipase-catalysed production of biodiesel*. J. Am. Oil Soc. Chem. 73 (8), 1191-1195.
- [7] CHEN, Y., XIAO, B., CHANG, J., FU, Y., LV, P., WANG, X.: 2009: *Synthesis of biodiesel from waste cooking oil using immobilized lipase in fixed bed reactor*. Energy Conversion and Management 50, 668-673.
- [8] FREEDMAN, B., PRYDE, E. H., MOUNTS, T. L. 1984: *Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetables oils*. J. Am. Oil Chem. Soc. 61, 1638-1643.
- [9] LOTERO, E., LIU, Y., LÓPEZ, D. E., SUWANNAKARN, K. BRUCE, D. A., GOODWIN, JR J. C., 2005: *Synthesis of biodiesel via acid catalysis*. Ind. Eng. Chem. Res. 44, 5353-5363.
- [10] BANERJEE, A., CHAKRABORTY, R. 2009: *Parametric sensitivity in transesterification of waste cooking oil for biodiesel production. A review*. Resources, Conservation and Recycling. 53, 490-497.
- [11] PAHN, A. N., PHAN, T. M. 2008: *Biodiesel production from waste cooking oils*. Fuel. 87, 3490-3496.
- [12] TOMASEVIC, A. V., SILER-MARINKOVIC, S. S. 2003: *Methanolysis of used frying oil*. Fuel Processing Technology 81, 1-6.
- [13] MENG, X., CHEN, G., WANG, Y. 2008. *Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test*. Fuel Proceses Tecol. 89: 851-857.
- [14] GARCÍA-COTA, T. DEL N. J., DE LA CRUZ-GONZALEZ, V. M., NÁJERA-MARTÍNEZ, I., SÁNCHEZ-DAZA, O. 2009: *Purificación de biodiesel obtenido de aceite de ricinos*. Superficies y Vacíos 22(3) 20-23.
- [15] BAUTISTA, L. F., VICENTE, G., RODRIGUEZ, R., PACHECO, M. 2009: *Optimisation of FAME production from waste cooking for biodiesel use*. Biomass and Bioenergy 33, 862-872.
- [16] LIU, S., MCDONALD, T., WANG, Y. 2010: *Producing biodiesel from high free fatty acids waste cooking oil assisted by radio frequency heating*. Fuel. 89, 2735-2740.

ACEITE USADO EN LOCALES GASTRONÓMICOS: COMPORTAMIENTO CIUDADANO Y PRODUCCION DE BIODIESEL

- [17] CHIAPPELLA, J. S. 2008: *Reciclado de Aceites Vegetales Usados. De la cocina al motor*. Editorial: Instinto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Serie de Extensión n°75. ISSN0325 8874 pp1-5.
- [18] QUERINI, C. 2005. *Biodiesel: producción y control de calidad*. http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/439_b.pdf
- [19] Burin, M, Rodriguez, G., Ribeiro, M. 2010. Plantas de biodiesel de aceite vegetal usado. Condiciones técnicas para la aprobación INTI de plantas discontinuas para autoconsumo. INTI. Ministério de Indústria. http://www.inti.gov.ar/upt/pdf/protocolo_biodiesel_AVU.pdf
- [20] ROMANO,S.D., SORICHETTI, P.A.: CHEMICAL PHYSICS RESEARCH JOURNAL. 2009. “Correlations between electrical properties and flash point with methanol content in biodiesel”.Vol.3,2/3. Pp259-268.
- [21] Murphy J. y Riley H. P. 1962. *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters*. Anal. Chim. Acta 27: 31-36
- [22] ZAYED AL-HAMAMRE, JEHAD YAMIN, 2014: *Parametric study of the alkali catalized transesterification of waste frying oil for Biodiesel production*.
- [23] CVENGROS, J., CVENGROSOVA, Z. 2004. *Used frying oils and fats and their utilization in the production of methyl esters of higher fatty acids*. Biomass Bioenergy. 27, 173-181.
- [24] NAG, A. 2008: *Biofuels refining and performance*. Mc Graw Hill.
- [25] KULKARNI, M. G., DALAI, A. K., 2006: *Waste cooking oil-an economical source for biodiesel: a review*. Ind. Eng. Chem. Res. 45, 2901-2913.
- [26] MASSON, L., ROBERT, P., ROMERO,N., IZAURIETA, M., VALENZUELA, S., ORTIZ, J., DOBARGANES, M. C. 1997. *Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos*. Grasas y Aceites. Vol. 48, 5, 273-281.
- [27] KNOTHE, G., STEIDLEY, K. R. 2009: *A comparison of used cooking oils: A very heterogeneous feedstock for biodiesel*. Bioresource Technology 100, 5796-5801.
- [28]LAFONT, J. J., PAEZ, M. S., TORRES, Y.C. 2011. Análisis químico de mezclas biodiesel de aceite de cocina usado y diesel por espectroscopía infrarroja. Información tecnológica 22(4), 35-42.
- [29] HINCAPIÉ-MEJÍA, G. M., OCAMPO, D., RESTREPO, G. M., MARÍN. J. M., 2011. *Fotocatálisis Heterogénea y Foto-Fenton Aplicadas al Tratamiento de Aguas de Lavado de la Producción de Biodiesel* Información Tecnológica Vol. 22 N° 2. Medellín, Colombia.

AJUSTE IMPLÍCITO DE MODELOS DEL EQUILIBRIO ENTRE FASES BASADO EN INFORMACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE PUNTOS CRÍTICOS

Juan I. Ramello, Investigación y Desarrollo en Tecnología Química (IDTQ), CONICET-
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Martín Cismondi, Investigación y Desarrollo en Tecnología Química (IDTQ), CONICET-
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Marcelo S. Zabaloy, Planta Piloto de Ing. Química/ Departamento de Ingeniería Química,
UNS, CONICET CC 717 - 8000 Bahía Blanca, Argentina.

*marcelo.santiago.zabaloy@gmail.com

Resumen— En relación con los modelos del equilibrio entre fases de mezclas fluidas, se propone, en este trabajo, una metodología, de tipo implícita, de ajuste de parámetros de interacción binarios, a partir de información experimental que incluya, en medida suficiente, la de puntos críticos binarios. Estos puntos definen en gran medida la topología de los diagramas de fases. El método es implícito, es decir, el problema de optimización se define como uno libre de restricciones de igualdad, y, por lo tanto, está libre de problemas de convergencia. Los resultados obtenidos ilustran las ventajas de este nuevo enfoque.

Palabras clave— *energía, diagrama de fases, puntos críticos, ecuaciones de estado, parametrización*

1. Introducción

Las plantas industriales que procesan mezclas fluidas constan, con frecuencia, de equipos de separación como columnas de destilación, unidades flash, etc.; cuya operación influye significativamente sobre el consumo de energía del proceso. En procesos de separación a alta presión, se intenta, típicamente, operar bajo condiciones suficientemente alejadas de las del, o de las de los, puntos críticos de la mezcla fluida a procesar. Los puntos críticos se estiman, en simuladores de procesos, utilizando modelos termodinámicos del equilibrio entre fases. La parametrización de tales modelos debe entonces estar basada, en parte, en información experimental sobre puntos críticos, la cual suele estar disponible sólo para una parte de los subsistemas binarios de la mezcla multicomponente de interés. La gran mayoría de los modelos termodinámicos (del equilibrio entre fases a alta presión) disponibles están basados en la suposición de que el comportamiento multicomponente puede ser predicho a partir de parámetros de interacción binarios. En consecuencia, tales parámetros se ajustan a partir de información experimental sobre los sistemas binarios correspondientes a la mezcla multicomponente.

Las metodologías típicamente adoptadas para el ajuste de parámetros son la explícita o la semi-implícita. En ambos casos, el problema de optimización que define el proceso de ajuste de parámetros, contiene restricciones de igualdad, las cuales pueden ser la fuente de problemas de convergencia. Esto conduce al problema de tener que estimar con suficiente exactitud los

valores iniciales de los parámetros que se pretende ajustar. En este sentido, en este trabajo se propone utilizar un método implícito, en el cual no se presentan restricciones de igualdad, y así contribuir al desarrollo e implementación de nuevos enfoques alternativos, no convencionales, para el ajuste de parámetros, que sean robustos.

El propósito de este trabajo es entonces estudiar el ajuste, en forma implícita, de parámetros de interacción binarios, a partir de información experimental en parte constituida por la de puntos críticos binarios. De esta manera se tienen en cuenta, por un lado, la topología del comportamiento de fases, la cual está en gran medida determinada por los puntos críticos del sistema en estudio, y, por el otro, la ausencia de problemas de convergencia durante el curso de la optimización (optimización que conduce a los valores finales de los parámetros de interacción del modelo adoptado).

En términos más generales, la estimación de parámetros o parametrizado es uno de los pasos involucrados en parte de la validación de los modelos matemáticos que describen procesos o propiedades físicas, químicas, termodinámicas, etc., de interés. El problema que debemos resolver en la estimación de parámetros es: dado un modelo (esto es, las ecuaciones que lo definen) y un set de datos experimentales, se requiere encontrar los valores de los parámetros del mismo, de forma tal que las propiedades calculadas con dicho modelo se ajusten a los datos experimentales de una manera considerada óptima. Típicamente, el ajuste de parámetros se lleva a cabo minimizando la suma de los cuadrados de ciertos residuales. Así, el problema de determinación de parámetros implica un problema de optimización. La mencionada suma de cuadrados es la llamada Función Objetivo (FO).

Dependiendo de cómo se planteen los residuales de la FO, se puede distinguir entre los enfoques explícito, semi-implícito e implícito [1]. Los dos primeros pueden presentar problemas de convergencia.

En un enfoque explícito el residual que se utiliza en la FO compara el valor experimental de alguna propiedad (o propiedades) del equilibrio entre fases (por ejemplo, presión, temperatura, composición de fase líquida, etc.), con el valor predicho por el modelo para la misma propiedad. Por ejemplo, la FO podría tener la siguiente forma:

$$FO = \sum_{i=1}^N Q_i (X_i^{calc} - X_i^{exp})^2 \quad (1)$$

$$X_i^{calc} = P_i^{calc}, x_i^{calc}, T_i^{calc}, v_i^{calc}, \dots, etc. \quad (2)$$

$$X_i^{exp} = P_i^{exp}, x_i^{exp}, T_i^{exp}, v_i^{exp}, \dots, etc. \quad (3)$$

donde N es el número de puntos experimentales y Q_i es el factor de peso Q en el término i . P es la presión absoluta, x la fracción molar de un componente del sistema binario, T la temperatura absoluta, y, v , el volumen molar. Los superíndices *calc* y *exp*, indican,

respectivamente, valor calculado y valor experimental. El subíndice i es el número de identificación de un dado dato experimental.

Las variables X son funciones altamente no lineales de los parámetros de interacción y de otras variables (experimentalmente observables). Tales funciones están definidas por un sistema de ecuaciones de equilibrio termodinámico, basado en la uniformidad, en el sistema heterogéneo, de la presión, de la temperatura, y de las fugacidades de los componentes. En el enfoque explícito se requiere calcular las propiedades X de interés para poder evaluar la FO. Es decir: debemos resolver el sistema de ecuaciones de equilibrio termodinámico, para obtener el valor de la variable X , y esto debe hacerse para cada término de la FO y para cada set de parámetros propuesto en cada iteración del proceso de optimización.

2. Puntos Críticos

Un caso de estimación de parámetros que involucra, habitualmente, la aplicación de un enfoque explícito es el ajuste de puntos críticos binarios líquido-vapor (LV)

Para ilustrar qué es un punto crítico binario LV, en la Figura 1 se muestra la isoterma de equilibrio líquido-vapor, a $T=450$ K, en el plano Presión-Fracción molar de CO_2 , correspondiente al sistema CO_2 + n-hexano, calculada con la ecuación de estado (EdE) RK-PR y reglas cuadráticas de mezclado con $k_{12}=0.1$ y $l_{12}=0.0$ [3]. Como estos valores no provienen de un ajuste frente a datos experimentales, la Figura 1 debe ser considerada esquemática y/o conceptual. En la misma, se distinguen tres regiones: dos regiones homogéneas, la región líquida (L) y la región vapor (V), y una región heterogénea, es decir, la región líquido-vapor (L+V). Las curvas que van desde el punto cuadrado PV (presión de equilibrio líquido-vapor de CO_2 puro) hasta el punto PC (punto crítico binario LV) dividen la región de homogeneidad de la de heterogeneidad.

A las condiciones de presión y fracción molar (global) de un dado punto dentro de la región L+V, a la temperatura de 450 K, existirán dos fases en equilibrio líquido-vapor. Cada una de ellas tendrá una dada composición. Por ejemplo, a 30 bar (ver línea horizontal de 30 bar en la Figura 1) co-existen una fase líquida de composición x_1' y una fase vapor de composición y_1' .

Por otro lado, podemos diferenciar entre puntos de líquido saturado (=puntos de burbuja) y puntos de vapor saturado o puntos de rocío. La curva de puntos de burbuja es la frontera entre la región de dos fases (L+V) y la de líquido homogéneo (L), mientras que la de puntos de rocío separa la región de dos fases de la de vapor homogéneo (V). Ambas líneas van desde el PV hasta el PC.

A la presión de 30 bar, es decir a una baja presión, las composiciones de las fases líquida y vapor son muy diferentes (fracciones molares $x_1'=0.12$ y $y_1'=0.47$). Cuando la presión aumenta, en la zona de alta presión, las composiciones de ambas fases se vuelven cada vez más parecidas entre sí, como se observa para la presión de 90 bar: $x_1''=0.54$ y $y_1''=0.62$. En el punto crítico binario líquido-vapor (PC), ambas fases se hacen idénticas. Otra conclusión de importancia en la Figura 1 es que la presión del punto crítico es la presión máxima de existencia del equilibrio líquido-vapor a 450 K.

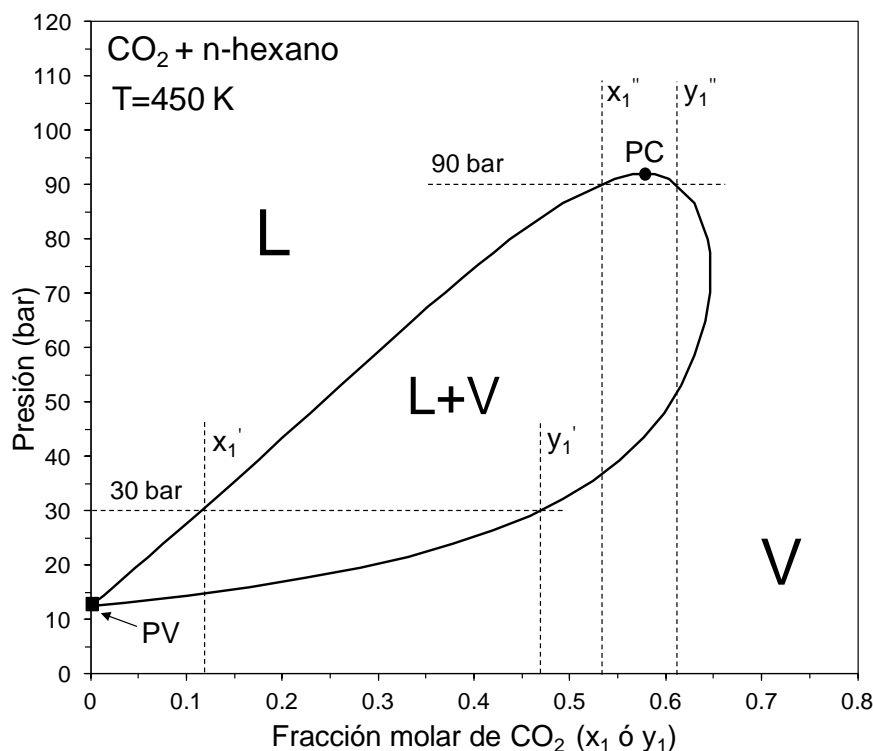


Figura 1. Isoterma de equilibrio líquido-vapor a $T=450$ K en el plano Presión-Fracción molar de CO_2 correspondiente al sistema CO_2 + n-hexano, calculada con la ecuación de estado RK-PR y reglas cuadráticas de mezclado ($k_{12}=0.1$, $l_{12}=0.0$). PC: punto crítico binario LV a 450 K. PV: presión de vapor de CO_2 puro 450 K. L: región de líquido homogéneo. V: región de vapor homogéneo. L+V: región de dos fases líquido y vapor.

3. Ajuste de parámetros utilizando puntos críticos experimentales

En la estimación de parámetros utilizando sólo puntos críticos, si elegimos a la temperatura experimental como variable independiente, la FO puede tener la siguiente forma,

$$\text{FO} = \sum_{i=1}^{\text{NPC}} \left[\left(P_c^{\text{calc}} - P_c^{\text{exp}} \right)^2 + \left(z_{1c}^{\text{calc}} - z_{1c}^{\text{exp}} \right)^2 \right] \quad (4)$$

donde NPC es el número de puntos críticos seleccionados para los que se dispone de información experimental, P_c es la presión crítica y z_{1c} es la composición (fracción molar del componente 1) crítica, ambas del sistema binario, a una dada temperatura. Como se puede observar, para evaluar la FO es necesario calcular la P_c y z_{1c} . Esto se lleva a cabo resolviendo el sistema de ecuaciones correspondiente a la condición de criticidad (O'Connell y Haile[2]), para el caso de un sistema binario, esto es:

$$\left[\left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial z_1} \right)_{T,P} \right]_{z_1=z_{1c}} (T_c^{\text{exp}}, z_{1c}, v_c, \bar{u}) = 0 \quad (5)$$

$$\left[\left(\frac{\partial^2 \ln \hat{f}_1}{\partial z_1^2} \right)_{T,P} \right]_{z_1=z_{1c}} (T_c^{\text{exp}}, z_{1c}, v_c, \bar{u}) = 0 \quad (6)$$

$$P_c - h(T_c^{\text{exp}}, z_{1c}, v_c, \bar{u}) = 0 \quad (7)$$

en donde P_c es la presión crítica, $T_{c,\text{exp}}$ es la temperatura crítica experimental, z_{1c} es la fracción molar del componente 1 en la fase crítica, v_c es el volumen molar crítico y \bar{u} es el vector de parámetros de interacción (por ejemplo, k_{12} y l_{12}). Por otro lado, $P=h(T, z_1, v, \bar{u})$ es la relación explícita entre la presión, la temperatura, el volumen molar y la fracción molar, impuesta por el modelo termodinámico, tipo ecuación de estado, adoptado. En tanto, \hat{f}_i es la fugacidad del compuesto i en la fase crítica. Las ecuaciones 5 y 6 presentan en sus miembros izquierdos las expresiones de las derivadas del logaritmo de fugacidad del compuesto 1 con respecto a la fracción molar del compuesto 1 a presión y temperatura constantes. Por otro lado, la expresión de \hat{f}_i (y por lo tanto las ecuaciones 5 y 6) queda impuesta, a través de relaciones termodinámicas exactas [2], por la ecuación de estado seleccionada, es decir, por la función $h(T, z_1, v, \bar{u})$. El sistema de ecuaciones 5 a 7 tiene un único grado de libertad el cual se podría utilizar, por ejemplo, especificando un valor de temperatura. Eso es lo que indica el superíndice “exp” en las ecuaciones 5 a 7.

La función objetivo definida por la ecuación 4 requiere resolver el sistema 5 a 7 para cada uno de sus términos “ i ”, lo cual requiere procesos iterativos internos (=lazos internos; uno por cada término “ i ” de la FO) en cada iteración del proceso general de optimización. En la ejecución de los lazos internos, pueden presentarse problemas de convergencia, cuya ocurrencia es inevitable cuando no existe solución para el grado de libertad especificado.

Nótese que las ecuaciones 5 a 7 son restricciones de igualdad a las que está sujeta la FO de la ecuación (4). Los inconvenientes de este enfoque explícito se ilustran con ayuda de la Figura 2.

La misma incluye las proyección en el plano Presión-Temperatura del locus crítico (=set continuo de puntos críticos) experimental (círculos) y también del locus calculado (línea gruesa) con un modelo, para el sistema dióxido de carbono (CO_2) + n-hexadecano (n-C16). El modelo usado es la ecuación de estado cúbica RK-PR [3] con reglas cúbicas de mezclado (RCM), con dependencia de la temperatura [4–6]. Los modelos de este tipo son ampliamente usados para describir el equilibrio entre fases en mezclas de interés industrial.

Los valores de los parámetros utilizados para generar la Figura 2 son los “iniciales” informados en la Tabla 3. Se puede observar, en la Figura 2, que con tales valores, al intentar resolver el sistema de ecuaciones 5 a 7, para cualquier valor de temperatura en el rango de temperatura de los datos experimentales, el problema no convergerá, ya que no existen puntos críticos para el modelo en el mencionado rango. Esto se puede ver trazando una línea vertical, como la mostrada en la figura (línea de guiones), a la temperatura de cualquier dato de punto crítico experimental: tal línea no intersecta la curva de trazo grueso (locus crítico calculado con el modelo). El problema se resolvería en principio si en vez de especificar, como grado de

libertad, una temperatura igual a la experimental, se especificara una Presión idéntica a la experimental. Sin embargo, podría suceder, durante el curso de la optimización, que al especificar una presión cercana a la del mínimo local en presión, de la curva crítica experimental (círculos) de la Figura 2, no exista una solución, con las características apropiadas, del sistema 5 a 7.

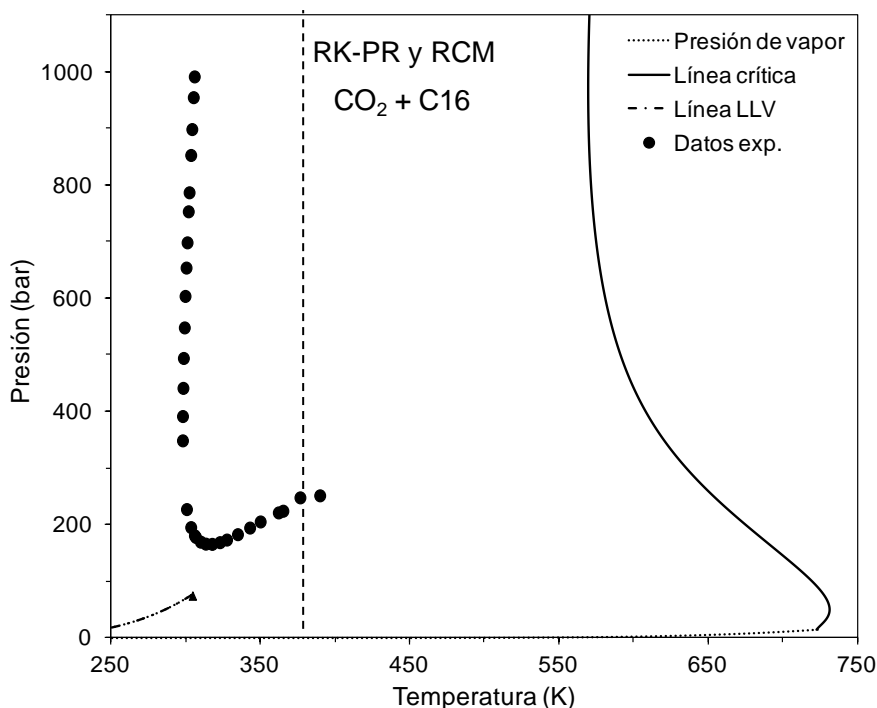


Figura 2. Mapa característico del comportamiento de fases en el plano Presión-Temperatura predicho usando los valores iniciales de los parámetros informados en la Tabla 3 (EdE RK-PR y RCM) para el sistema CO₂ + n-hexadecano (n-C16). Círculos: puntos críticos experimentales (Referencias en Tabla 1). LLV = equilibrio líquido-líquido-vapor.

Una forma de solucionar este problema es plantear un enfoque para la estimación de parámetros que sea totalmente implícito. El mismo implica transformar el problema de optimización en uno sin restricciones de igualdad. Para el caso de la estimación de parámetros de interacción a partir sólo de puntos de equilibrio binarios críticos, la FO podría definirse como sigue,

$$FO = \sum_{i=1}^{NPC} \left[\left[\left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial z_1} \right)_{T,P} \right]_{z_1=z_{1c}}^2 + \left[\left(\frac{\partial^2 \ln \hat{f}_1}{\partial z_1^2} \right)_{T,P} \right]_{z_1=z_{1c}}^2 + \left(P_c^{\text{exp}} - h(T_c^{\text{exp}}, z_{1c}^{\text{exp}}, v_c, \bar{u}) \right)^2 \right]_i \quad (8)$$

Nótese que los miembros izquierdos de las ecuaciones 5 a 7, se incorporan a la FO (8) elevados al cuadrado, eliminándose de este modo todas las restricciones de igualdad. Un dado término de la FO se evalúa a las T , P y z_1 experimentales del punto crítico correspondiente,

siempre que se disponga de tal información. En tal caso el volumen molar correspondiente a un dado punto crítico se convierte en una variable adicional de optimización, la cual se suma a las otras, es decir, a los parámetros de interacción.

En este enfoque se evita todo proceso de resolución de ecuaciones y los asociados problemas de convergencia y/o de inexistencia potencial de soluciones. Así, el método implícito resulta ser más robusto, ya que no presentaría problemas de convergencia. Sin embargo, esto se obtiene a costa de incrementar el número de variables de optimización (volúmenes molares para este caso, uno por cada punto crítico). Según nuestro conocimiento, no existen trabajos en la literatura sobre el equilibrio entre fases en los cuales se hayan implementado enfoques implícitos de parametrizado.

En este trabajo, el objetivo es implementar, y evaluar el desempeño, de un enfoque de estimación de parámetros implícito, incorporando datos experimentales sobre puntos críticos, para sistemas con comportamientos de fases altamente complejos, como lo es el sistema dióxido de carbono CO_2 + n-hexadecano (n-C16).

4. Ajuste del comportamiento de fases del sistema CO_2 + n-hexadecano

Los datos experimentales utilizados para la estimación de parámetros para el sistema CO_2 + n-hexadecano se muestran en las tablas 1 y 2. En la Tabla 1, P_c y T_c son la temperatura crítica y la presión crítica experimentales, y en la Tabla 2, T , P , x_{CO_2} y y_{CO_2} son, respectivamente, la temperatura, la presión y las fracciones molares de CO_2 en el líquido y en el vapor, todas experimentales. Los datos de la Tabla 1 corresponden a datos de puntos críticos. Tales datos fueron elegidos de forma apropiada para poder captar el comportamiento global del sistema, el cual es de tipo III [7]. Además, se incorporaron (Tabla 2) datos de equilibrio bifásicos. Esto se hizo para lograr un ajuste que reproduzca de manera adecuada no sólo el comportamiento crítico experimental sino también el comportamiento del equilibrio bifásico. Por otro lado, se requiere que el número total de variables de optimización sea menor que el número total de ecuaciones termodinámicas que definen los residuales (términos) que aparecen en la FO. La incorporación de los datos de la Tabla 2 tuvo además tal efecto.

Tabla 1. Información experimental de puntos críticos clave utilizada en el parametrizado del modelo del comportamiento de fases RK-PR + RCM. Sistema: CO_2 + n-hexadecano.

T_c (K)	P_c (bar)	Referencias
305.45	994	Scheidgen [8] y Spee y Schneider [9]
297.6	348.2	Scheidgen [8] y Spee y Schneider [9]
312.96	166	Scheidgen [8] y Spee y Schneider [9]
393.3	256	Scheidgen [8] y Spee y Schneider [9]

Tabla 2. Información experimental de puntos clave de equilibrio bifásico utilizada en el parametrizado del modelo del comportamiento de fases RK-PR + RCM. Sistema CO₂ + n-hexadecano.

T (K)	P (bar)	x _{CO2}	y _{CO2}	Referencias
393.2	101	0.4968	0.9982	Spee y Schneider [9]
393.2	200	0.7473	0.9909	Spee y Schneider [9]
573.2	101	0.428	0.962	Brunner y col. [10]
573.2	201	0.7	0.938	Brunner y col. [10]

En el contexto del enfoque implícito existen numerosas variantes en cuanto a la definición de la FO. La FO en particular utilizada en este trabajo es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 FO = & \sum_{i=1}^{N_{EB}} \left[\left(\frac{P^{\text{exp}} - h^x}{P^{\text{exp}}} \right)^2 + \left(\frac{P^{\text{exp}} - h^y}{P^{\text{exp}}} \right)^2 + \left(\ln \left(\frac{\hat{f}_1^x}{\hat{f}_1^y} \right) \right)^2 + \left(\ln \left(\frac{\hat{f}_2^x}{\hat{f}_2^y} \right) \right)^2 \right]_{i=1}^{N_{EB}} \\
 & + \sum_{i=1}^{N_{EB}} \left[\left(\ln \left(\frac{x_1}{x_1^{\text{exp}}} \right) \right)^2 + \left(\ln \left(\frac{y_1}{y_1^{\text{exp}}} \right) \right)^2 \right]_{i=1}^{N_{EB}} + \sum_{i=1}^{N_{PC}} \left[\left(\left[\left(\frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial z_1} \right)_{T,P} \right]_{z_1=z_{1c}} \right)^2 + \right. \\
 & \left. \left(\left[\left(\frac{\partial^2 \ln \hat{f}_1}{\partial z_1^2} \right)_{T,P} \right]_{z_1=z_{1c}} \right)^2 + \left(\frac{P - h^{z_c}}{P} \right)^2 + (P - P^{\text{exp}})^2 + (T - T^{\text{exp}})^2 \right]_{i=1}^{N_{PC}}
 \end{aligned} \quad (9)$$

NEB y *NPC* son, respectivamente, el número de puntos de equilibrio bifásico y de puntos críticos a ser ajustados. Los términos asociados a *NEB* en la ecuación 9, corresponden en parte a las condiciones de equilibrio bifásico; los asociados a *NPC*, corresponden en parte a las condiciones de criticidad. Ver la referencia [1] para más detalles. Los cuatro primeros términos asociados a *NEB*, se evalúan a T^{exp} y P^{exp} . Los términos 5to y 6to asociados a *NEB* permiten que durante la optimización las composiciones de las fases en el universo del modelo no sean forzadas a ser exactamente iguales a las experimentales.

Con respecto a los términos asociados a *NPC*, el término $(P - P^{\text{exp}})^2$ en la ecuación 9 implica que los términos que dependen de h^{z_c} y los términos que dependen de las fugacidades en puntos críticos no sean evaluados a la presión experimental. Sin embargo, la presencia del término $(P - P^{\text{exp}})^2$ impedirá que el valor de presión utilizado en las evaluaciones mencionadas se aleje significativamente de P^{exp} . Lo análogo sucede en el caso del término $(T - T^{\text{exp}})^2$. La presencia de este tipo de términos en la FO implica relajar el problema de

optimización. Debe notarse en la ecuación 9, que no aparecen términos correspondientes a la relajación de la fracción molar crítica: ello sería inapropiado pues no se dispone de los valores experimentales de la misma. Por consiguiente, las fracciones molares críticas se dejan liberadas completamente [no están atadas al (inexistente) valor experimental]; al igual que los parámetros de interacción y los volúmenes molares, con las diferencias obvias entre las naturalezas de los tres tipos de variables. Cabe hacer notar que, mientras los parámetros de interacción influyen sobre todos los puntos críticos, el valor ajustado de la fracción molar crítica (y el del volumen molar) afectará únicamente al punto crítico correspondiente.

5. Resultados y Discusión

En la Tabla 3, se muestran los valores de los parámetros de interacción con los que se inicializó el ajuste de los mismos, y los valores finales obtenidos aplicando el enfoque implícito con la FO dada por la ecuación 9. La Figura 2 previamente considerada es el mapa característico que genera el modelo de ecuación de estado (EdE) RK-PR con los parámetros de interacción iniciales de la Tabla 3 para el sistema CO₂(1)+ n-hexadecano(2). Como se dijo anteriormente, en un enfoque de optimización explícito, con inclusión de puntos críticos, debemos conocer a priori cuál es la variable que debemos especificar, ya que, recordemos, se requiere resolver las ecuaciones 5 a 7 para evaluar los residuales de la FO. Por ejemplo, al intentar resolver las condiciones de punto crítico a la temperatura de T=393.3 K (Tabla 1), usando los valores iniciales de los parámetros (Tabla 3), no lo lograremos, pues se observa en la Figura 2 que no existe solución, ya que la línea crítica calculada no tiene punto alguno que tenga tal temperatura. Al no existir solución, no es posible evaluar la FO. Esto no ocurre con el enfoque implícito ya que no es necesario resolver los equilibrios y, por lo tanto, la FO se puede evaluar siempre.

Tabla 3. Valores de iniciales y finales de los parámetros de interacción y de la FO (ecuación 9) para el enfoque de optimización implícito, aplicado al sistema CO₂(1)+ n-hexadecano(2) con los datos

experimentales de la Tabla 1 (puntos críticos) y de la Tabla 2 (puntos de eq. bifásico). T_{112}^* y T_{122}^* se mantuvieron fijas en 300 K y 600 K, respectivamente. EdE: RK-PR y RCM

Valores	k_{112}^{∞}	k_{122}^{∞}	k'_{112}	k'_{122}	l_{112}	l_{122}	FO
Iniciales	0.0000	0.0000	-0.5000	-0.5000	0.0000	0.0000	54.78
Finales	0.1929	0.4110	-0.2961	-0.6414	0.0780	0.0795	0.00008

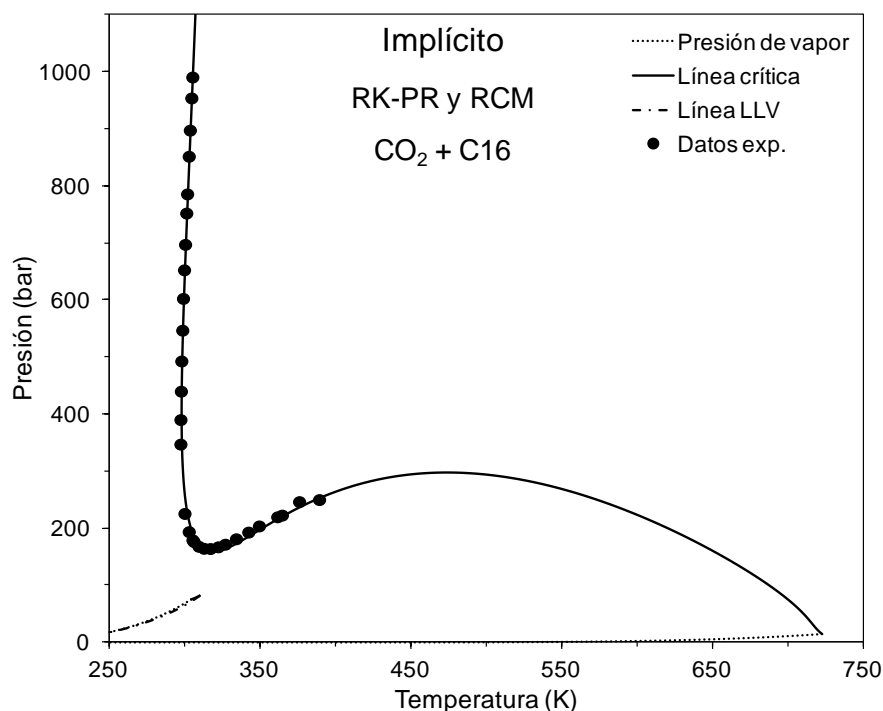


Figura 3. Esta figura es análoga a la Figura 2. La diferencia está en que los cálculos se realizaron utilizando los valores de parámetros resultantes del enfoque implícito de ajuste de los mismos (valores finales en la Tabla 3).

Cabe enfatizar que el uso de la FO (ec 9) implicó tener que inicializar las fracciones molares de los puntos críticos (recordar que se liberaron completamente). Estas se inicializaron con valores entre 0.50 y 0.90. Por otro lado, los volúmenes molares críticos se inicializaron resolviendo la EdE RK-PR (ec. 7) con los valores experimentales de T_c y P_c , y con los valores iniciales de los parámetros de interacción (Tabla 3) y los valores iniciales de las fracciones molares (entre 0.50 y 0.90). Por último, el valor del parámetro T_{112}^* se fijó en 300 K y el de T_{122}^* se fijó en 600 K.

En la Figura 3 se muestra la línea crítica, en el plano P-T, calculada con los valores de los parámetros de interacción estimados con el enfoque implícito (Tabla 3, valores finales). Se observa una muy buena correlación con los datos experimentales del sistema CO_2 + n-hexadecano. En la Figura 4 se muestran, en el plano Pxy, las isothermas de equilibrio líquido-vapor a $T=393.2$ K y $T=313.2$ K calculadas con el modelo, junto con los datos experimentales correspondientes, observándose un alto grado de concordancia entre datos y modelo.

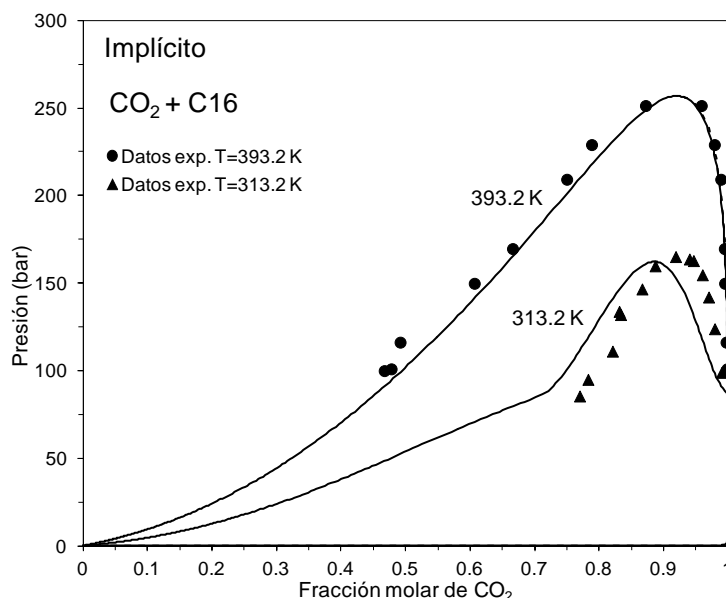


Figura 4. Equilibrio líquido-vapor computado utilizando el modelo RK-PR y RCM, con parámetros de interacción (valores finales en la Tabla 3) obtenidos con el enfoque implícito de ajuste de parámetros. Triángulos: datos experimentales a T=313.2 K. Círculos: datos experimentales a T=393.2 K.

6. Conclusiones

En este trabajo se propuso y aplicó un enfoque no convencional de ajuste de parámetros de modelos termodinámicos del comportamiento de fases, para el que la función objetivo es siempre evaluable. El modelo considerado es del tipo Ecuación de Estado. El enfoque es totalmente implícito en el sentido de que, durante el curso de la optimización, nunca se requiere resolver los altamente no lineales sistemas de ecuaciones del comportamiento de fases. Con ello desaparece el problema de la potencial ausencia de convergencia en cálculos iterativos, los cuales se requieren en enfoques no implícitos, para la ulterior evaluación de la función objetivo.

El caso de estudio considerado corresponde al sistema CO₂+n-hexadecano, el cual tiene un comportamiento de fases muy complejo. El modelo seleccionado es capaz de lidiar con tal complejidad debido al uso de reglas de mezclado dependientes de la temperatura, y cúbicas con respecto a la fracción molar.

Se observó que el enfoque aquí propuesto es robusto, pues fue capaz de converger a valores finales de los parámetros de interacción que brindaron una excelente reproducción del comportamiento de fases experimental. Esto sucedió a pesar de haberse partido de valores iniciales de los parámetros que daban un comportamiento de fases muy alejado del observado experimentalmente. Esto permite concluir que el enfoque de parametrizado aquí propuesto tiene un buen potencial.

Cabe hacer notar que el sistema $\text{CO}_2 + n\text{-C16}$ es un típico sistema de alto grado de asimetría y de difícil tratamiento en cuanto al ajuste de parámetros en modelos del tipo ecuación de estado.

Una desventaja del enfoque implícito es que la eliminación de las restricciones de igualdad se obtiene a costa de incrementar muy significativamente el número de variables de optimización: por cada dato experimental que se incorpora se adicionan variables de optimización, como por ejemplo, el volumen molar o la fracción molar de un componente. Otro potencial problema es el de evitar, durante el curso de la optimización, la llamada “solución trivial” del equilibrio entre fases. Este problema aparece cuando se incorporan a la función objetivo datos de equilibrio bifásico para los que no se conoce la composición de una de las fases.

Según nuestro conocimiento, el enfoque totalmente implícito no había sido utilizado previamente en la literatura del equilibrio entre fases.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al CONICET, a la ANPCyT, a la Universidad Nacional del Sur y a la Universidad Nacional de Córdoba por el apoyo económico recibido.

7. Referencias

- [1] J.I. Ramello. Aspectos avanzados en modelado del equilibrio entre mezclas en sistemas asimétricos y a altas presiones. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur, 2014.
- [2] J.P. O'Connell, J.M. Haile, THERMODYNAMICS: Fundamentals for Applications, Cambridge University Press, New York, 2005.
- [3] M. Cismondi, J. Mollerup, Development and application of a three-parameter RK-PR equation of state, Fluid Phase Equilib. 232 (2005) 74–89.
- [4] M.S. Zabaloy. Cubic mixing rules, Ind. Eng. Chem. Res. 47 (2008) 5063–5079.
- [5] M. Cismondi, Mollerup, J. M., Zabaloy, M.S. Modeling the Fluid Phase Equilibria of Asymmetric CO₂ – Hydrocarbon Systems Using a Consistent Cubic Composition Dependency, 23rd ESAT, Eur. Symp. Appl. Thermodyn. (2008).
- [6] M. Cismondi, J.M. Mollerup, M.S. Zabaloy. Equation of state modeling of the phase equilibria of asymmetric CO₂ + n-alkane binary systems using mixing rules cubic with respect to mole fraction, J. Supercrit. Fluids. 55 (2010) 671–681.
- [7] P.H. van Konynenburg, R.L. Scott, Critical lines and phase equilibria in binary van der Waals mixtures. Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. A. . 298 (1980) 495–540.
- [8] A. Scheidgen, G.M. Schneider. Fluidphasengleichgewichte von CO₂ + 1-Nonanol + Pentadecan und CO₂ + 1-Nonanol + Hexadecan bis 100MPa. Cosolvency effect und Miscibility windows., Ruhr-Universität Bochum, 1994.
- [9] M. Spee, G.M. Schneider. Fluid phase equilibrium studies on binary and ternary mixtures of carbon dioxide with hexadecane, 1-dodecanol, 1,8-octanediol and dotriacontane at 393.2 K and at pressures up to 100 MPa. Fluid Phase Equilib. 65 (1991) 263–274.
- [10] G. Brunner, J. Teich, R. Dohrn. Phase equilibria in systems containing hydrogen, carbon dioxide, water and hydrocarbons, Fluid Phase Equilib. 100 (1994) 253–268.

Evaluación técnica-económica de una planta de gasificación de biomasa residual del cultivo del limón para el abastecimiento energético de una citrícola de Tucumán

Gisela Florencia del Valle Diaz, EEAOC, gdiaz@eeaoc.org.ar

Dora Paz, EEAOC, ingenieria@eeaoc.org.ar

Resumen— La industria citrícola en Tucumán es de gran importancia, ya que ocupa los primeros puestos a nivel mundial. El secado de la cáscara de limón requiere el mayor consumo de gas natural del procesamiento, combustible que en época de zafra entra en déficit, produciéndose cortes en el suministro. Asimismo, el cultivo del limón genera grandes cantidades de biomasa residual no aprovechada. La gasificación es un proceso termoquímico de conversión de un sólido o líquido en un gas combustible mediante una combustión incompleta. El objetivo de este trabajo es evaluar técnica y económicamente una planta de gasificación de residuos biomásicos del cultivo del limón para abastecer energéticamente el secado de cáscara de una citrícola que procesa 50 t/h de limón. Se analizó la disponibilidad y el potencial energético de la biomasa residual, la demanda energética a cubrir y el procesamiento de la materia prima. Se determinó el costo anual equivalente del proyecto (CAE) y su sensibilidad comparando con la situación actual. Como resultado se obtuvo una planta de gasificación que procesa 3.960 kg/h de astillas al 15% de humedad produciendo 9.900 Nm³/h de gas pobre equivalente a 1.100 Nm³/h de gas natural. El proyecto iguala el valor del CAE de la situación actual, con crédito del banco al 19% de tasa de interés y venta de bonos de carbono a 6 €/tCO₂.

Palabras clave— gas pobre, poda de limón, renovaciones de plantas, centros de logística de biomasa.

1. Introducción

Argentina es un gran consumidor de combustibles de origen fósil, situación que hace a la economía muy sensible a las variaciones de la oferta y demanda del petróleo. Desde el año 2001, con la ratificación del Protocolo de Kyoto, nuestro país está promoviendo el desarrollo de fuentes de energía renovables.

La industria citrícola de Tucumán ocupa los primeros puestos a nivel mundial. Uno de los productos obtenidos del procesamiento del limón es la cáscara seca, cuyo proceso requiere el mayor consumo de gas natural de la fábrica. Este combustible entra en déficit en época de zafra, ocasionando cortes en el suministro a industrias. Una solución a esta problemática es el aprovechamiento de la biomasa residual generada por el mismo cultivo del limón a través de las actividades de poda y renovación de plantaciones. Esta biomasa de origen leñosa se genera en grandes cantidades y puede ser aprovechada mediante la gasificación: un proceso termoquímico de conversión de un sólido o líquido en gas combustible mediante combustión incompleta.

El objetivo de este trabajo es evaluar técnica y económicamente una planta de gasificación de residuos biomásicos del cultivo del limón para abastecer energéticamente el secado de cáscara de una citrícola que procesa 50 t/h de limón ubicada en el departamento de Lules, provincia de Tucumán, Argentina.

2. Materiales y Métodos

2.1 Análisis técnico

2.1.1 Caracterización de la biomasa residual

Se caracterizó la biomasa residual proveniente de la poda de limoneros de fincas privadas de variedad Eureka, con dos meses de secado natural en suelo. Las muestras se separaron en ramas finas y ramas gruesas de diámetro menor y mayor a 1 cm, respectivamente, y se astillaron de manera manual. Se llevó a cabo un análisis inmediato de 19 muestras de 1 g con el “Analizador Termogravimétrico TGA701”; se determinó el contenido de azufre y cloro según las técnicas especificadas por las normas ASTM D3177-02, y ASTM D4208-02 y ASTM D776-87, respectivamente; el poder calorífico superior según la norma ASTM E711 con bomba calorimétrica IKA C5000; y la temperatura de fusión de las cenizas según norma ASTM D1857-03 con el equipo AF700.

2.1.2 Cuantificación de la biomasa residual

Se analizó la disponibilidad y el potencial energético de la biomasa residual producida por las fincas que proveen de fruta a una citrícola que procesa 50 t/h de limones. Se considera una superficie de 3.800 ha de fincas, con una densidad de plantación de 300 plantas/ha [1]. Se estima la biomasa potencial, biomasa total generada en el área de estudio, teniendo en cuenta un índice de poda estimado de 30 kg de biomasa residual por planta [2], un peso total por árbol de 450 kg, y una extracción de 3,5% de las plantas para renovar la producción. Se considera que se deja en suelo un 20% de la biomasa residual proveniente de la poda, a modo de abono y para la conservación de la humedad del suelo. A su vez, se supone una pérdida de 10% de la biomasa debido a la cadena de logística y a la preparación de la biomasa.

2.1.3 Requerimientos para el abastecimiento de energía de secaderos

Teniendo en cuenta una demanda de energía térmica de los secaderos de cáscara de 200 kWh por tonelada de fruta fresca durante siete meses de operación anual, se calculó la potencia de la planta de gasificación necesaria para cubrir los requerimientos. Se eligieron gasificadores de tipo Downdraft ya que producen un gas limpio, prácticamente sin contenido de alquitrán. Se seleccionó una planta de gasificación llave en mano de la potencia calculada y se calculó la biomasa necesaria para su operación.

2.1.4 Descripción general del sistema

Se detalló el procesamiento de la materia prima que incluye: transporte de la biomasa de fincas a centros de acopio, pre acondicionamiento (secado natural y astillado), transporte a la fábrica, secado de las astillas, gasificación y limpieza del gas pobre, combustión del gas pobre, transferencia de masa y energía en secaderos de cáscara. Se determinó la superficie necesaria de acopio y la ubicación de los centros logísticos de biomasa (CLB). Se tomó una citrícola situada en el departamento de Lules, y se trazó un radio abarcando la superficie de fincas proveedoras de fruta fresca. Para la definición de este radio se recurrió a profesionales de la Sección Sensores Remotos de la EEAOC, quienes utilizaron herramientas SIG para el procesamiento de los datos recopilados teniendo en cuenta la distribución del cultivo de cítricos en Tucumán [3].

2.1.5 Logística de la biomasa

Se estudiaron los tiempos de disponibilidad de la materia prima a lo largo del año, de manera de identificar períodos de exceso o carencia de biomasa para el abastecimiento de la fábrica. En Tucumán las actividades de poda y renovación de plantas de citrus se llevan a cabo de forma anual durante el invierno, luego del término de la cosecha -por lo que puede variar año a año-, comenzando por lo general en el mes de junio y finalizando en el mes de septiembre. Mientras que la actividad de la fábrica comienza en el mes de abril y culmina en el mes de octubre. En base a los resultados se planifica la logística de la biomasa.

2.1.6 Equipos y maquinaria necesarios para el proyecto

Se identificaron y cuantificaron los equipos y rodados requeridos para el procesamiento y transporte de la biomasa. Se planteó un sistema de resolución de ecuaciones provenientes de balances de masa y energía y ecuaciones de diseño de los secaderos, para el abastecimiento energético del secado de cáscara de limón y el dimensionamiento del secadero de astillas. La cáscara de limón se seca en tres etapas, a través de tres secaderos rotatorios en serie, comenzando con una humedad del 85% y finalizando con una humedad de 8%. Para finalizar la preparación de la materia prima del gasificador, se deben llevar las astillas de 30% al 15 % de humedad en un secador rotatorio integrado energéticamente con los secaderos de cáscara.

Secado de cáscara de limón

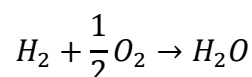
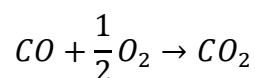
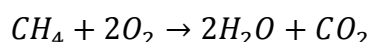
Como datos, se tiene el caudal volumétrico total para ambos gasificadores de 9.900 Nm³/h en condiciones normales de presión y temperatura, y la composición molar informados por el fabricante del gasificador (Tabla 1).

Tabla 1: Composición molar del gas pobre informado por el fabricante del gasificador.

Gas Pobre		
Componentes (j)	x _{jGP} (%)	PM _j
CO	0,21	28
CO ₂	0,08	44
N ₂	0,5	28
H ₂	0,18	2
CH ₄	0,03	16

Fuente: [4]

Para calcular el oxígeno teórico necesario para la combustión se emplean las relaciones estequiométricas que surgen de las siguientes reacciones:



Se considera que la combustión es completa (Ecuación 1). Para el cálculo del aire teórico se considera una relación entre N₂ y O₂ constante de 3,76 (Ecuación 2). La humedad absoluta del aire atmosférico, obtenido de cartas psicrométricas [5] es de 0,0118 kg/kg de aire seco, para una temperatura media de 21,4°C y una humedad relativa de 74%. Para el cálculo del aire real se considera un factor de dilución de 15, empleado actualmente en los quemadores (Ecuaciones 1 - 9).

$$O_{2Ti} = \left(2 * x_{CH_4,GP} + \frac{1}{2} x_{CO,GP} + \frac{1}{2} x_{H_2,GP} \right) * GP'_i \quad (1)$$

$$\frac{x_{N_2a}}{x_{O_2a}} = \frac{0,79}{0,21} = 3,76 \quad (2)$$

$$x_{N_2a} + x_{O_2a} + x_{H_2Oa} = 1 \quad (3)$$

$$\overline{PM}_a = \sum(x_{ja} * PM_j) \quad (4)$$

$$w_a = \frac{Y_a}{(1+Y_a)} \quad (5)$$

$$y_{H_2Oa} = \frac{w_a * \overline{PM}_a}{PM_{H_2O}} \quad (6)$$

$$A'_{Ti} = \frac{O_{2Ti}}{y_{O_2a}} \quad (7)$$

$$A'_i = A'_{Ti} * \lambda_d \quad (8)$$

$$A_i = \frac{A'_i * \overline{PM}_a}{1000} \quad (9)$$

Siendo:

- GP'_i : caudal molar de gas pobre del secador i, en mol/h.
- O_{2Ti} : oxígeno teórico del secador i, en mol/h.
- Y_a : humedad absoluta del aire atmosférico, en kg de agua/kg de aire seco.
- w_a : humedad del aire en base húmeda, en kg de agua/kg de aire húmedo.
- y_{H_2Oa} : fracción molar del aire en base húmeda.
- x_{ja} : composición molar de la especie j en aire húmedo.
- PM_j : peso molecular de la especie j, en g/mol
- \overline{PM}_a : peso molecular medio del aire atmosférico, en g/mol
- A'_{Ti} : aire teórico calculado para el secador i, en mol/h
- A'_i : aire real suministrado al secador i, en mol/h
- A_i : aire real suministrado al secador i, en kg/h
- λ_d : coeficiente de dilución

Se parte de las relaciones estequiométricas que surgen de las ecuaciones ya planteadas de la combustión completa para determinar la composición y caudal de los gases producidos.

Para todos los componentes j se realiza la conversión de las composiciones molares a base seca. Luego se determina el caudal de gas seco (sin humedad) a partir de la Ecuación 10.

$$V_i \left(\frac{kg}{h} \right) = G_{ei} \left(\frac{kg}{h} \right) * (1 - x_{H_2O,ei}) \quad (10)$$

Se determina el caudal de cáscara seca a través del rendimiento r de producción de cáscara seca por fruta fresca procesada de la citrícola (Ecuación 11) y se calcula el caudal de materia seca correspondiente a la corriente de cáscara seca (Ecuación 12) y se determinan las fracciones de sólidos de entrada y salida en base seca. Se asume un valor conservador de rendimiento de 50 kg de cáscara seca por tonelada de fruta fresca.

$$CS = r * FF \quad (11)$$

$$W = CS * (1 - w_{H_2O,s3}) \quad (12)$$

Siendo:

- r : rendimiento de cáscara seca húmeda, en kg/t.
- CS : cáscara de limón seca (10% de humedad en base húmeda), en kg/h.
- FF : fruta fresca (limones enteros), en t/h.
- W : caudal de sólidos secos, en kg/h.

- $w_{H_2O,si}$ humedad en base húmeda de la corriente de sólidos de salida del secador i.

Se toman valores de humedades de cáscara experimentales de 85%, 70% y 50% en base húmeda correspondientes a la cáscara de entrada de los secaderos 1, 2 y 3, respectivamente, con una humedad final de salida de 8% en base húmeda.

Se calcula el caudal de agua evaporada de la cáscara Ag_i expresada en kg/h, a través de la Ecuación 13, con X_{ei} y X_{si} , humedades en base seca de los sólidos a la entrada y salida del secador i, respectivamente.

$$Ag_i = W * (X_{ei} - X_{si}) \quad (13)$$

Seguidamente se procede al cálculo de la composición y caudal de la corriente de salida de los gases húmedos, incorporando el agua evaporada a los gases producto de la combustión.

Para realizar los balances de energía se tiene en cuenta, por un lado, los procesos que experimentan la corriente sólida, y por otro, el agente de secado. Se supone que los calores específicos y el calor latente de vaporización son constantes y que la vaporización transcurre a una temperatura constante. El calor recibido por la cáscara de limones se puede expresar como la suma del calor sensible para el calentamiento de los sólidos, el calor latente necesario para evaporar el agua de los sólidos junto con el calor sensible destinado al calentamiento de este vapor a la temperatura media de los gases, y la energía requerida para el calentamiento del agua remanente en la cáscara seca a la temperatura de salida de la misma (Ecuaciones 14 - 18).

$$Q_{s,i} = q_{s1,i} + q_{s2,i} + q_{s3,i} \quad (14)$$

$$q_{s1,i} = W * cp_s * (t_{si} - t_{ei}) \quad (15)$$

$$q_{s2,i} = Ag_i * [\lambda(t_{ei}) + cp_{H_2O,v} * (T_{mi} - t_{ei})] \quad (16)$$

$$\lambda(t_{ei}) = 604,83 + 0,659 * t_{ei} \quad (17)$$

$$q_{s3,i} = W * X_{si} * cp_{H_2O,l} * (t_{si} - t_{ei}) \quad (18)$$

Donde:

- $Q_{s,i}$: calor recibido por el sólido en el secador i, en Kcal/h.
- $q_{s1,i}$: calor sensible para el calentamiento del sólido a la temperatura de salida, en Kcal/h.
- $q_{s2,i}$: calor latente necesario para evaporar el agua de los sólidos que se transfiere junto con el calor sensible destinado al calentamiento este vapor a la temperatura media de los gases, en Kcal/h.
- $q_{s3,i}$: calor sensible para el calentamiento del agua remanente del sólido a la temperatura de salida del mismo, en Kcal/h.
- cp_s : calor específico de los sólidos, en Kcal/(kg°C).
- t_{si} : temperatura de los sólidos a la salida del secador i, en °C.
- t_{ei} : temperatura de los sólidos a la entrada del secador i, en °C.
- T_{mi} : temperatura media de los gases del secador i, en °C.
- $\lambda(t_{ei})$: calor latente de vaporización del agua a la temperatura de entrada del sólido del secador i, en Kcal/kg.
- $cp_{H_2O,v}$: calor específico del agua en estado gaseoso, en Kcal/(kg°C).
- $cp_{H_2O,l}$: calor específico del agua en estado líquido, en Kcal/(kg°C).

Por otro lado, el calor entregado por los gases es la suma de la energía consumida para enfriar los gases secos y el agua que ingresa con estos (Ecuaciones 19 – 22).

$$Q_{g,i} = q_{1g,i} + q_{g2,i} \quad (19)$$

$$q_{1g,i} = V_i * cp_{g,i} * (T_{ei} - T_{si}) \quad (20)$$

$$q_{g2,i} = V_i * Y_{H_2O,ei} * cp_{H_2O,v} * (T_{ei} - T_{si}) \quad (21)$$

$$cp_{g,i} = cp_{CO_2} * Y_{CO_2,i} + cp_{O_2} * Y_{O_2,i} + cp_{N_2} * Y_{N_2,i} \quad (22)$$

Donde:

- $Q_{g,i}$: calor cedido por el gas en el secador i, en Kcal/h
- $q_{1g,i}$: calor cedido para el enfriamiento del gas seco en el secador i, en Kcal/h
- $q_{g2,i}$: calor cedido para el enfriamiento del vapor contenido en el gas en el secador i, en Kcal/h
- $cp_{g,i}$: calor específico de los gases secos, en Kcal/(kg.°C)

El calor entregado por los gases es recibido en parte por la cáscara, la otra parte se pierde (p) hacia el medio ambiente (Ecuación 23).

$$Q_{g,i} = Q_{s,i} * (1 + p) \quad (23)$$

Secadero de astillas

La biomasa que llega a la planta ingresa en un secadero rotatorio alimentado con gases del gasificador donde se seca hasta una humedad del 15%. El secadero es alimentado con parte de los gases húmedos provenientes del secado de cáscara. Se analizan diferentes esquemas de alimentación del secadero (humos provenientes de secaderos de cáscara) y se selecciona el más conveniente. Se tiene en cuenta que a partir de una temperatura de 200 a 250 °C se puede producir un proceso de pirólisis, que en presencia de oxígeno podría derivar en la combustión de las astillas [6]. El porcentaje de derivación de humos provenientes de secaderos de cáscara se determina minimizando la longitud resultante del secadero de astillas.

Los balances de masa y energía se especifican en base seca. Las humedades de astillas se calculan en base seca y mediante balances de masa se determina el caudal de astillas, el caudal de agua evaporada y la humedad de los humos de salida (Ecuaciones 24 – 28).

$$X_{as} = \frac{w_{H_2O,as}}{(1-w_{H_2O,as})} \quad (24)$$

$$X_{ae} = \frac{w_{H_2O,ae}}{(1-w_{H_2O,ae})} \quad (25)$$

$$W_a = \frac{B_{rm}}{t_{dia} * t_{mes}} * (1 - w_{H_2O,as}) * 1000 \quad (26)$$

$$V' * (Y_{H_2O,ae} - Y_{H_2O,as}) = W_s * (X_{as} - X_{ae}) \quad (27)$$

$$Ag_a = W_a * (X_{ae} - X_{as}) \quad (28)$$

Siendo:

- W_a : caudal de astillas en base seca, en kg/h.
- X_{as} : humedad de astillas a la salida del secador en base seca.
- X_{ae} : humedad de astillas a la entrada del secador en base seca.
- $w_{H_2O,as}$: humedad de astillas a la salida del secador en base húmeda.
- $w_{H_2O,ae}$: humedad de la corriente de sólidos de astillas a la entrada del secador en base húmeda.
- $Y_{H_2O,ae}$: humedad de humos a la entrada del secador de astillas en base seca.
- $Y_{H_2O,as}$: humedad de humos a la salida del secador de astillas en base seca.
- V' : caudal de humos en base seca, en kg/h.

- $t_{día}$: Horas de operación diarias, en h/día.
- t_{mes} : Días de operación por mes, en día/mes.
- B_{rm} : Biomasa requerida mensual para la operación de la planta de gasificación (15%H), en t/mes.
- Ag_a : caudal de agua evaporada en el secadero de astillas, en kg/h.

Mediante balances de energía se determinan la temperatura y la humedad de salida de los humos. Se emplean las Ecuaciones 14 a 23, particularizadas para las corrientes del secadero de astillas. Para determinar el calor específico de las astillas se emplea la Ecuación 29 [7].

$$cp_{madera} = 4,206 * T - 37,7 \quad (29)$$

Siendo:

- cp_{madera} : Calor específico de la madera, en J/kg.K
- T : Temperatura, en K

Dimensionamiento del secadero de astillas

Se tuvo en cuenta las dimensiones de las astillas más pequeñas que acepta el gasificador de 10 mm de lado, considerando una forma de cubo, y se calcula el diámetro equivalente (Ecuación 30). Se calcula la velocidad de transporte de las astillas mediante la ecuación correspondiente a valores del número dimensional de Reynolds (N_{Re_p}) de partícula entre 500 y 200.000 (Ecuación 31). De esta manera, la velocidad de los humos de secado debe ser menor a la correspondiente a la velocidad de transporte de las partículas más pequeñas, para asegurar que las astillas no sean arrastradas con los humos. La densidad de la madera de 770 kg/m³ se extrajo de estudios sobre las características de astillas de origen forestal [6].

$$D_p = \sqrt[3]{\left(\frac{6*V_p}{\pi}\right)} \quad (30)$$

$$v_t = \sqrt{\frac{3*D_p*(\rho_s-\rho_g)*g}{\rho_g}} \quad (31)$$

Donde:

- D_p : diámetro equivalente de la partícula, en m.
- V_p : Volumen de la partícula, en m³.
- v_t : velocidad de transporte, en m/s.
- g : aceleración de la gravedad, en m/s².
- ρ_g : densidad del gas en kg/m³.
- ρ_s : densidad del sólido en kg/m³.

Se elige un secadero de tipo rotatorio y se dimensiona en función del número de unidades de transferencia de calor que contienen. Una unidad de transferencia de calor es la sección o zona del equipo en el que la variación de temperatura es igual a la fuerza impulsora (diferencia de temperatura) media en dicha sección. El producto de las unidades de transferencia, con la longitud de las unidades de transferencia, resulta en la longitud total del secadero (Ecuación 32) [8].

$$z = H * N \quad (32)$$

Siendo:

- z : longitud total del secadero, en m.
- H : longitud de unidad de transferencia de calor del secadero, en m.

- N : número de unidades de transferencia de calor del secadero.

En el caso del secadero de astillas de madera, existen estudios que presentan humedades críticas de alrededor de 23% en base húmeda (30% b.s.) [6]. Debido a que las astillas en nuestro proceso se secan naturalmente hasta una humedad de aproximadamente 30% b.h., y se quiere obtener una humedad final de 15% b.h. en el secadero, entonces se tendrá una fase de secado en el período de velocidad constante y otra fase en el período de velocidad decreciente.

Según los criterios de selección de secaderos, se selecciona un secador de tipo continuo, ya que el caudal de astillas secas a producir es mayor a 200 kg/h. Para un secadero continuo el número de unidades de transferencia del secadero para los períodos de velocidad constante y decreciente viene dado por las Ecuaciones 33 y 34 [8].

$$N_{PVC} = \ln \left(\frac{(Y_{bh} - Y_c)}{(Y_{bh} - Y_{H_2O,as})} \right) \quad (33)$$

$$N_{PVD} = \frac{(X_c - X^*)}{\frac{V'}{W_a} * (Y_{bh} - Y_{H_2O,ae}) + (X_{as} - X^*)} * \ln \left(\frac{(Y_{bh} - Y_{H_2O,ae}) * (X_c - X^*)}{(Y_{bh} - Y_c) * (X_{as} - X^*)} \right) \quad (34)$$

Siendo:

- N_{PVD} : número de unidades de transferencia de un secadero para el período de velocidad decreciente.
- N_{PVC} : número de unidades de transferencia de un secadero para el período de velocidad constante.
- X^* : humedad de equilibrio de las astillas en base seca.
- X_c : humedad crítica de las astillas en base seca.
- Y_c : humedad de los humos en contacto con el sólido de humedad crítica en base seca.
- Y_{bh} : humedad de los humos a la temperatura de bulbo húmedo en base seca.

La humedad de equilibrio se tomó de estudios de secado de madera en hornos de 3,5% en base seca [9].

Tanto para el período de velocidad constante como para velocidad decreciente, la longitud de unidad de transferencia para el sistema aire-agua viene dado por la Ecuación 35, calculando el calor específico del gas húmedo mediante la Ecuación 36 y la humedad de salida de los humos por medio de la Ecuación 37 [8]. El coeficiente de transferencia de calor por convección asumido fue tomado de estudios de secaderos rotatorios de cáscara de limón de alrededor de 200 Kcal/h.m².°C [10].

$$H = \frac{V' * cp_h}{B * h_c} \quad (35)$$

$$cp_h = cp_g + \overline{Y_{H_2O}} * cp_{H_2O,v} \quad (36)$$

$$V' * (Y_{H_2O,ae} - Y_{H_2O,as}) = W_a * (X_{as} - X_{ae}) \quad (37)$$

Donde,

- cp_h : calor específico del gas húmedo, en Kcal/(kg.°C).
- h_c : coeficiente de transferencia de calor por convección, en Kcal/h.m².°C.
- $\overline{Y_{H_2O}}$: humedad media del gas en el secadero.
- B : longitud característica del secadero, en m.

2.2 Análisis económico – financiero

Para el análisis económico-financiero del proyecto se identifican y cuantifican la inversión, los costos de la operación clasificados en costos fijos y variables, para luego calcular el flujo de caja. Se toma el costo de una planta de gasificación llave en mano, estimándose los costos directos, indirectos y eventuales derivados de la infraestructura [11]. Para los costos variables se calculó el consumo de combustible y mantenimiento de los equipos y rodados y los salarios de operarios. Para los costos fijos se tuvo en cuenta los sueldos del personal fijo de la planta y los centros de acopio. Para los cálculos se determinó una vida útil del proyecto de 15 años y una tasa de descuento del 25%. Para decidir si es conveniente la implementación del proyecto, en adelante “Proyecto B”, se debe comparar con el análisis económico de la situación actual, consumiendo gas natural, en adelante “Proyecto A”. Para ambos proyectos se tiene flujos de caja negativos, ya que sólo se tienen en cuenta costos de operación e inversión, por lo que se determinaron los costos anuales equivalentes (CAE) para su comparación. Se analizó el Proyecto B en tres escenarios: sin crédito del banco, con crédito del banco y con venta de bonos de carbonos. Para el caso de optar por un crédito del banco, se adopta un préstamo del 70% de la inversión, a pagar en un lapso de tiempo de cinco años y una tasa de interés anual del 33% (tasa activa de cartera general del Banco Central de la República Argentina, febrero 2016), con frecuencia de amortización trimestral. Para el caso de venta de bonos de carbono, se toma como valor de mercado 6 €/t CO₂.

Se estudió la sensibilidad del CAE de los proyectos con respecto al precio del gas natural, al precio de combustibles (nafta y gasoil), tasa de interés del crédito, valor de mercado de los bonos de carbono y la distancia de transporte entre los centros de acopio y la fábrica.

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis técnico

3.1.1 Caracterización de la biomasa residual

Los resultados de la caracterización de las muestras provenientes de poda, con alrededor de dos meses de secado, se presentan en la Tabla 2, con valores congruentes con bibliografía [12], [13], con excepción del contenido de azufre que se encuentra en menores concentraciones.

En cuanto al análisis de termofusibilidad de cenizas, no se logró fundir las cenizas, es decir, resultó en temperaturas de fusión mayores al alcance del equipo de 1500°C. Esto es congruente con los resultados obtenidos por otros estudios [13].

Tabla 2: Resultado del análisis último en base húmeda.

Parámetro	Unidad	Ramas finas	Ramas gruesas
Humedad	% b.h.	9,16%	12,35%
Ceniza	% b.h.	3,42%	1,47%
Volátiles	% b.h.	73,60%	72,06%
Carbono Fijo	% b.h.	13,82%	14,11%
Azufre	% b.s.	0,1776	0,0838
Cloro	% b.s.	0,0608	0,1024
Poder calorífico superior	kJ/Kg	17.671	18.212

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Cuantificación de la biomasa residual

De los cálculos resulta un total de 29.919 t anuales de biomasa seca (al 15% de humedad) de biomasa residual potencial. Considerando el porcentaje de biomasa residual proveniente de la poda que se deja en suelo, se calcula 26.049 t por año (al 15% de humedad) de biomasa disponible. Finalmente, considerando las pérdidas de biomasa debido a la cadena de logística y a la preparación de la biomasa, se tiene finalmente 23.444 t/año de biomasa utilizable.

3.1.3 Requerimientos para el abastecimiento de energía de secaderos

Como resultado de los cálculos, se tiene que una citrícola que procesa 50 t/h de limones requiere 10.000 kW de energía durante siete meses de operación anual.

Para cubrir esta demanda se seleccionó una planta de gasificación que produce 12.657 kW, a partir de 3.900 kg/h de biomasa al 20% de humedad. Calculando las horas de operación anual, la biomasa requerida anual resulta en 18.295 t/año, inferior a la biomasa utilizable calculada. La biomasa requerida mensual es de 2.614 t/mes.

3.1.4 Descripción general del sistema

El proceso en general que experimenta la biomasa en este proyecto se esquematiza en la Figura 1. La biomasa residual proviene de dos actividades de poscosecha: la poda y el arranque de plantas. Estas actividades ya forman parte del proceso actual de la actividad citrícola, aunque la biomasa residual obtenida hoy en día es acumulada en los extremos de los callejones para ser quemada sin dañar las plantaciones. Es en esta última parte donde interviene el proyecto, siendo la primera actividad la recolección de la biomasa y el transporte a CLB, ya que es necesario almacenar la biomasa durante los meses de lluvia en la región. En estos almacenes se lleva a cabo la preparación de la biomasa, que comprende el secado natural por aproximadamente dos meses en playas de secado y el astillado de la biomasa. Así, la densidad aparente de la biomasa disminuye drásticamente junto con los costos de transporte y de almacenamiento en fábrica. En la fábrica las astillas se secan en un secador industrial alimentado con parte de los gases de salida de los secaderos de cáscara, y se alimenta a la planta de gasificación. El gas pobre resultante se limpia de manera de extraer el contenido de polvos y alquitranes, luego es enfriado y transportado a los quemadores de cáscara.

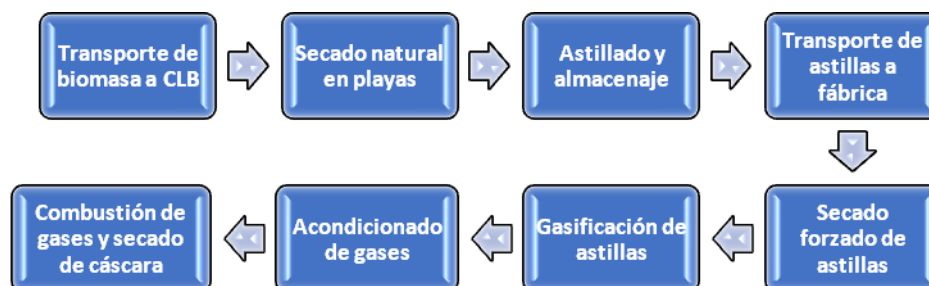


Figura 1: Esquema del proceso en líneas generales.

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Logística de la biomasa

Analizando los tiempos de disponibilidad de la biomasa para ser suministrada a la planta de gasificador, el cuello de botella está en el tiempo de secado natural de dos meses. Esto significa que en el primer año, si se comienza a recolectar la biomasa en junio, se la tendrá lista recién en agosto. En la Tabla 3 se observan los valores de biomasa excedente o faltante para cada mes considerando la recolección de la totalidad de la biomasa utilizable.

Tabla 3: Excedente y déficit de biomasa mensual.

Condición [t/mes]	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Requerida	0	0	0	2.614	2.614	2.614	2.614	2.614	2.614	2.614	0	0	18.295
Utilizable lista	0	0	0	0	0	0	0	5.861	5.861	5.861	5.861	0	23.444
Excedente ó Déficit	0	0	0	- 2.614	- 2.614	- 2.614	- 2.614	3.248	3.248	3.248	5.861	0	5.150

Fuente: Elaboración propia

Para minimizar la superficie de almacenamiento se llegó a la conclusión de que la mejor opción es recolectar como mínimo el 100% de la biomasa arrancada y sólo el 63% de la biomasa útil generada por la poda comenzando en el mes de junio. De esta manera, se tiene un déficit de 10.454 t en los meses de abril a julio (al 15% de humedad), que se traduce en 12.695 t al 30% de humedad que debe ser almacenada en los CLB desde el año anterior. Con una relación de superficie de almacenamiento de 2 m² por tonelada de biomasa al 30% de humedad, la superficie necesaria para el almacenamiento de las astillas en los centros de acopio es de 25.390 m², y 7.841 m² para el stock de astillas secas en fábrica.

La determinación de la ubicación de los CLB resulta en una distancia máxima de fincas a la planta de 10 km. Debido a que esta distancia es corta, se cree más conveniente tener dos centros de acopio, cada uno con 12.695 m², ubicados a media distancia hacia el norte y hacia el sur.

3.1.6 Equipos y maquinaria necesarios para el proyecto

Luego de caracterizadas las salidas de humos de los secaderos de cáscara, se eligió utilizar como medio de secado para las astillas los correspondientes al segundo secador, debido a su temperatura y caudal. El proceso de secado de las astillas pasa por una etapa de secado a velocidad constante y culmina en la etapa de velocidad decreciente. El dimensionamiento del secadero de astillas de tipo rotatorio resulta con un diámetro de 3 m y una longitud de 11,8 m.

La Figura 2 muestra los resultados de los balances de masa y energía de los secaderos de cáscara y de astilla.

Los rodados y equipos necesarios para la operación del proyecto se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4: Breve descripción del equipamiento necesario.

Equipos y rodados	Unidad	Breve descripción
Rodados	Camiones	2 Tolva de 40 m ³ de capacidad
	Palas cargadoras	2 Volumen de pala de 1 m ³ , motor de 115 CV, capacidad de carga máxima de 1000 kg, con accesorio de pinza levanta troncos
Equipos	Astilladora	1 Rendimiento de entre 50 y 60 plantas por hora, motor con potencia de 49 HP
	Quemadores	3 Quemadores de gas pobre de 3,5 MW, para PCI > 1.100 Kcal/Nm ³ y aproximadamente 3.300 Nm ³ /h
	Secadero de astilla	1 Secadero rotatorio de 3 m de diámetro y 11,8 m de longitud, salto de humedad del sólido de 30 a 15%
	Planta de gasificación	1 Gasificadores Downdraft de potencia térmica de 12.657 kW, alimentación de 3.900 kg/h al 20% de humedad de entre 10 y 75 mm de diámetro y longitud

Fuente: elaboración propia

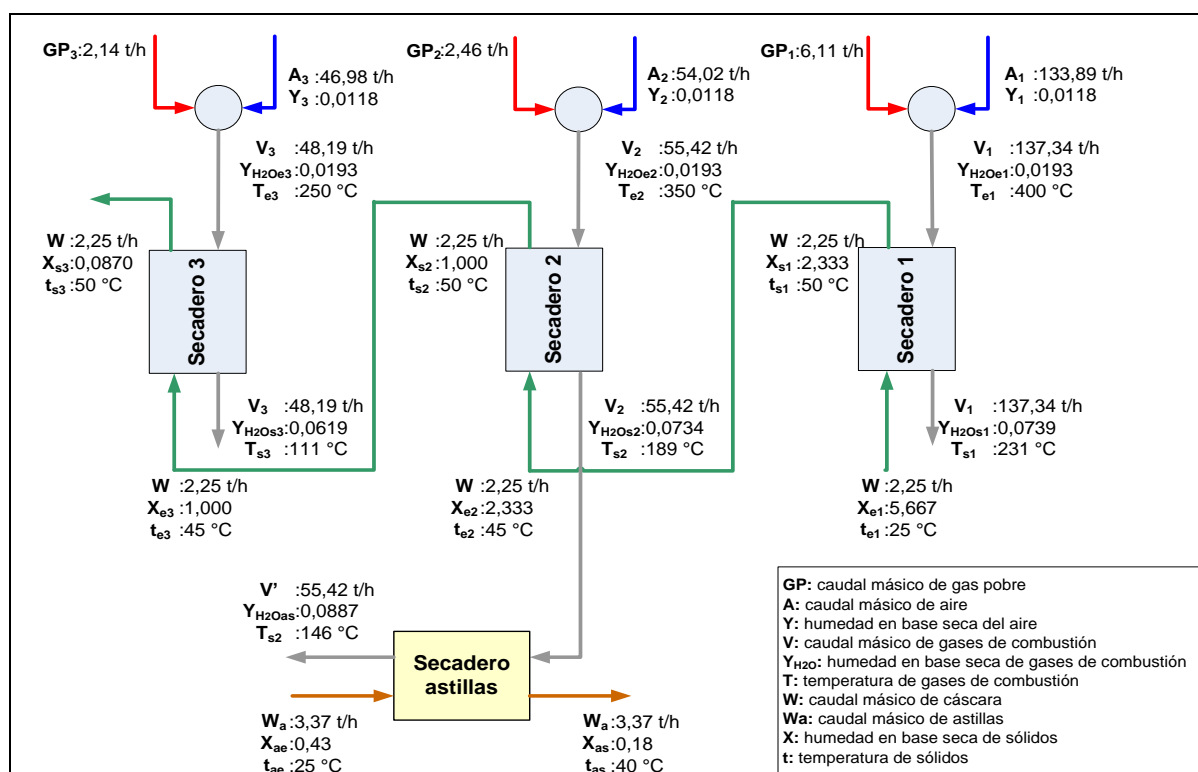


Figura 2: Resultado de balances en secaderos de cáscara de limón y astillas.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Análisis económico – financiero

3.2.1 Cálculo de CAE

Proyecto A

El costo del combustible del proyecto A resulta en alrededor de 20 millones de pesos, calculado para un precio de 0,276 USD/Nm³ (precio estimado por técnicos de citrícola para la zafra 2016) teniendo en cuenta un tipo de cambio de 15 \$/USD.

Proyecto B

Los equipos, infraestructura y terreno a comprar para el proyecto B se detallan en la Tabla 5, junto con su valor de mercado. En total la inversión inicial asciende al valor de \$49.287.050.

Tabla 5: Equipos e infraestructura de los CLB.

Equipos e infraestructura	Valor	Porcentaje del total
Terreno CLB	\$ 3.173.750	6,4%
Infraestructura CLB	\$ 2.665.950	5,4%
Tractores cargadores	\$ 1.140.000	5,1%
Camiones	\$ 2.520.000	1,4%
Astilladora	\$ 667.350	2,3%
Secador de astillas	\$ 4.800.000	9,7%
Planta gasificadora	\$ 15.150.000	30,7%
Costos de construcción e instalación de la planta	\$ 17.145.500	34,8%
Quemadores	\$ 2.025.000	4,1%
TOTAL	\$ 49.287.050	100%

Fuente: Elaboración propia

En el escenario de venta de bonos de carbono los ingresos resultaron en 1.101.618 \$/año para el valor de referencia de los bonos de 6 €/tCO₂.

La Tabla 6 muestra los costos fijos y variables calculados para el proyecto B.

Tabla 6: Costos fijos y variables del proyecto B.

Año	Costos Fijos	Costos Variables	Total
Año 1	2.219.250	4.341.292	6.560.542
Año 2	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 3	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 4	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 5	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 6	2.219.250	4.497.350	6.716.600
Año 7	2.219.250	4.515.650	6.734.900
Año 8	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 9	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 10	2.219.250	4.479.050	6.698.300
Año 11	2.219.250	4.582.137	6.801.387
Año 12	2.219.250	4.685.223	6.904.473
Año 13	2.219.250	4.806.610	7.025.860
Año 14	2.219.250	4.927.997	7.147.247
Año 15	2.219.250	5.049.384	7.268.634

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7 muestra los valores obtenidos del Valor Actual Neto (VAN) y CAE para los casos analizados, expresados en miles de pesos.

Tabla 7: Valores de VAN y CAE obtenidos para los proyectos analizados.

Escenario	Proyecto A		Proyecto B	
	VAN	CAE	VAN	CAE
Sin apalancamiento	-50.040	-12.966	-62.449	-16.182
Con apalancamiento			-58.553	-15.172
Con apalancamiento y bonos de carbono			-55.790	-14.456

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Análisis de sensibilidad

Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Resultado del cálculo de sensibilidad.

Parámetro	Sensibilidad		
	Proyecto A	Proyecto B con apalancamiento	Proyecto B con apalancamiento y venta de CER
Costo de gas natural	1	-	-
Costo de combustibles	-	0,01	-
Tasa de interés del crédito	-	0,23	0,25
Valor de CER	-	-	-0,05
Distancia al CLB	-	0,007	-

Fuente: Elaboración propia

El análisis de sensibilidad del Proyecto A resulta en una relación lineal entre el precio del gas natural y el CAE, con una sensibilidad de 1.

Del análisis de sensibilidad del Proyecto B se puede observar que la tasa de interés del crédito es el factor más influyente en el valor de CAE con una sensibilidad de 0,23, y 0,25 para el proyecto con venta de bonos de carbono. Le sigue el valor de los bonos de carbono, con una sensibilidad de -0,050. Por último se tiene los parámetros de incidencia bastante menores: el precio de combustibles y la distancia a los CLB. Asimismo, del análisis de sensibilidad resulta que el escenario de igualdad de CAE entre los proyectos A y B se presenta a una tasa de interés del crédito de 19%, con 6 €/tCO₂ de valor de mercado de bonos de carbono

4. Conclusiones

La caracterización de la poda de limoneros resultó en valores congruentes con bibliografía, que la clasifican como apta para su uso como combustible. La biomasa residual útil resultó en 23.444 t/año, superando los requerimientos de la planta de gasificación de 18.295 t/año, ambos valores al 15% de humedad, pudiendo tomar como materia prima para el proyecto toda la biomasa útil proveniente de arranques de plantas y sólo el 63% de la generada por la poda.

Para la preparación de la biomasa residual se requiere de dos centros de acopio, cada uno con una superficie total de 1,27 ha, ubicados a una distancia de 5 km de la fábrica hacia el norte y hacia el sur. El secadero de astillas de tipo rotatorio se alimenta con los gases de salida del segundo secadero de cáscara de limón, con humedades de entrada y salida de las astillas de 30% y 15% respectivamente, resultó en un diámetro de 3 m y una longitud de 11,8 m. Se seleccionó una planta de gasificación y limpieza y refrigeración de gases llave en mano que procesa 3.960 kg/h de astillas al 15% de humedad, produciendo 12.657 kW de energía térmica con 9.900 Nm³/h de gas pobre y un rendimiento del 75%. Esta planta se anexa a la nave existente de la citrícola. La inversión del proyecto asciende a \$49 millones, siendo los costos de la planta de gasificación los de mayor impacto. En cuanto a los costos operativos del proyecto, resultaron en alrededor de \$6,5 millones.

El valor de CAE del proyecto estudiado con crédito del banco del 70% de la inversión a una tasa de interés del 33% sin beneficios, y un valor de venta de bonos de carbono de 6 €/tCO₂, resultó ser menor al de la situación actual en \$3 millones. El valor de CAE se iguala a la situación actual, a una tasa de interés del crédito de 19%, sin tener en cuenta los beneficios derivados del autoabastecimiento de la planta sin riesgos de cortes del suministro.

El análisis de sensibilidad del caso actual resulta en una relación lineal entre el precio del gas natural y el CAE, con una sensibilidad de 1. Esto hace muy vulnerable a la situación actual de la planta, ya que se esperan grandes aumentos en el precio de gas natural.

Del análisis de sensibilidad del proyecto se concluye que la tasa de interés del crédito es el factor más influyente en el valor de CAE con una sensibilidad de 0,25 para el proyecto con venta de bonos de carbono. Esto indica que la inversión tiene el mayor peso en la determinación del CAE; si se consideran los numerosos incentivos a la inversión industrial, se tiene un futuro económico promisorio para el proyecto.

5. Referencias

- [1] Secretaría de Planeamiento - Dirección de estadística- Gobierno de Tucumán. (2006). *Secretaría de Planeamiento - Dirección de estadística*. Recuperado el 20de Noviembre de 2014, de Censo Citrícola Provincial:

- [2] Agencia Extremeña de la Energía. (2013). *Los residuos agrícolas de poda*.
- [3] Fandos, C.; Scandaliaris, P.; Carreras Baldrés, J. I. & Soria, F. (2014). Área implantada con cítricos en Tucumán en 2014 y comparación con años anteriores. *Reporte Agroindustrial - Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán*(97).
- [4] ANKUR. (s.f.). Ankur Scientific Energy Technologies Pvt. Ltd. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://www.ankurscientific.com/thermal.htm>
- [5] Perry, R. H. (1984). *Perry's Chemical Engineers' Handbook - Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [6] Fondo Social Europeo y Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. (Mayo de 2013). *Proyecto INTRADER (2008-2010). Estudio de las características de la astilla forestal y buenas prácticas para su aplicación energética*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de Centre Tecnològic Forestal de Catalunya: http://afib.ctfc.cat/wp-content/uploads/2013/05/Estudio_pilas_astilla_buenas_practicas_INTRADER_CTFC.pdf
- [7] Alamia, A., Ström, H., & Thunman, H. (2015). Design of an integrated dryer and conveyor belt for woody biofuels. *Biomass and Bioenergy*, 77, 92-109.
- [8] McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1991). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. España: Mc Graw Hill/ Interamericana.
- [9] Viscarra, S. (Agosto de 1998). *RITIM Red de Instituciones de Desarrollo Tecnológico de la Industria Maderera*. Recuperado el 24 de Julio de 2015, de Guía para el secado de la madera en hornos. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR: <http://ritim.org.ar/espanol/Descargas/i007.pdf>
- [10] Golato, M., Ruiz, M., D'Angelo, J., Aso, G., & Paz, D. (2005). Determinación del coeficiente global de transferencia de calor en secaderos rotativos de cáscara de limón. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 82(1-2), 27-35.
- [11] Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1993). *Plant design and economics for chemical engineers*. USA: McGraw-Hill.
- [12] García, R., Pizarro, C., Lavín, A. G., & Bueno, J. L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource Technology*, 103, 249-258.
- [13] Melissari, B. (2012). *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2015, de Comportamiento de cenizas y su impacto en sistemas de combustión de biomasa: http://www.um.edu.uy/docs/6_comportamiento_de_cenizas_y_suimpacto_en_sistemas_de_%20combustion_de_biomasa.pdf



FABRICACIÓN DE UN EQUIPO DE PLACA CALIENTE PARA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES

Juan J. Corace¹, GIDER – Facultad de Ingeniería – UNNE – jcorace@ing.unne.edu.ar

María R. Aeberhard², GIDER – Facultad de Ingeniería – UNNE – raquelaerberhard@yahoo.com.ar

Pablo E. Martina³, GIDER – Facultad de Ingeniería – UNNE – pablo@ing.unne.edu.ar

Resumen — La conductibilidad térmica es un parámetro cuyo conocimiento es importante para caracterizar un material. En escenarios y condiciones adversas la conductibilidad térmica es un dato clave para el diseño y construcción, ésta propiedad evidencia la cantidad de calor que se pierde o se gana en situaciones reales. La bibliografía aporta datos de conductividad térmica de diversos materiales, pero existen algunos que por ser nuevos o fabricados para un uso específico y/o determinado para un tipo de obra, de los que no se cuentan con datos fidedignos o los márgenes de variación son muy amplios. Esto motivó se desarrolló un dispositivo denominado “Aparato de Placa Caliente” o “Hot Plate” con el cual se puede establecer el coeficiente de conductividad térmica para diferentes materiales. El aparato se construyó siguiendo las especificaciones de las Normas IRAM 11.559 y ASTM C177-85. Los resultados alcanzados con el mismo han demostrado concordancia con valores de conductividad térmica obtenidos de ensayos comparativos. La utilización del aparato permite determinar conductibilidades de todo tipo de material bajo diferentes condiciones de temperatura. El equipo cubre el vacío que existe en nuestro medio para caracterizar materiales térmicamente en montajes cuya arquitectura o configuración no es tradicional y tiene como objetivo aportar conocimientos científicos transferibles a la actividad industrial para mejorar la calidad y dar valor agregado.

Palabras clave — transferencia de calor, conductibilidad, placa caliente.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes: en distintas áreas de la ciencia y de la ingeniería se presenta el problema de determinar la distribución de temperaturas y el flujo de calor, tal el caso de intercambiadores como ser calderas, condensadores, radiadores, etc., las barras de combustibles (núcleos) de los reactores nucleares, donde se debe realizar un análisis completo de la transferencia de calor de los elementos combustibles para evitar el agotamiento de los mismos, en la calefacción y acondicionamiento de aire en edificaciones para determinar la cantidad de aislamiento con el fin de evitar pérdidas o ganancias de calor, y, como éstos, muchos ejemplos más.

Entre las líneas de investigación que realiza el grupo G.I.D.E.R. (Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables) de la facultad de Ingeniería de la UNNE, una está referida al estudio del comportamiento térmico de materiales, donde se ensayan prototipos experimentales, para conocer el comportamiento térmico de los mismos y establecer su caracterización para su uso en obra. Los resultados alcanzados en proyectos que abarcaron dichas líneas de investigación, demostraron que para mejorar tanto la calidad de los materiales, como también la rentabilidad de los procesos, es necesario estudiar el almacenamiento y transporte de la energía en las estructuras que conformarán dichos

materiales. La transferencia de calor requiere el cálculo simultáneo de los efectos del calor latente y sensible, y depende de las complejas características morfológicas de los mismos.

Con el desafío de estudiar el comportamiento térmico de materiales y ante la perspectiva de ensayar con materiales metálicos, específicamente chapas que formarían parte de bobinas estáticas y el material aislante de dichas bobinas proporcionados por la firma IMPSA, se observó la posibilidad de construir un aparato con el que, a partir de una muestra conocida, pueda determinarse, en forma directa, la conductividad térmica de materiales aún no estudiados o cuya configuración sea no tradicional.

1.2 Conductividad Térmica

En todas las aplicaciones prácticas desempeña un papel importante el coeficiente de conductividad térmica. Este coeficiente es una constante del material, que depende también de la dirección del flujo de calor, de la temperatura y del grado de humedad del mismo.

La conductividad térmica se define como la cantidad de calor que se transmite en una dirección, por unidad de tiempo y de superficie, cuando el gradiente de temperatura es unitario [1]. Este coeficiente se indica con la letra griega lambda λ , y su unidad se expresa en W/(mK).

Según la ley que rige la transferencia de calor en los sólidos (Ley de Fourier de la conducción [1]), una vez que se ha alcanzado el régimen permanente, la velocidad de transmisión calorífica a través de un muro es:

$$q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Donde q es la velocidad de transmisión del calor a través del espesor, en W/s, λ es el coeficiente de conductividad térmica del material, en W/ m.K, A es la sección del material, perpendicular al flujo del calor, en m^2 , dT es la variación de temperatura entre las caras fría y caliente, en K y dx es el espesor en la dirección del flujo de calor (x), en metros.

De (1) se obtiene el coeficiente de conductividad térmica λ , en función de los demás parámetros.

Entre los factores que intervienen en la conductividad térmica se pueden mencionar el efecto de la temperatura ya que es diferente para metales y no metales. Según la ley Wiedemann-Franz [2] la conductividad térmica de los metales es aproximadamente proporcional al producto de la temperatura absoluta multiplicada por la conductividad eléctrica. Es decir, que en los metales el efecto de la temperatura sobre la conductividad térmica se debe principalmente a los electrones libres, mientras que en los no metales se debe mayormente a las vibraciones de la red cristalina.

La estructura del material es otro factor que modifica la conductividad térmica, es decir que depende de las diferentes direcciones de la red cristalina, y de la convección, ya que, por ejemplo, en ausencia de la misma, los gases son malos conductores del calor.

La deducción de una ley física para determinar el coeficiente de conductividad térmica presenta grandes dificultades ya que habría que considerar las dimensiones celulares (en el caso de sólidos porosos), los espesores de las capas de moléculas de agua en la superficie interna y los coeficientes de conductividad térmica de cada una de las partes componentes [3].

En el caso de los sólidos, las conductividades térmicas deben determinarse experimentalmente ya que, como se expuso anteriormente, dependen de numerosos factores. En el caso de sólidos porosos o láminas superpuestas, la conductividad térmica depende extraordinariamente de la

fracción de huecos, del tamaño de los poros, del espacio interláminas y de la fracción de aire contenido entre láminas.

1.3 Conductividad Térmica en los metales

En metales de alta pureza, el mecanismo de transporte de calor se realiza fundamentalmente por los electrones libres. Los valores de la conductividad son los más altos ya que los electrones no son tan fácilmente dispersados y además existe un gran número de electrones libres que participan en la conducción térmica.

La bibliografía proporciona datos de conductividad térmica de muchos materiales, pero no se registran valores para materiales específicos como son los materiales de las probetas proporcionadas por IMPSA. En ello radica la importancia de este trabajo, en determinar valores inequívocos de conductividad térmica, que hasta el momento, la bibliografía carece.

1.4 Aparato de Placa Caliente

Distintas normas [4,5] indican que el coeficiente de conductividad térmica puede ser obtenido mediante la utilización de un aparato denominado de placa caliente, que consiste esencialmente en una fuente caliente constituida por una placa calefactora que comprende una parte central, el corazón, fuente calorífica principal y un anillo de guarda para propiciar la unidireccionalidad del flujo de calor de la resistencia central, separados por un espacio no mayor de 3 mm. Esta fuente está ubicada en el centro del equipo. La fuente caliente se alimenta por medio de cuatro conductores eléctricos distribuidos en la zona central y en un anillo de guarda. Estos conductores se conectan a dos variadores de tensión (rango: 0-220 V) que permiten una alimentación progresiva con corriente eléctrica alterna, que calienta paulatinamente la placa caliente a través de la resistencia

De este circuito eléctrico se miden permanentemente la tensión y la corriente. A ambos lados de la placa caliente se colocan dos placas de material conductor (preferentemente cobre) con el objeto de formar una superficie homogénea de transmisión del calor.

Superpuestas a las placas conductoras se ubican las probetas del material a ensayar, y a continuación las placas refrigerantes correspondientes a la fuente fría. Dentro de estas fuentes circula agua de la red a efectos de mantener constante la temperatura. Todo lo apuntado se observa en la figura 1:

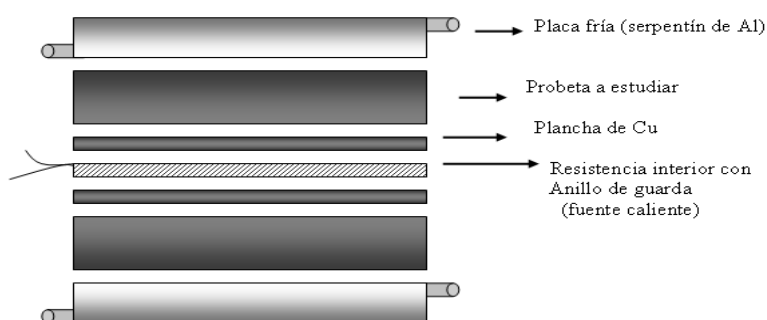


Figura 1

En ambas caras de las probetas a ensayar (simétricas e idénticas en su composición física), deben colocarse sensores de temperatura, previamente calibradas para desechar errores de medición, en número suficiente para registrar permanentemente las temperaturas de la superficie fría y caliente, ubicadas simétricamente en ambos lados de la probeta para garantizar el contacto con las paredes de la misma y lograr uniformidad en la medición. El

conjunto se rodea de un material aislante para impedir fugas de calor al exterior. Se forma así una especie de “pared agrupada” horizontal formado por varias capas, donde el calor generado por la resistencia eléctrica en el centro se transmite hacia ambos lados externos por conducción.

Una de las normas internacionales que rigen la construcción y el funcionamiento de los equipos de placa caliente para la determinación de la conductividad térmica de los materiales es la ASTM (American Standards for Testing Materials), ASTM C177-85: Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot Plate Apparatus [4].

Otra de las normas que rigen el estudio de la conductividad térmica de los materiales es la Norma IRAM 11.559: Acondicionamiento térmico de edificios. Método de determinación de la conductividad térmica de materiales de construcción mediante el aparato de placa caliente [5], por el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

El aparato construido y ensayado en el laboratorio de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, se basó principalmente en esta norma. Ésta establece muy claramente todos los parámetros, dimensiones, materiales, y condiciones que deberán valerse para construir el aparato, y una vez construido establece concretamente los pasos a seguir para que el ensayo pueda obtener valores correctos y comparables.

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es exponer y difundir el diseño, construcción y funcionamiento de un dispositivo denominado Aparato de Placa Caliente también conocido como “Hot Plate” con el cual se puede determinar el coeficiente de conductividad térmica para diferentes materiales.

3. METODOLOGÍA

3.1 Materiales y Métodos de Construcción del Aparato

Para el diseño y construcción del equipo se siguieron las indicaciones de la Norma IRAM 11.559: ASTM C177-85 [4, 5, 6].

El núcleo del equipo está constituido por una placa caliente, que suministra calor al aparato. Esta placa se construyó sobre un material denominado “mylar”, un cartón prensado de características dieléctricas que se utiliza en los bobinados de motores eléctricos.

El núcleo es de 30cm*30cm*0,15cm, tiene dos partes, una central de 7,5cm*7,5cm, y otra exterior (anillo de guarda), cuyas medidas son 30cm*30cm. Tanto el anillo de guarda como la parte central tienen bobinados en su perímetro de alambre de cobre esmaltado de 0,25 mm de diámetro. Estos arrollamientos tienen respectivamente un valor de la resistencia 6,5 ohm y 5,3 ohm (ambos valores medidos a 20 °C). Los extremos de estos devanados salen al exterior mediante terminales que permiten conexionar en las borneras de los variadores de tensión. En la figura 2 se observa la placa caliente.

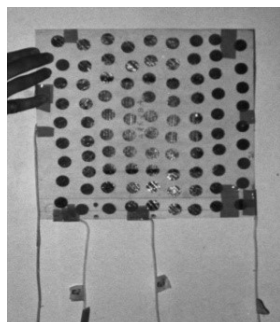


Figura 2

A ambos lados del núcleo generador de calor se colocan cuatro placas de cobre, de 30cm*30cm*1,5mm. Cuya función es formar una superficie homogénea de transferencia de calor hacia las muestras a ensayar que se encuentran hacia fuera. Luego de estas placas se ubican las probetas a ensayar, en este caso dos probetas compuestas por el material en estudio proporcionado por la empresa IMPSA, como se observa en la Figura 3.



Figura 3

Superpuestas a las muestras se colocaron las dos fuentes frías, a cada lado. Las medidas de estas fuentes son: 30cm*30cm*3,9cm

Finalmente, se cubrieron los 6 lados con planchas de aislante de 3,0 cm de espesor, para garantizar que las pérdidas de calor hacia el exterior por conducción sean mínimas. Fuera de la zona aislada, salen los cables de conexión hacia los variadores de tensión y los cables que conectan los sensores PT100 para medir la temperatura. Los parámetros se controlan mediante el Software POD de Schlumberger, mediante la interfaz IMP SI 35953A de Schlumberger Tech Ltd, Los controles de guarda se controlan mediante el Software DMM View Ver 2.0 de Mastech.

En la figura 4 se observa el aparato de placas en conjunto y en la figura 5 el equipo terminado y listo para iniciar los ensayos:

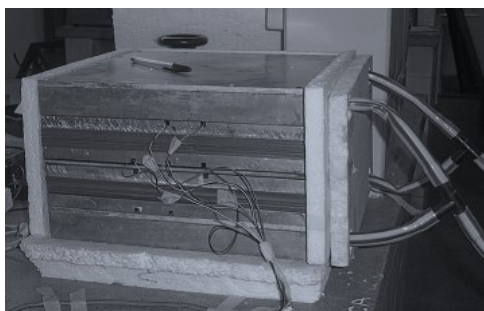


Figura 4

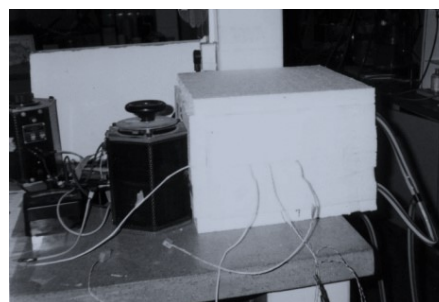


Figura 5

3.2 Ensayos realizados con el Aparato

3.2.1 Determinación de la conductividad térmica de muestras correspondientes a bobina estáticas y aislante principal de la bobina estáticas expuestas a diferentes temperaturas.

Previo a la realización de los ensayos se planteó el problema teórico correspondiente, de tal manera que las características generales de medición para el caso de ensayos donde el flujo de calor era transversal fue el siguiente:

Para las probetas identificadas como 001, 002 y 003 se determinó el valor de la conductibilidad térmica mediante la expresión:

$$\lambda_x = \frac{e_2}{\left(\frac{e}{\lambda} - \frac{2 \cdot e_1}{\lambda_{med}} \right)} \quad (2)$$

Donde λ es conductividad térmica del material, λ_x es la conductividad térmica del material a ensayar o desconocido y λ_{med} es la conductividad térmica total

Para todos los ensayos se procedió de la misma manera: se reguló el variador de tensión para alcanzar la temperatura requerida. Con la corriente eléctrica aproximadamente constante, se observó un aumento paulatino de la temperatura de la fuente fría, hasta alcanzar el estado estacionario, registrándose a partir de ese momento los valores de temperatura fría, caliente y potencia entregada a la placa, datos con los que se calculó la conductividad.

Se realizaron determinaciones con dos muestras correspondientes a una bobina estática para 60 °C y 80 °C, figuras 6 y 7.



Figura 6



Figura 7

Luego se procedió a determinar la conductividad térmica del aislante principal de una bobina estática procediéndose de la misma forma que en el ejemplo anterior, figuras 8 y 9



Figura 8



Figura 9

3.2.2 Determinación de la conductividad térmica de muestras correspondientes a bobina estática expuestas a diferentes temperaturas con flujo longitudinal.

Como en los casos anteriores se planteó el problema teórico correspondiente, con las características de medición para el caso de ensayos donde el flujo de calor, según la disposición del aislante de la probeta, fue longitudinal.

En las figuras 10 y 11 se observa el esquema de la dirección del flujo de calor y la zona de medición para la muestra identificada como 003 en el equipo de Placa Caliente.

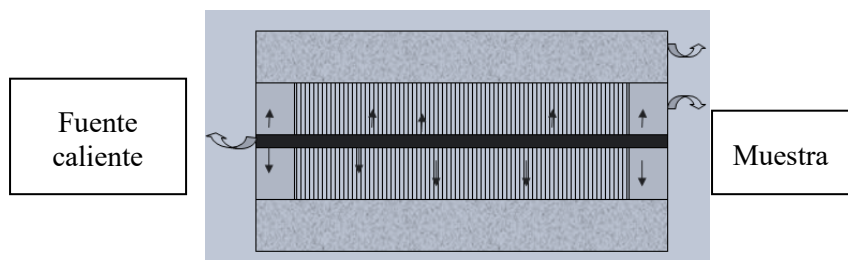


Figura 10

En este ensayo se tuvo en cuenta que la superficie de estudio (placa caliente sin la guarda) es de 225 cm^2 (15×15) cm^2 , por lo que se consideró sólo la zona de chapa y no la faja de aluminio, (Figura 12)

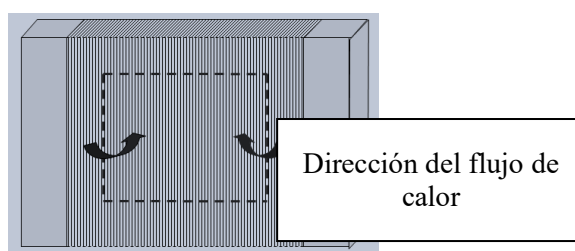


Figura 11

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los ensayos se realizaron para muestras correspondientes a bobinas estáticas donde el flujo de calor fue transversal y longitudinal. Todas las determinaciones se realizaron para diferentes temperaturas, según los requerimientos de la empresa IMPSA

Tabla 1: valores obtenidos para la muestra 001 bobina estática – flujo transversal

PROBETA 001		49.7 mm de espesor	
Temperatura °C		60	80
Coeficiente de conductividad térmica W/mK		1.483	1.448

Tabla 2: valores obtenidos para la muestra 002 bobina estática –Aislante principal

PROBETA 002		33.5 mm de espesor		
Temperatura °C		65	90	110
Coeficiente de conductividad térmica W/mK		0.174	0.174	0.175

Tabla 3: valores obtenidos para la muestra 003 bobina estatórica – flujo longitudinal

PROBETA 003 43 mm de espesor	
Temperatura °C	80
Coeficiente de conductividad térmica W/mK	1.514

Fuentes tablas 1,2 y 3: elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un equipo que permite medir el coeficiente de conductividad térmica de materiales utilizados en las construcciones tanto civiles como electromecánicas. El dispositivo cumple totalmente con las especificaciones técnicas de las normas IRAM 11.559 y ASTM C177-85, una de las características del equipo es su versatilidad a los efectos de determinar coeficientes de conductividad térmica de diferentes tipos de materiales, permitiendo estudiar también en forma directa, el comportamiento térmico de materiales compuestos, con arquitecturas especiales.

Este equipo es empleado en el proyecto de investigación que realiza actualmente el G.I.D.E.R. denominado: Transferencia Combinada de Calor y Masa en Materiales Utilizados como Material de Construcción Poroso e Higroscópico y también es destinado a la docencia, ya que mediante este aparato se puede comprender el proceso de la transferencia del calor por conducción.

El aparato de placas construido por el Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables (G.I.D.E.R.), cubre el vacío que existía en nuestro medio de un equipo para medir propiedades térmicas en los materiales de la región.

6. REFERENCIAS

- [1] Norma IRAM 11549 Acondicionamiento térmico de edificios. Definiciones
- [2] R. Franz, G. Wiedemann Über die Wärme-Leitungsfähigkeit der Metalle – Annalen der Physik. 2006 pág. 497-531
- [3] Kollmann, F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Springer Verlag Berlin. 1951 pp. 399-576.
- [4] Norma ASTM C177-85 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot Plate Apparatus
- [5] Norma IRAM 11.559 Acondicionamiento térmico de edificios. Método de determinación de la conductividad térmica de los materiales de construcción mediante el aparato de placa caliente.
- [6] Martina P., Aeberhard, A., Aeberhard, R, Corace, Juan: Fabricación de un Equipo de Placa Caliente para Determinación de la Conductividad Térmica de Materiales. Uso en Investigación y Docencia. Universidad Nacional del Nordeste, Res.T-011; Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, UNNE 2003.

Sistema de control para reactor experimental de Digestion Anaeróbica

Alín Ramón Rolán, FRBB UTN, alinrolan@yahoo.com.ar

Ivan Marzullo, FRBB UTN, ivanmarzu_1@yahoo.com.ar

Patricia Benedetti, FRBB UTN, pbenedet@criba.edu.ar

Guillermo Friedrich, FRBB UTN, gfried@frbb.utn.edu.ar

Resumen— Este artículo describe un desarrollo interdisciplinario de un *Reactor experimental de digestión anaeróbica* entre el Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental y un proyecto final de carrera de Ingeniería Electrónica de la FRBB-UTN.

Este consiste en un sistema de control y monitoreo, en el cual se miden parámetros no eléctricos tales como temperatura, pH y presión, los cuales son almacenados en una tarjeta de memoria con fecha y hora, para luego ser utilizados en estudios posteriores.

La información en tiempo real es plasmada tanto, en un display TFT touch donde el usuario, además, accede al control de una bomba de homogenización, como a través de una página web embebida que permite el acceso remoto a los datos.

El hardware fue desarrollado como un soporte (motherboard) para la placa de desarrollo STM32F4 discovery, donde ésta se acopla junto con los periféricos de entrada (sensores) y salida (actuadores, memoria, display y comunicación ethernet).

La placa de desarrollo utiliza un micro controlador de la familia Cortex, modelo M4, el cual permite, procesar, plasmar, almacenar, transmitir y controlar los parámetros captados. Se trabaja con un reloj, secundario, de tiempo real que garantiza los tiempos de toma de datos, tanto en fecha como en hora.

Palabras clave— *Reactor anaeróbico, biogás, monitoreo, CortexM4, RTC, ethernet.*

1. Introducción

Basados en la placa de desarrollo *Stm cortex M4 discovery*, este sistema proporciona mediciones de pH, temperatura y presión de biogás, almacenamiento en tarjeta SD, interfaz usuario con pantalla TFT touch y transmisión vía Ethernet.

Las mediciones se realizan sobre un reactor de digestión anaeróbica que fue construido en la *FRBB UTN* para estudiar distintas problemáticas en el tratamiento de residuos agroindustriales de la zona de influencia de Bahía Blanca. La digestión anaeróbica es usada para el tratamiento natural de residuos orgánicos, su potencial de desarrollo ha sido reposicionado a partir de la actualidad de los procesos sustentables que desarrollen energías alternativas, así como la reducción de los procesos de liberación de CO₂.

El reactor produce biogás (una mezcla metano y dióxido de carbono) en ausencia de oxígeno, en este desarrollo la producción es sensada constantemente, con lo cual puede ser

consultada vía online de manera continua. Los datos, además, son almacenados en una tarjeta de memoria SD para estudios estadísticos.

La estabilización anaeróbica permite, además de generar biogás, reciclar los sólidos residuales en forma de biofertilizante orgánico, el cual posee un alto contenido de nutrientes.

Este sistema ofrece una solución bio-sustentable, ya que la utilización de energías renovables resulta de suma importancia para la sociedad actual debido a la búsqueda de independencia respecto al petróleo y sus derivados. El reactor a escala ofrecería energía suficiente para satisfacer demandas de energía térmica y eléctrica de varias familias.

2. Sistema de control

Mediante un software embebido en lenguaje C, se realizan los procesamientos de datos que, mediante sensores, son leídos en tiempo real desde el Reactor. Se los debe adecuar para que respondan al parámetro que se pretende sensar.

La información puede ser consultada tanto por un display TFT touch de 3.2 pulgadas como vía internet, en ambos casos la información es refrescada para que el usuario tenga información actualizada del estado del sistema.

Además es necesaria la utilización de un reloj de tiempo real o RTC, con el cual se cuenta con la fecha y hora de las mediciones efectuadas, que luego serán almacenadas en una tarjeta de memoria SD para realizar estudios estadísticos.

La homogeneización dentro del reactor es necesaria para el proceso de generación de biogás, se usa para este fin una bomba de recirculación que cada cierto tiempo recircula el contenido, ésta actúa de forma automática con ese tiempo pre seteado para obtener el mezclado deseado.

Este sistema está diseñado para poder ser escalado a un sistema de mayores proporciones, donde los automatismos serán necesarios para el correcto funcionamiento. Con lo cual, en el diseño del hardware se tienen previstos los puertos de lectoescritura para tener la posibilidad de agregar más sensores o actuadores.

2.1 Lectura de los parámetros no eléctricos

Estos provienen de los sensores que realizan las lecturas físicas que intervienen en el proceso son convertidos a formato digital mediante los conversores AD incluidos en el micro controlador.

La conversión se realiza con una resolución de 12bits tanto para el sensor de temperatura como el de pH y presión.

2.1.1 PT100

El sensado de temperatura se realiza mediante una resistencia de coeficiente variable positivo con los cambios, es decir que, a 0°C se tiene una impedancia de 100 Ohm's la cual va subiendo paulatinamente con el aumento de temperatura.

Este sensor es de índole industrial, viene con su borne de compensación de temperatura y su cabezal roscado, el cual se aprovecha para hacer de sello y no tener pérdidas de biogás.

2.1.2 pH

Se utiliza un electrodo de vidrio, el cual presenta un cambio de impedancia al variar la acidez de la solución que se mida; se lo implementa mediante un hardware asociado al sensor, el cual presenta una variación de tensión que representa la de pH.

El calibrado se realiza mediante soluciones buffer de pH 4,7 y 10,0 con los cuales se comprueba el funcionamiento dentro del rango del que se pretende trabajar.

2.1.3 Presión

Es necesario medir este parámetro puesto que nos da información de cuál es la producción de biogás en el tiempo. Se utiliza un presóstato, con el cual se mide el rango de presión estimado para el reactor de 60 litros, el gas generado es depositado en un contenedor hermético al vacío.

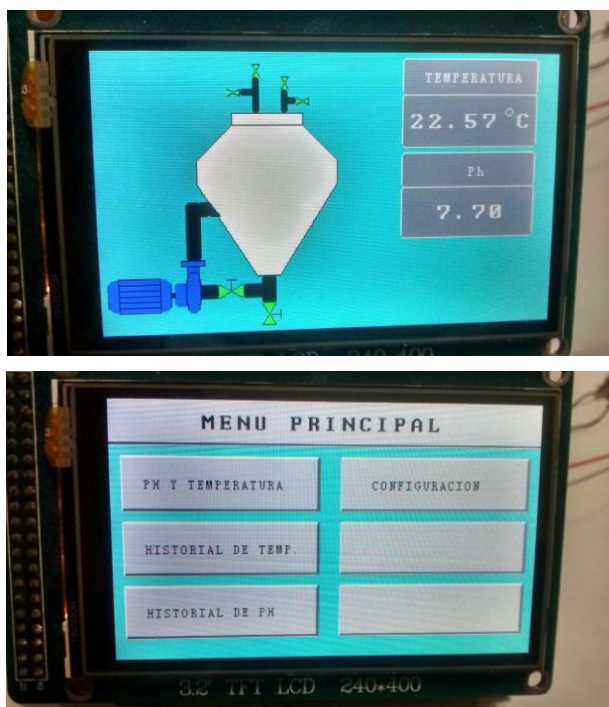
2.2 Muestra de la información

2.2.1 Display TFT Touch

Esta pantalla a color y táctil permite otorgar una interfaz intuitiva al usuario, de manera tal que el interactuar con el sistema sea ameno.

Se muestra la información ya procesada de las mediciones que se toman y se plasman de forma tal de que se asemeje a un sistema SCADA.

El control táctil permite generar accesos virtuales a los diferentes menús, minimizando el uso de botones y controles externos.



2.2.2 Comunicación Ethernet

Está basada en TCP, conteniendo una página web embebida, la cual puede ser consultada para adquirir las mediciones en tiempo real y en cualquier terminal conectado a internet; esto posibilita el acceso remoto puesto que estos sistemas suelen estar en campo.

2.2.3 Almacenamiento en tarjeta de memoria SD

Los parámetros leídos son almacenados en un archivo contenido en la tarjeta de memoria; estos datos se almacenan en lapsos de tiempo predefinidos y con la información de la fecha y hora de cuando se efectuaron.

Mediante un RTC o reloj de tiempo real se arbitran los tiempos de grabado, éste utiliza una batería que lo alimenta de forma tal que ante un corte de energía el sistema no pierda los datos de fecha y hora que acompañan las mediciones en el archivo.

2.3 Manejo de periféricos externos

2.3.1 Manejo de bomba de homogeneización

Se dispone de una bomba centrífuga que, mediante tiempos definidos por el RTC, recircula el contenido del tanque para mantenerlo homogéneo a lo largo del proceso y evitar acumulaciones de sustrato.

2.3.2 Manejo de electro válvulas

En el diseño del sistema de control se prevé el escalado del reactor a uno de mayores dimensiones, con lo cual se contempla en el diseño una reserva de entradas y salidas analógicas y digitales que permitan en un futuro la total autonomía del sistema.

3. Resultados

3.1 Diagramas en bloque.

Los siguientes diagramas de flujo muestran el sistema global y el de control respectivamente, la figura 1 representa los bloques que componen el reactor de digestión anaeróbica, el cual una vez que se lo completa con el sustrato elegido se lo considera un sistema cerrado.

La figura 2 esquematiza el lazo de monitoreo y control, comprende los periféricos de entrada y salida, así como los de almacenaje de información y comunicación.

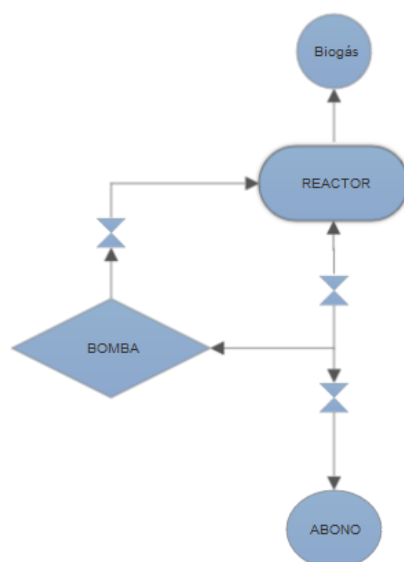


Figura 1.

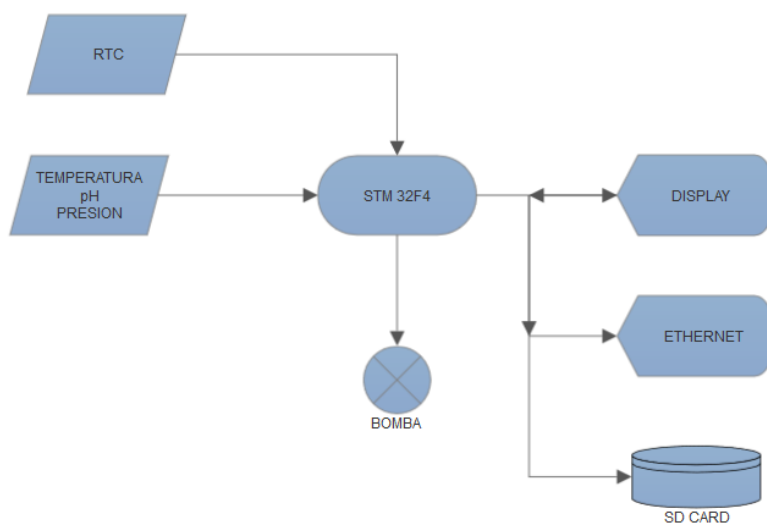


Figura 2.

Se pueden obtener gráficos para la temperatura en función del tiempo y para el pH en función del tiempo, Figura 3 y Figura 4 respectivamente.

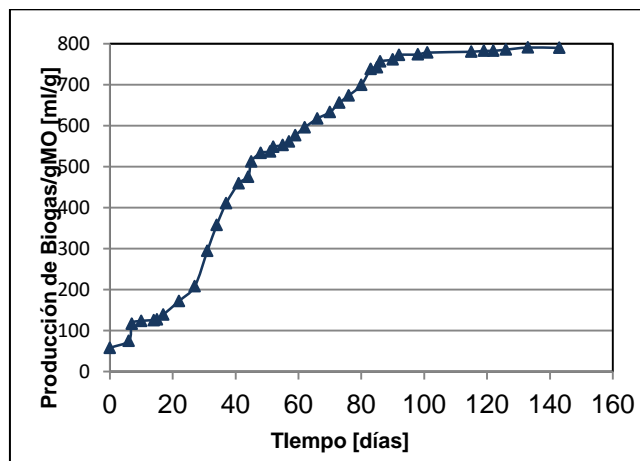


Figura 3

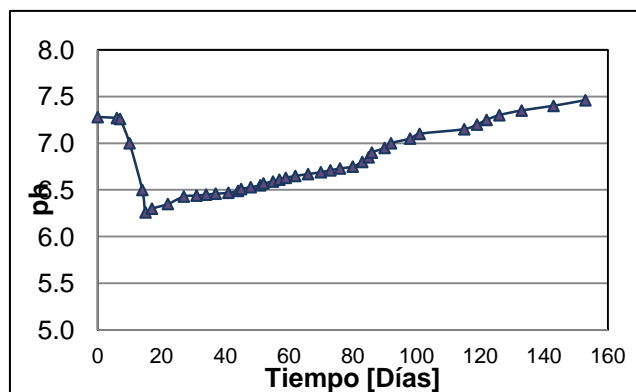


Figura 4

En la figura 5 se observa el tanque y soporte del reactor, en el cual se efectúa el proceso de digestión anaeróbica y su monitoreo.



Figura 5.

4. Conclusiones

Este trabajo permitió hacer un desarrollo interdisciplinario, vinculando un grupo de investigación consolidado con alumnos de Ingeniería Electrónica, en su trabajo final de carrera.

Se logra una integración entre todos los involucrados de tal manera de manejar un “vocabulario” que todos puedan entender y así avanzar en los problemas que se iban presentando durante el desarrollo del proyecto.

Es una buena propuesta trabajar sobre problemas reales ya que les permite a los alumnos tener una visión más realista del su futuro trabajo como profesionales.

5. Referencias

- [1] *Definitive Guide to ARM Cortex-M3*: Joseph Yiu, Second Edition.
- [2] *“Anaerobic Digestión of Activated Sludges from Malting Wastewaters”*.
- [3] *“Producción de biogás a partir del exceso de barros del tratamiento de efluentes de una maltería de cebada”*. XXII Congreso Interamericano de Ing. Química, V Congreso Argentino de Ing. Química. 67-045. ISSN: 1850 3519 V, ISSN: 1850 353. 11 pág – Trabajo 07c-469. 1-4/10/06. Bs. As. Argentina. (H. Campaña, P. Benedetti, A. Prieto, P. Linquiman).
- [4] *“Anaerobic Digestión of Activated Sludges from Malting Wastewaters”*, (H. Campaña, P. Linquiman, A. Prieto, P. Benedetti) pag 195 Proceedings. Sequencing Batch Reactor Technology – 4th Conference – 7-10/04/08 – Universidad de la Sapienza – Roma – Italia.
- [5] *“Evolución de microorganismos presentes en la producción de biogás. Estudio de las variaciones de calidad y cantidad de sustrato”*. H. Campaña, M. Uribe, P. Benedetti, A. Airasca. XXXII. Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. 15-18/11/10. Cafayate, Salta. Publicado Revista Averma, ISSN 0329-5184, Volumen 14. Páginas 659-663. Año 2010. Publicado en actas, memorias, Volumen: 2 Página: 156 Año: 2010
- [6] *“Propiedades fisicoquímicas y fitotóxicas de lodos de maltería estabilizados por digestión anaeróbica aplicados en enmienda de suelos”*, Campaña, Domingo Horacio; Benedetti, Patricia; Uribe Etchevarría, Milena. International Congress about soils and organic matter from waste. “Between Waste Framework Directive and New Spanish Waste Law”. Valladolid, 17th and 18th. Vol: 3 pp: 475 - November 2010.
- [7] *“Digestión anaeróbica de efluentes de maltería utilizando un Reactor Secuencial Discontinuo”*, Horacio Campaña, Patricia Benedetti, Sebastián Fiotto. VI Congreso Argentino de Ingeniería Química”, Mar del Plata” - 26 al 29 de Septiembre de 2010. ISSN: 1850-3500, páginas 72 y 73.
- [8] *“Determinación del tiempo de retención en un reactor anaeróbico para optimizar la generación de biogás a partir de la digestión de barros activados residuales”*. H. Campaña, P. Benedetti, A. Airasca, S. Fiotto. XXXIV Congreso de ASADES. 4 al 7 de Octubre de 2011. Río Hondo. Publicado Revista Averma, ISSN 0329-5184, Volumen 15. Año 2011. pag 655- 662
- [9] *“Evaluación técnico económica del tratamiento anaeróbico de los efluentes de un tambo de la provincia de Buenos Aires, Argentina”*, Claudia Dido, Franco Mieres, Gustavo Rinaldi, Patricia Benedetti, Horacio Campaña, Avances en Ciencias e Ingeniería - ISSN: 0718-8706

Av. cien. ing.: 4(4), 65-74 (Octubre/Diciembre, 2013). Recibido: 12/08/2013 - Evaluado: 07/10/2013 - Aceptado: 11/11/2013. http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/

[10] “*Onion waste treatment preliminary anaerobic research data*”, III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais 12 a 14 de março de 2013 – São Pedro – SP. Horacio Campaña; Patricia Benedetti; Ariel Airasca; Andrea Mairosser. Anais: III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais (III Sigera). www.sbera.org.br/3sigera/obras/ag_sis_07_PatriciaBenedetti.PDF. (ISBN 978-85-7035-160-9).



III CADI
IX CAEDI
2016



LA PENCA DE TUNA COMO CLARIFICANTE NATURAL EN PROCESOS DE SEDIMENTACIÓN DE AGUAS TURBIAS

Azul María Giménez Moreno, Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional de Salta,
azulgimenezmoreno@gmail.com

Jorge Emilio Almazán, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI - CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,
emilioalmazan8787@gmail.com

Dolores Gutiérrez Cacciabue, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI - CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,
dolo83@gmail.com

Estela María Romero- Dondiz, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI - CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta,
eromerodondiz@yahoo.com.ar

Verónica Beatriz Rajal, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI - CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, vbrajal@gmail.com

Resumen— Una etapa importante en el proceso de potabilización de aguas es la clarificación que consiste en la remoción del material en suspensión. Para tal fin se utilizan diferentes clarificantes que son sales metálicas, siendo el sulfato de aluminio el más usado. Sin embargo se ha reportado presencia de trazas de esta sal en muestras de aguas potabilizadas, lo que representa un riesgo potencial para la salud humana. Una alternativa a este problema sería el uso de clarificantes naturales de origen vegetal lo que implicaría una disminución en los costos de potabilización, la posibilidad de que la población tenga acceso a ellos y la prevención de riesgos para la salud. Los parámetros más importantes que influyen en el proceso de sedimentación son la calidad del agua a tratar, el pH y la dosis de coagulante. En este trabajo se estudió la penca de tuna para su uso como clarificante natural. Se determinaron la dosis y el pH óptimo de éste último y se comparó su desempeño con el del sulfato de aluminio. También se realizó un análisis factorial para determinar la influencia del pH y la dosis de clarificante sobre la turbidez final del agua tratada. Los resultados demostraron la potencialidad de la penca de tuna como clarificante y al pH como el parámetro más influyente en la clarificación por sedimentación.

Palabras clave: *calidad de agua, clarificación, penca de tuna, sulfato de aluminio, diseño factorial*

1. Introducción

La clarificación de aguas para consumo humano es una etapa muy importante dentro del proceso de potabilización e implica la remoción de turbiedad y color del agua. Consiste básicamente en la sedimentación por gravedad de la materia en suspensión presente en las matrices acuosas[1]. Cuando la turbiedad y el color del agua son causados por partículas muy pequeñas, llamadas coloidales, éstas tienen la característica de permanecer en suspensión por

tiempo prolongado, pudiendo atravesar un medio filtrante muy fino. En estos casos es necesario recurrir al uso de coagulantes o polielectrolitos. Estos son compuestos químicos que provocan que las partículas finas que se encuentran en suspensión se agrupen, formando flóculos lo que colabora a su precipitación y remoción (coagulación- floculación). Sin la formación de flóculos de tamaño similar al de las partículas del manto de arena (del orden de 500 μm) las filtraciones posteriores no podrían llevarse a cabo o serían muy dificultosas [2].

Existen en el mercado muchos agentes convencionales utilizados en la coagulación-floculación. Generalmente son sales metálicas tales como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el sulfato ferroso [2][3], siendo el primero el más utilizado. Sin embargo hay estudios realizados en muestras de agua potable en donde se han encontrado trazas de sulfato de aluminio, lo que representa un riesgo potencial para la salud humana, debido a la relación entre el aluminio residual y efectos neurológicos adversos [4] [5].

En la provincia de Salta existen zonas, en su mayoría las rurales, en donde la población carece de agua potable y se abastece de agua de ríos o pozos poco profundos los cuales no cuentan con ningún tipo de tratamiento previo. Esto se suma al inconveniente que durante la estación húmeda, el caudal de los ríos aumenta considerablemente, resuspendiendo partículas sólidas (con microorganismos adheridos en algunos casos) principalmente de un tamaño pequeño que ocasionan el aumento en la turbidez del agua [6] lo que la convierte en mucho menos apta para su consumo. Por otro lado, a estas poblaciones, ya sea por su lejanía de los centros de venta o por los costos involucrados, se les dificulta adquirir estos coagulantes. A partir de esto, surge la inquietud de utilizar productos naturales de origen vegetal para clarificar aguas superficiales turbias. El uso de estos clarificantes naturales implicaría un abaratamiento en los costos para la potabilización del agua, la posibilidad de que la población tenga acceso a ellos y la prevención de posibles riesgos para la salud. Uno de estos productos es la penca de tuna (*Opuntia ficus -indica*). Esta planta es parte del paisaje natural de la provincia de Salta ya que las condiciones ambientales son particularmente favorables para su crecimiento y se la encuentra asilvestrada cerca de los caminos y poblaciones [7].

Opuntia ficus -indica se ha ganado la atención por parte del mundo científico debido a su alta producción de mucílago y su potencial como fuente de pectina para las industrias farmacéutica y alimentaria [8] [9]. Por otro lado algunos autores comenzaron a estudiar su poder clarificante reportando reducciones de turbidez del orden de 80 a 90% en agua cruda con valores iniciales de 20 a 30 UNT (Unidades Nefelométricas Totales) [10].

Por otro lado, uno de los puntos claves a analizar cuando se estudia el poder coagulante de alguna sustancia en particular, es encontrar los valores óptimos de algunas variables de operación, entre las que se destacan principalmente el pH y la dosis óptima de clarificante para que este pueda funcionar de manera correcta. El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación. El rango de pH óptimo es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera de este rango entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida será alta [2].

Por todo lo expuesto anteriormente el objetivo de este trabajo fue encontrar la dosis óptima de penca de tuna para la clarificación de aguas turbias e investigar la aplicabilidad de *Opuntia ficus indica* (tuna) como coagulante natural, comparándolo con un coagulante comercial (sulfato de aluminio).

2. Materiales y Métodos

2.1 Determinación del poder de la tuna como floculante natural

Se realizaron experimentos para determinar el poder floculante de la tuna. Cada ensayo consistió en la preparación de tres matrices acuosas en vasos de precipitados de 1 L a las cuales se les adicionó 500 ml de agua destilada y una cantidad determinada de partículas sólidas de $< 45 \mu\text{m}$ de diámetro (Río Wierna, Salta), en tres concentraciones distintas: 1,25; 2,5 y 5 g/L respectivamente. Estos ensayos se realizaron para dos valores de pH (6 y 9) y dos concentraciones de mucílago de tuna (1 y 2 g/L) haciendo un total de 4 ensayos (12 matrices acuosas en total) (Tabla 1). Se realizó un quinto ensayo (Control) que consistió en tres matrices acuosas con las tres concentraciones de sólidos mencionadas anteriormente pero a estas matrices no se les adicionó mucílago de tuna ni se fijó el valor de pH. La regulación de pH se realizó adicionando gotas de soluciones diluidas de Na(OH) y HNO₃ 1 N hasta alcanzar el valor deseado.

Tabla 1. Ensayos realizados

Ensayo	Concentración de sólidos (g/L)	pH fijado	Dosis de mucílago de penca de tuna (g/L)
1	1,25	6	1
	2,5		
	5		
2	1,25	6	2
	2,5		
	5		
3	1,25	9	1
	2,5		
	5		
4	1,25	9	2
	2,5		
	5		

Previamente se recolectó penca de tuna de la localidad de Vaqueros (Salta) y se la mantuvo a temperatura ambiente hasta su uso. Para la correcta preparación del mucílago de penca de tuna como coagulante, se la peló y se cortó el mucílago en cuadrados de 1 cm de lado aproximadamente [11]. Todo esto manteniendo las condiciones de esterilidad y cuidados necesarios para no contaminar el mucílago.

A cada matriz se le midió la turbidez antes de agregar el mucílago de tuna utilizando un medidor multiparamétrico Horiba. Realizado esto, se adicionó el coagulante natural fresco en sus diferentes concentraciones (Tabla 1).

Para evaluar el poder de sedimentación del floculante natural se utilizó el test de jarra mediante el equipo Parsec JarTest. Se fijó la velocidad de agitación en un valor de 160 rpm durante 1 minuto seguida de una velocidad de 15 rpm por 15 minutos. Estas fueron las condiciones óptimas para la sedimentación determinadas en trabajos anteriores [11]. Una vez finalizado los ensayos, se determinó la turbidez final.

2.2 Determinación del pH y la dosis óptima de floculante natural

Para conocer el pH y la dosis de coagulante óptimos, se repitió el experimento anterior pero en este caso se aumentaron los valores ensayados de pH y dosis de coagulante. Se utilizaron

cuatro dosis diferentes de floculante natural (0,5; 1, 1.5 y 2 g/L) y tres valores de pH (6; 7,5 y 9) obteniendo un total de nueve ensayos (tres matrices acuosas por ensayo: 36 matrices en total).

2.3 Diseño factorial

Para poder evaluar la influencia de las variables se realizó un diseño factorial de dos niveles con dos variables (2^2) y, utilizando los datos para la matriz acuosa de 5 g/L de sólidos (situación encontrada como la más desfavorable), se estudió la influencia del pH y de la dosis de floculante sobre la turbidez final. Para esto, se fijaron los valores límites de pH en 6 y 9 y los valores límites de dosis de tuna en 1 y 2 g/L (Tabla 2). Se utilizó el software MiniTab para los cálculos estadísticos.

Tabla 2. Diseño factorial

Nivel	pH	Dosis de tuna (g/L)
Mínimo (-1)	6	1
Máximo (+1)	9	2

2.4 Comparación del desempeño del floculante natural con el Sulfato de Aluminio

Se realizó el mismo ensayo descrito en la Sección 2.1 pero en este caso el objetivo fue comparar el poder clarificante entre mucílago de tuna (clarificante natural) y el sulfato de aluminio (comercial).

Se prepararon tres matrices acuosas con las tres concentraciones de sólidos (1,25; 2,5 y 5 g/L, respectivamente) para cada floculante. Para el mucílago de tuna se usaron las condiciones óptimas determinadas en este trabajo y para el sulfato de aluminio las encontradas por otros autores para este floculante las cuales fueron: pH=5,4 y dosis de floculante=300 mg/L [12].

3. Resultados y Discusión

3.1 Determinación del poder de la tuna como floculante natural

En este trabajo se observó que utilizando el mucílago de tuna como clarificante natural se logró disminuir la turbidez en un 86,6% para la matriz con 1,25 g/L de sólidos, un 93,7 % para 2,5 g/L y un 98,7 % para la matriz con 5 g/L, siendo este último el más eficiente y repitiéndose en todos los casos estudiados (Tabla 2). Esto pudo deberse a que la matriz con mayor concentración de sólidos facilitó la formación de flóculos y su posterior coagulación a diferencia de aquellos casos en donde la concentración de sólidos era menor, obteniéndose un menor porcentaje de remoción.

Tabla 2. Poder de la tuna como floculante natural.

Concentración de sólidos (g/L)	1,25			2,5			5		
Concentración de tuna (g/L)	UNT inicial	UNT final		UNT inicial	UNT final		UNT inicial	UNT final	
	131	pH = 6	pH = 9	254	pH = 6	pH = 9	563	pH = 6	pH = 9
		15	18		13	16		5	8
2		17	21		15	18		7.5	9

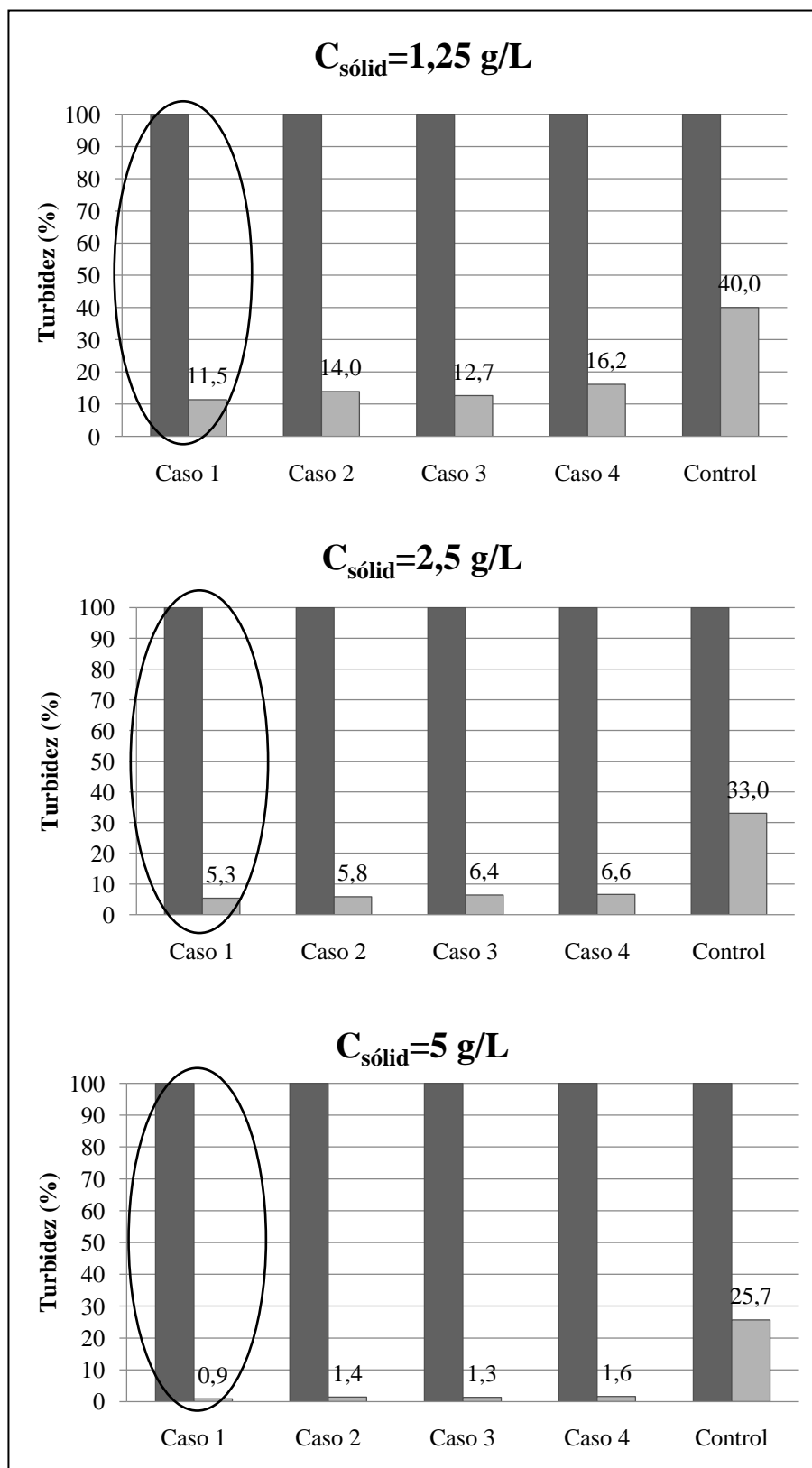


Figura 1. Porcentajes de turbidez inicial (barras gris oscuro) y final (barras gris claro) para las distintas concentraciones de sólidos ($C_{sólido}$) ensayados para cuatro situaciones diferentes: Caso 1: pH=6 y concentración de floculante (C_{floc})= 1 g/L; Caso 2: pH=9 y C_{floc} =1 g/L; Caso 3: pH=6, C_{floc} =2 g/L y Caso 4: pH=9 y C_{floc} = 2 g/L. El Control consistió en agua con la concentración de sólidos correspondiente y sin floculante. Los círculos negros indican la clarificación más eficiente y los números arriba de las barras de turbidez final representan el porcentaje de turbidez residual final.

La turbidez final en promedio fue 13,5%, 6,04% y 1,3% para las concentraciones de sólidos en el agua sintética de 1,25, 2,5 y 5 g/L respectivamente, siendo el primer caso el más eficiente para las 3 concentraciones analizadas (Fig. 1). Para el caso del control, la turbidez final después del tiempo de sedimentación fijado de 16 minutos no fue tan eficiente como en los casos en que sí se utilizó floculante (Fig. 1), demostrando el poder clarificante de la penca de tuna.

Shilpaa et. al. [13]. encontraron una reducción de turbidez de 500 a 1,3 UNT, con una turbidez final porcentual del 0,25 % para agua sintética tratada con tuna en dosis óptima de mucílago de tuna. Por otro lado, Miller et. al. [14] determinaron que *Opuntia ficus-indica* fue capaz de reducir significativamente la turbidez con porcentajes de turbidez residual desde 8 hasta 1 %, correspondiendo a valores entre 5 y 7 UNT, independientemente de la turbidez inicial en el modelo de agua turbia. Todos estos autores lograron mejores resultados porque trabajaron con extractos de mucílago de penca de tuna.

3.2 Determinación del pH y la dosis óptima de floculante natural

Como se mencionó al principio, se decidió realizar un segundo ensayo utilizando más valores de pH y dosis de clarificante natural para determinar sus valores óptimos para el mucílago de penca de tuna

La dosis óptima es aquella dosis mínima de floculante natural que corresponde a la turbidez residual más baja la cual fue de 6 UNT. En este experimento se encontró que dicho valor era de 1 g/L. Por otro lado, el pH óptimo, es decir el que genera la mayor reducción de turbidez, correspondió a un valor de pH igual a 6 (Fig. 2).

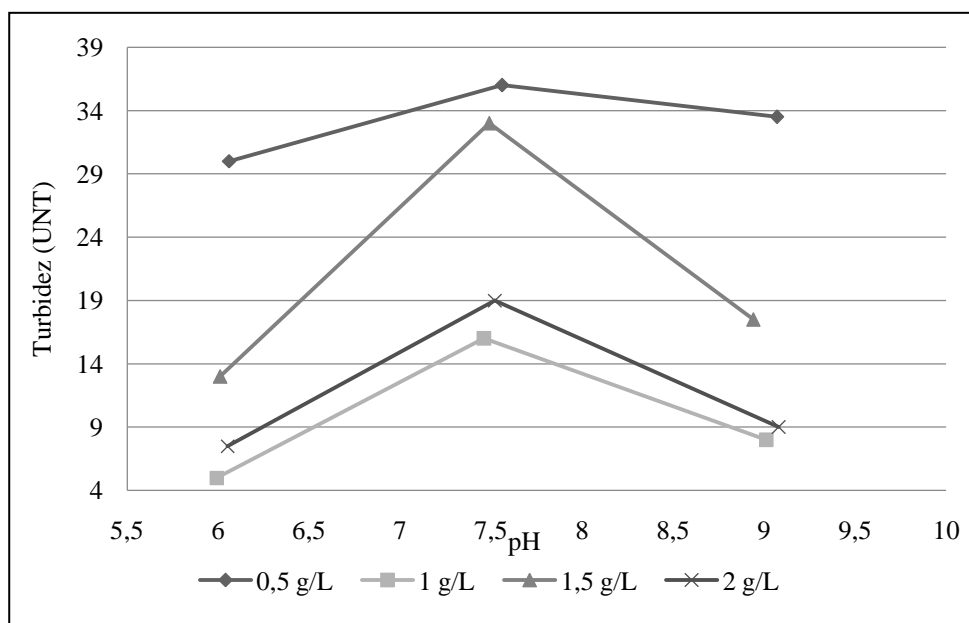


Figura 2. pH y dosis óptima de floculante natural.

Otros autores encontraron que la dosis óptima para el floculante natural es de 20 mg/L, pero en el estudio mencionado la tuna se adicionó como un polvo seco con un tamaño medio de 300 micrones[13].

3.3 Diseño factorial

Se realizó un análisis factorial para determinar la influencia del pH y la concentración de la tuna en la reducción de la turbidez cuando estos actúan independientemente. Se observó que ambos parámetros influyen en la turbidez final (Fig. 3). El pH y la dosis de clarificante tienen un efecto positivo sobre la turbidez final, es decir que al aumentar el pH y la dosis de tuna, aumenta la turbidez final. Esto se observa en la Figura 3 en donde se determina que la pendiente de los efectos es positiva y por lo tanto el efecto es positivo. A su vez, el efecto del pH es mayor (mayor pendiente) que el efecto de la dosis de tuna, aunque esta diferencia no es muy significativa (el valor numérico del efecto del pH fue de 2,25 y el de la dosis de coagulante de 1,75). Se pudo observar que la menor turbidez se obtiene cuando se trabaja con el mínimo nivel de pH (6) y el mínimo nivel de dosis de coagulante natural (1 g/L).

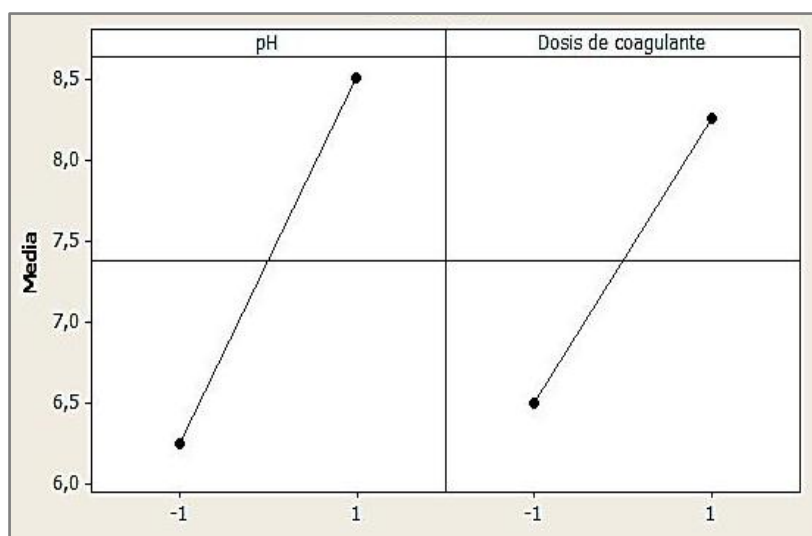


Figura 3. Efecto del pH y dosis de coagulante en la turbidez. En el eje de las ordenadas se grafican los valores medios de turbidez obtenidas, en el eje de las abscisas se representa la variación de pH y dosis de coagulante desde el nivel mínimo (-1) al nivel máximo (1)

Mediante el diseño experimental también se pudo estudiar la interacción del pH con la dosis de clarificante. Esto sirve para definir si hay un efecto conjunto de las dos variables estudiadas sobre la turbidez. Esto es la combinación de las dos variables independientes que genera un efecto diferente al que tienen cuando actúan independientemente. Se observó que había una interacción negativa (Fig. 4) entre ambas variables. Esta interacción fue del tipo antagónica ya que los factores se combinan para producir un efecto menor al que exhiben separadamente. Se verificó que las condiciones óptimas para lograr la mejor remoción de turbidez eran a pH mínimo=6 y dosis de clarificante mínimo=1 g/L y que además cuando el pH es 6 (-1) se observó que la turbidez tenía mayor variación a medida que se varía la dosis de coagulante para el pH máximo estudiado (9).

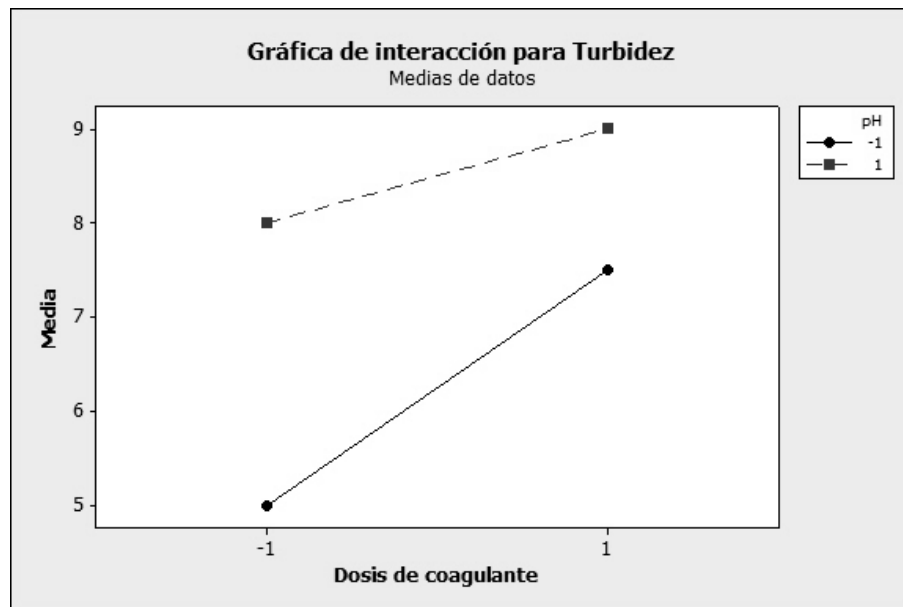


Figura 4. Interacción entre pH y dosis de coagulante.

3.4 Comparación del desempeño del floculante natural con el Sulfato de Aluminio

Como el sulfato de aluminio es un agente coagulante convencional muy utilizado en la clarificación, es importante comparar su poder con el del mucílago de tuna.

Para las distintas concentraciones usadas en las matrices acuosas (1,25; 2,5 y 5 g/L) se obtuvieron resultados similares. Para los tres casos la eficiencia de remoción de turbidez utilizando el mucílago de tuna como clarificante, fue mayor que la del sulfato de aluminio en todos los casos (Fig. 5).

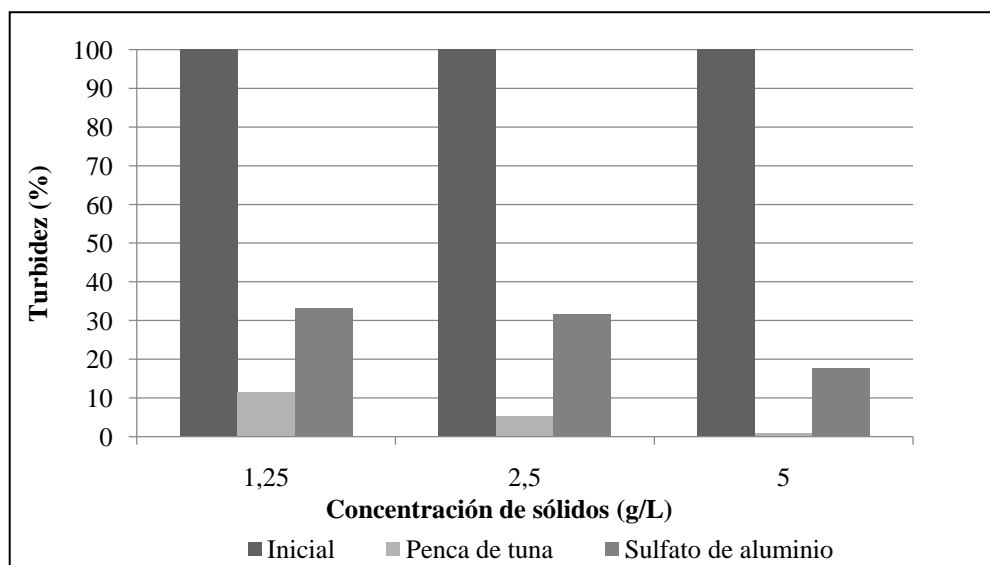


Figura 5. Comparación del poder floculante del mucílago de tuna con el del Sulfato de Aluminio.

Sin embargo, otros autores hallaron remociones de turbidez más elevadas utilizando sulfato de aluminio comercial, con valores porcentuales de turbiedad de 1,3% [3]. Estos resultados

pueden diferir a los encontrados en este trabajo debido a diferencias en el protocolo de sedimentación usados y experimentos realizados.

4. Conclusiones y recomendaciones

El acceso a agua segura es una prioridad para cualquier ser humano, sin embargo su alcance en algunos lugares es lejano como lo es en muchas zonas rurales de la provincia de Salta en donde el agua que está generalmente disponible proviene de ríos o pozos poco profundos cuya calidad no es la adecuada para el uso que se le da. Por lo tanto, el uso de coagulantes naturales como lo es el mucílago de penca de tuna, que está disponible y es abundante a nivel local, está recibiendo una creciente atención para la purificación de agua. En el presente estudio, se encontró una alta eficiencia de remoción de la turbidez después del tratamiento de agua sintética con *Opuntia ficus-indica*, con valores de alrededor de 6% de turbidez residual, indicando que puede utilizarse como coagulante para el tratamiento de aguas superficiales y de esa manera eliminar el uso de sales metálicas. También se determinó que el pH es la variable que más influye en el proceso de sedimentación, pero que cuando se analizan la dosis del floculante con el pH en forma conjunta, existe una interacción negativa entre ambas variables que influye en la turbidez final alcanzada. Además se demostró que utilizando mucílago de la penca de tuna como coagulante se lograron mayores remociones de turbidez que con el sulfato de aluminio para las matrices acuosas estudiadas. Es importante destacar que se están llevando adelante investigaciones para comprobar el potencial de la tuna como coagulante en muestras de agua de río. Se sugiere para un futuro realizar extracciones de los productos naturales con el fin de obtener los agentes activos coagulantes de manera de evaluar su capacidad de clarificar aguas para consumo humano, disminuyendo de esta manera la carga de materia orgánica disuelta, que no tiene propiedades coagulantes, en el agua tratada.

4. Referencias

- [1] CASIDAY, R.; NOELKEN, G.; FREY R. (1999). *Treating the Public Water Supply: What Is In Your Water, and How Is It Made Safe to Drink?* Department of Chemistry, Washington University.
- [2] RAMALHO, R. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Editorial Reverté. Barcelona, España.
- [3] SOLÍS SILVAN, R.; LAINES CANEPA, J. R.; HERNÁNDEZ BARAJAS, J. R. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, México, v.28, n.3, p.229-236.
- [4] BRATBY, J. (2006) Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. *IWA*, p.424.
- [5] COLBERT, D. (2007). Los siete pilares de la salud. *Casa Creación*. p.314.
- [6] BAUDINO, G. (2007). *Hidrogeología del Valle de Lerma, Provincia de Salta, Argentina*. Tesis Doctoral. Salta: Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.
- [7] LOZANO, L. (2011). Ecofisiología de la tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *Avances en Horticultura –Review*. Disponible en www.horticulturaar.com.ar
- [8] MAJDOUB, H.; ROUDESLI, S.; PICTON, L. (2001). Prickly pear nopals pectin from *Opuntia ficus-indica* physico-chemical study in dilute and semidilute solutions. *Carbohydrate Polymers*. v.46, p.69–79.

- [9] SAENZ, C.; SEPULVEDA, E.; MATSUHIRO, B. (2004). Opuntias pp mucilages: A functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*.v.57, n.3, p.275–290.
- [10] MARTÍNEZ, D.; CHÁVEZ, M.; DÍAZ, A.; CHACÍN, E.; FERNÁNDEZ, N. (2003). Eficiencia del cactus lefaria para su uso como coagulante en la clarificación de aguas. *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ.* v.26, p.27-33.
- [11] SALAS AGUERO, S.E. (2013). Ensayos de clarificación con extractos derivados de la Tuna, *Informe final de Beca de investigación para estudiantes avanzados*. CIUNSa. Universidad Nacional de Salta.
- [12] HERMANN, H.; HAHN, H.; HOFFMANN, E.; ODEGAARD, H. (2004). Evaluation of Cactus and Hyacinth Bean Peels as Natural Coagulants. *Chemical Water and Wastewater Treatment IWA*, p.402.
- [13] SHILPAA, B. S.; AKANKSHAA; KAVITA; GIRISHB, P. (2012). Evaluation of Cactus and Hyacinth Bean Peels as Natural Coagulants. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*.v.3, n.3.
- [14] MILLER, S.; FUGATE, E.; YANEDEL CRAVER, V.; SMITH, J.; ZIMMERMAN, J. (2008). Toward Understanding the Efficiency and Mechanism of Opuntia Spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. *Environ.Sci. Technol.*v.42, p.4274-4279.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS COMO MEDIDA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Jacipt Alexander Ramón Valencia Msc, Ph.D., Universidad de Pamplona,
jacipt@unipamplona.edu.co

Diego Fernando Alzate MSc, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CORPOICA, diegoalzatev@gmail.com

Jarol Derley Ramón Ph.D., Universidad de Pamplona, jarolramonvalencia@gmail.com

Resumen— Este trabajo tiene por objetivo el Diseño e implementación de un sistema de alertas agroclimáticas tempranas (SAT) ante inundaciones, sequías, deslizamientos e incendios forestales, que vincule el componente de generación y análisis de información meteorológica y la participación comunitaria en las cuencas del río pamplonita y Zulía del departamento de Norte de Santander (Colombia). Inicialmente se realizaron capacitaciones a los potenciales usuarios, observadores locales y actores regionales en temas relacionados con el sistema de alertas tempranas, la variabilidad y el cambio climático, sistemas de información geográfica SIG y lectura y uso de instrumentos meteorológicos. De igual forma, se realizó un diagnóstico técnico preliminar que permitió la instalación de 10 estaciones meteorológicas automáticas y 6 estaciones hidrológicas que conforman la plataforma por medio de un sistema de comunicación en tiempo real, que permita generar los pronósticos en tiempo real ante amenazas de inundaciones e incendio forestales. El proyecto permitió la conformación de una Red Multisectorial de Trabajo en Alertas Tempranas y la generación de capacidades en la región para el monitoreo del clima y la generación de alertas tempranas por fenómenos climáticos extremos en el departamento de Norte de Santander.

Palabras clave— *Alertas tempranas, cambio climático, inundaciones e incendios forestales*

1. Introducción

En el departamento de Norte de Santander (Colombia) se conjugan condiciones físicas complejas con alta vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales, inducidos en su gran mayoría por eventos climáticos extremos asociados a fenómenos de variabilidad climática como el Niño y la Niña. Sin embargo, no se cuenta con un sistema de monitoreo permanente y que permita tener información en tiempo real para alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la posibilidad de ocurrencia de un evento que pueda causar daño, para lo cual es indispensable el monitoreo, el pronóstico, la generación de alertas y la puesta en marcha de los planes municipales de gestión del riesgo. Para que sea efectivo, un sistema de alerta temprana debe tener la capacidad de estimular una respuesta oportuna antes de que se presente un suceso como inundaciones o deslizamientos. Reconociendo que algunos de estos eventos son impredecibles por su misma naturaleza, si existen algunos que se podrían anticipar con cierta precisión al incrementar la capacidad de alerta temprana haciendo uso de los avances tecnológicos actuales para la observación, evaluación y comunicación en tiempo real de estos fenómenos naturales que generan el riesgo y capacitando actores locales y regionales de la cuenca en su lectura y

manejo. Para que se cumpla el papel de un sistema de alerta temprana en la prevención y anticipación de amenazas, la recepción de la información de manera oportuna juega un rol muy importante y si a esto le sumamos que las características hidrológicas y topográficas del Departamento lo hacen muy vulnerable a deslizamientos e inundaciones; es indispensable para anticipar, prevenir y preparar a la posible zona afectada de la ocurrencia de un evento catastrófico, que se cuente con la información en tiempo real de las mediciones de las variables que desencadenan el riesgo como por ejemplo la precipitación o eventos de lluvia [1]. El proyecto se basó en la conformación de un equipo de trabajo permanente para el diseño, socialización, implementación y funcionamiento de un Sistema de Alertas Tempranas contra eventos extremos que puedan desencadenar inundaciones, deslizamientos, incendios forestales u otro tipo de desastres asociados al clima. Paradójicamente, ante tal vulnerabilidad, existen deficiencias a nivel regional para enfrentar estos impactos a nivel institucional y comunitario, dificultades para acceder a la información, lo que impide mejorar la gestión de información hidroclimática, como clave para la zonificación del riesgo climático y la generación de alertas tempranas, así como otros insumos necesarios para apoyar la toma de decisiones y los procesos de planificación, ordenamiento territorial, gestión del riesgo y adaptación al cambio climático [3].

Según el IPCC (2007) [2] el cambio climático es la “variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos”. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (UNFCCC, 1992) de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales [4].

El Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés; IPCC, 2007) menciona que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y se manifiesta en el aumento del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar [5].

El calentamiento observado en los últimos 50 años es probablemente mayor que en cualquier otro periodo similar en los últimos 1,300 años. La temperatura global aumento 0.74 grados centígrados entre 1906 y 2005 (mayor que el 0.6 entre 1901 y 2000) y la tendencia de calentamiento de los últimos 50 años es de 0.13 grados por década. Según Gay et al (2008), a partir de 1977 la tasa de incremento en las temperaturas globales es 5 veces mayor, mientras que en el caso de las temperaturas del hemisferio norte, dicha tasa ha aumentado en más de 8 veces a partir de 1985 [6].

En la Figura 1 se muestran los cambios observados de la temperatura superficial a escala continental y mundial, comparados con los resultados simulados mediante modelos del clima que contemplan forzamientos naturales o forzamientos naturales y antropógenos. Los promedios decenales de las observaciones correspondientes al período 1906-2005 (línea de trazo negro) aparecen representados gráficamente respecto del punto central del decenio y respecto del promedio correspondiente al período 1901-1950. Las líneas de trazos denotan una cobertura espacial inferior a 50%. Las franjas azules denotan el intervalo comprendido

entre el 5% y el 95% con base en 19 simulaciones efectuadas mediante cinco modelos climáticos que incorporaban únicamente los forzamientos naturales originados por la actividad solar y por los volcanes. Las franjas rojas denotan el intervalo comprendido entre el 5% y el 95% con base en 58 simulaciones obtenidas de 14 modelos climáticos que incorporan tanto los forzamientos naturales como los antropógenos [7] y [8].

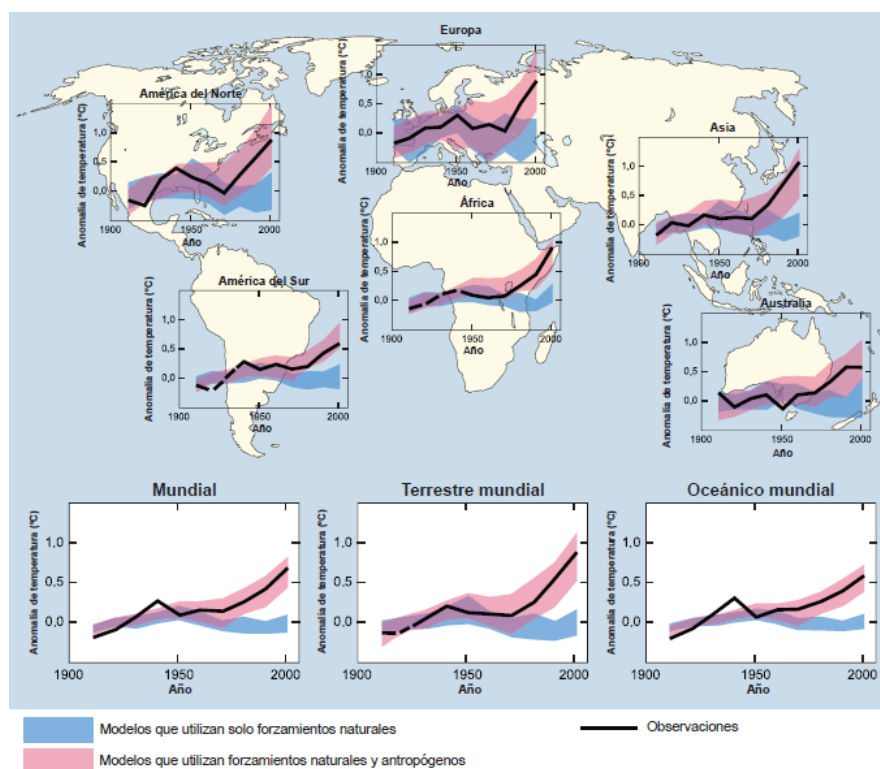


Figura 1. Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental

Fuente: IPCC, 2007.

Un sistema de alerta temprana, SAT, consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva [9].

2. Materiales y Métodos

El tiempo proyectado para este proyecto fue de 24 meses, al cabo de los cuales la apropiación del proyecto por parte de los actores regionales y la generación de alertas tempranas garantizaron su funcionamiento sin recursos externos sino los otorgados por las instituciones regionales y locales. Por la complejidad de los efectos y consecuencias del cambio climático, el SAT diseñado estableció reglas que permitió prevenir un conjunto de eventos climáticos que corresponden a distintas escalas temporales: 3 a 4 meses de anticipación para una potencial sequía o evento extremo de lluvias, algunas horas para lluvias torrenciales, inundaciones e incendios forestales. Se conformó un equipo de profesionales que estén permanentemente coordinando la ejecución de las actividades propuestas.

En cuanto a la red de instrumentos, se implementó un sistema de comunicación en tiempo real, control y gestión para once (10) estaciones meteorológicas automáticas de bajo costo, donde se realizó el diseño de unas aplicaciones web necesarias para la comunicación de las

estaciones con un servidor de datos y una página web desde donde se podrá observar gráficas y datos de las mediciones hechas por las estaciones, así como extraer los datos de las mediciones en un periodo de tiempo determinado. La idea es colocar una estación en un municipio o lugar donde se puedan conectar permanentemente a internet para el envío de los datos. El Esquema general de funcionamiento de la red climática propuesta se muestra a la figura 2.

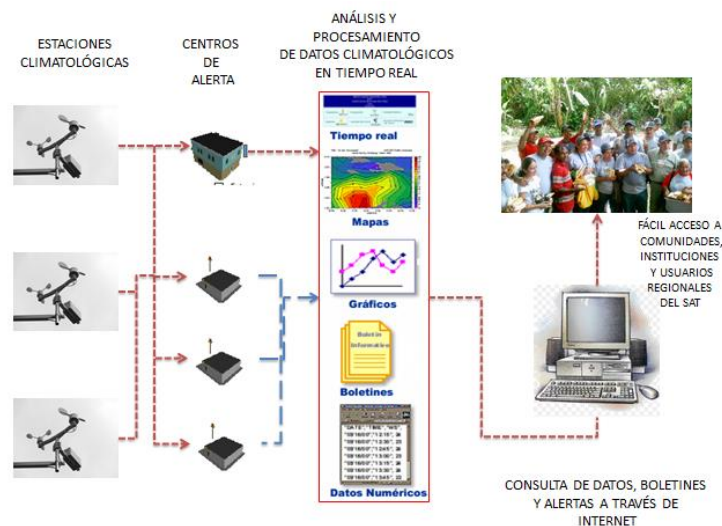


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de alerta temprana climatológico

Fuente: autor

El servidor central se encuentra en el centro Principal de Alerta en la ciudad de Cúcuta (Colombia). Para las estaciones hidrológicas se instalaron tres, una en el Río pamplonita, otra en el Zulia y la ultima en río el Táchira, realizando actividades de calibración de la curva H (Altura) vs. Q (Caudal). Las mediciones de estas estaciones las realizarán los observadores locales capacitados diariamente y las enviarán a los Centros Locales de Alerta.

Se Realizó el diseño y montaje de la plataforma Web-SIG para acceso a la información del sistema de alerta temprana en las cuencas del rio pamplonita y Zulia SAT en tiempo real (www.satnortedesantander.org). Cabe destacar, que a la fecha la plataforma SAT cuenta con 20 estaciones climatológicas con información libre disponible de datos climatológicos de dirección y velocidad del viento, temperaturas, precipitación, radiación solar y presión. en Norte de Santander.

De igual forma, se han generado más de 150 pronósticos del estado del tiempo los cuales han tenido una efectividad muy alta de más del 80% de ocurrencia, debido al buen análisis de los modelos numéricos WRF Y GFS utilizando los datos de precipitación, punto de rocío velocidad y dirección del viento, presión y temperatura arrojados por las 17 estaciones meteorológicas del sistema de alertas tempranas ante eventos extremos presentes en el departamento Norte de Santander.

2.1 Descripción de la zona de estudio

La cuenca del río Zulia se localiza en la parte media del departamento de Norte de Santander, en la vertiente oriental de la cordillera oriental colombiana. Esta es una cuenca binacional, debido a que sus aguas en la parte baja de la cuenca continúan fluyendo sobre territorio venezolano. La cuenca se ubica entre la coordenadas planas Norte: 1°290.000 y 1°430.000 y Este: 1°118.000 y 1°190.000, con origen en el Observatorio Astronómico Nacional. (Figura 3).



Figura 3. Localización de la cuenca del río El Zulia

Fuente: autor

Esta cuenca tiene una extensión de 348.541 hectáreas (ha) (3485.4 Km²) que corresponde al 15.7% del territorio del departamento de Norte de Santander. La extensión de su territorio abarca cotas altitudinales entre los 50 y los 4200 m.s.n.m. con pendientes que van desde 0% (plana) hasta mayores a 75% (muy escarpada). El cauce principal se forma en el Municipio de Arboledas en donde confluyen los ríos Arboledas y Cucutilla. La cuenca finaliza en el municipio de Puerto Santander donde el río Zulia se empieza a extender en territorio venezolano (Gil et al, 2007).

La cuenca del río Pamplonita (figura 4) se encuentra ubicada en la vertiente oriental de la cordillera oriental de Colombia, al sureste del departamento de Norte de Santander. La cuenca posee el margen izquierdo del río Táchira, corriente que sirve como límite internacional entre Colombia y república de Venezuela. Por tanto se cataloga esta como una cuenca binacional que demanda una futura gestión concertada de ambos países.



Figura 4. Localización de la cuenca del río Pamplonita

Fuente: autor

Esta cuenca está comprendida entre coordenadas planas Norte: 1°300.000 y 1°415.000 y Este: 1°150.000 y 1°195.000. Comprende una extensión de 134536 hectáreas (1345,4 Km²) que corresponden al 6% del área departamental. (Arango et al, 2006).

Su territorio que se encuentra entre los 50 y los 3550 m.s.n.m, presenta una forma alargada en dirección suroeste – noreste. El cauce principal se forma en el Municipio de Pamplona en la confluencia de las quebradas El Rosal y Navarro que forman la quebrada El Volcán y finaliza cerca del centro poblado de Puerto Villamizar en el Municipio de Cúcuta al confluir en el río Zulia. Este río vierte sus aguas al río Catatumbo y llega a la vertiente del Caribe en el Lago de Maracaibo, en el estado Zulia en Venezuela.

En la figura 5 se puede observar el área de influencia del proyecto, el cual incluye en la cuenca del pamplonita los municipios de Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Durania, Chinácota, Toledo, Labateca, Ragonvalía, Herrán, Cacota, Chitagá, Silos, Los Patios y Puerto Santander y en la cuenca del El Zulia los municipios de El Zulia, Santiago, Salazar, Villa del Rosario, Arboledas, Gramalote y otros.

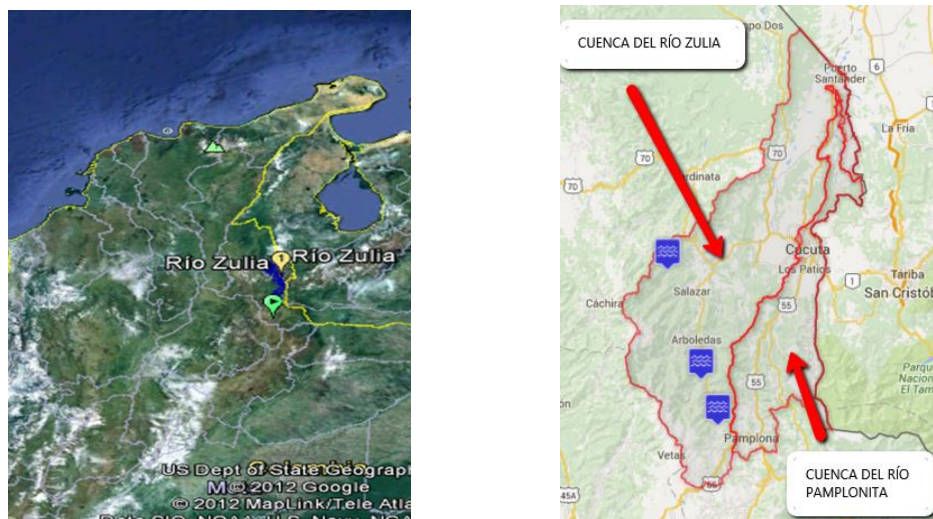


Figura 5. Localización de la cuenca del río Pamplonita

Fuente: autor

3. Resultados y Discusión

3.1 Socialización y planificación:

Uno de los principales metas trazadas con el proyecto SATC fue el de aportar en la generación de información meteorológica y agrometeorológica para hacer frente a la variabilidad y el cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad por falta de información y gestión institucional

3.2 Generación de información y operación del SAT

En esta fase se consolidaron las líneas de acción de SAT, entre las que se destacan: instalación y monitoreo de instrumentos de medición hidrometeorológica (con alternativas de bajo costo, automáticas o manuales y de precisión aceptable para el fin), elaboración de modelos climáticos sencillos para las cuencas (que permiten identificar condiciones futuras de exceso de humedad o de sequías y realizar boletines y alertas), implementación de un índice de riesgo de ocurrencia de incendios forestales, planes de contingencia de mecanismos para la generación y comunicación de alertas, diseño de medidas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático en la agricultura en forma colaborativa con las comunidades, diseño y montaje de la plataforma Web-SIG para acceso a la información del SAT en tiempo real.

En cuanto a equipos de medición hidrometeorológica, el proyecto cuenta actualmente con 10 estaciones meteorológicas automáticas en tiempo real instaladas en diferentes municipios de las cuencas Zulia y Pamplonita como se muestra en la figura 6. Estas cuentan con sensores para dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, pluviosidad, y presión atmosférica, los cuales suministran la información básica que se requiere para el monitoreo del clima, generación de alertas tempranas y realización de análisis climáticos, acoplados a la plataforma, además sirve de soporte para estudios e investigaciones posteriores sobre el cambio climático.



Figura 7. Estaciones meteorológicas

Fuente: autor

Adicionalmente se cuenta con 6 estaciones hidrológicas automáticas que envían en tiempo real datos de nivel de los ríos y caudal (figura 7).



Figura 7. Estaciones hidrológica

Fuente: autor

3.3 Diseño y montaje de la plataforma SATC

Una opción sencilla y de fácil implementación es el diseño de una página web bajo el estándar HTML y códigos en javascript para las animaciones y despliegue de gráficas en tiempo real de los instrumentos de las estaciones. Sin embargo, existen servidores para alojamiento web gratuito si se piensa en una plataforma muy simple, o alternativas de pago que permitiría tener almacenamiento ilimitado y otras opciones como correo, bases de datos, etc. El método de transmisión de datos utilizado se basa los llamados webtags, los cuales funcionan a manera de plantillas y son reemplazados constantemente por los datos actuales de la estación climatológica, cuya configuración puede definirse a voluntad. En la Figura 8 se muestra la plataforma WebSIG para la administración de una red climática del proyecto SAT Norte de Santander.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS COMO MEDIDA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



Figura 8. Plataforma WebSIG proyecto SAT

Fuente: autor

Es posible que existan problemas de conexión entre las estaciones instaladas y la plataforma, por causas de una mala señal de internet o por problemas de los equipos usados, incluyendo la estación. Es por esto que se realizó un periodo de prueba de la red de al menos 6 meses antes de operarla oficialmente. En este tiempo se capacitó al personal, probar las conexiones, subida de datos, plataforma de funcionamiento, y analizar la información y posibles errores. Todo hace parte de un periodo de prueba normal que permite familiarizarse con el sistema, con su funcionamiento y con el análisis, procesamiento y despliegue de la información, como se muestra en la figura 9.

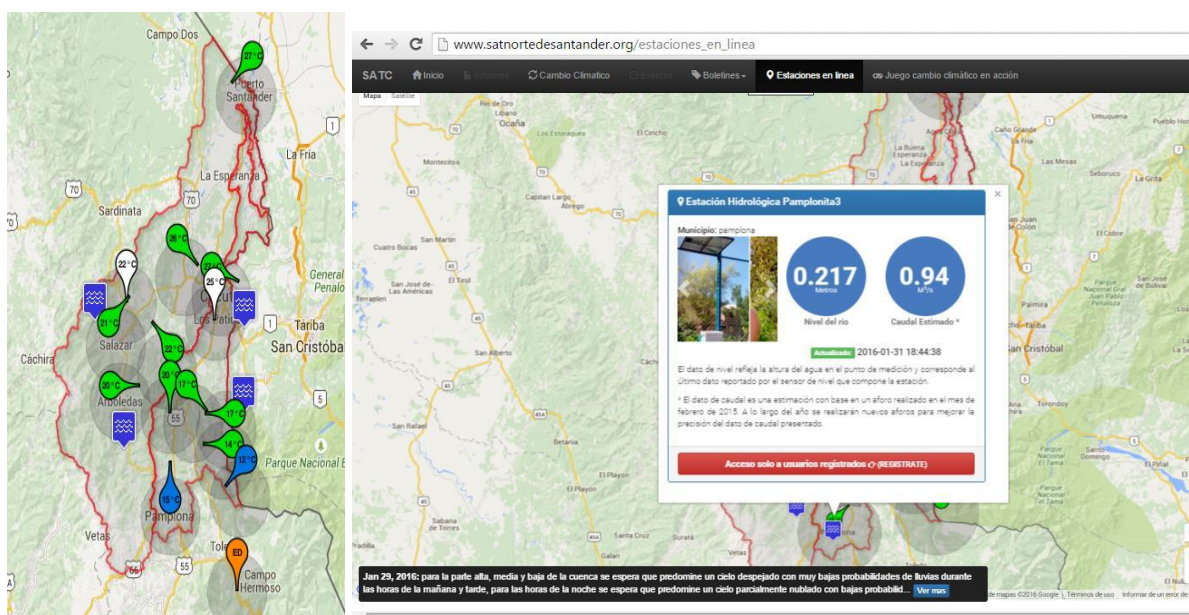


Figura 9. Estaciones hidrometeorológicas en línea proyecto SAT

Fuente: autor

3.3 Capacitación

El desconocimiento en temas de variabilidad y cambio climático es una barrera para la adaptación. En este sentido, fue necesario fomentar la formación y capacitación en estos temas, vinculando el componente técnico con el saber actual y ancestral de las comunidades a través del diálogo. Los cursos regionales, internacionales de larga duración y las réplicas locales son una estrategia clave para difundir el conocimiento en variabilidad, cambio

climático y adaptación. De igual forma, en esta fase de desarrollo paralelo a la de generación de información y operación del SAT, se capacitó a los actores regionales usuarios del SAT en temas fundamentales para su funcionamiento como lo es variabilidad y cambio climático, adaptación, alertas tempranas, lectura y manejo de instrumentos hidrometeorológicos, gestión del riesgo, meteorología, SIG, entre otros, a través de cursos, parcelas demostrativas, folletos, cartillas, manuales, etc. Se realizaron 3 talleres de trabajo con los actores del SAT en Norte de Santander a través de diplomados SAT (figura 10).



Figura 10. Localización de la cuenca del río Pamplonita
Fuente: autor

3.4 Difusión

La difusión de las alertas requiere la recepción de información de las estaciones, su procesamiento, análisis, elaboración de las alertas y finalmente su difusión que se prevé realizar a través de medios como el internet, e-mail, emisoras locales y mensajes de texto. Para esto se diseñaron y se está en proceso de creación de 4 de centros de alerta local que cuentan con un responsable (a cargo del municipio u otro usuario del SAT), con un computador, impresora, conexión a internet, teléfono y mobiliario cada una (Se pueden aprovechar instalaciones existentes). Se diseñó la plantilla de boletines y alertas, formatos de difusión de la información, y la operación del sitio web como se muestra en la figura 11.

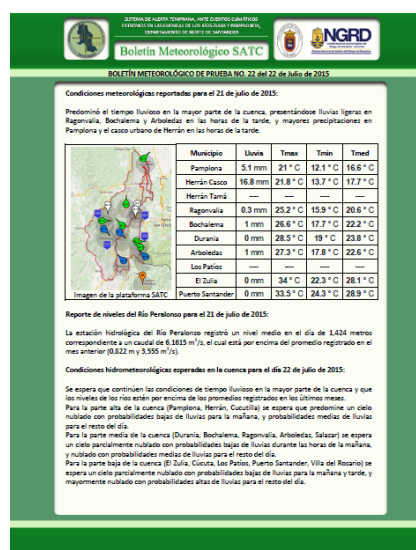


Figura 11. Boletines meteorológicos generados periódicamente Fuente: autor

4. Conclusiones

Con el constante monitoreo de los parámetros climatológicos: temperatura, precipitación, presión, velocidad y dirección del viento, punto de rocío, brillo solar se ha podido observar la gran variación presente en nuestro departamento del tiempo atmosférico puesto que la parte alta, media y baja de las cuencas presentan comportamientos diferentes. La mayor cantidad de precipitación se presenta en la parte alta y media esto genera que los mayores riesgos ante eventos extremos se presenten en la parte baja ya que en ellos se ven reflejados los aumentos en los caudales de los ríos y las anomalías.

La publicación de los pronósticos del estado del tiempo, el monitoreo en tiempo real ha llegado a los sectores de producción agrícola, pecuario y comunidad en general del departamento. Los cuales se presentaron a la comunidad por los diferentes medios de comunicación y son utilizados por ellos para labores asociadas a su diario vivir generando un nivel de credibilidad y de avance no solo para nuestro departamento sino también para nuestro país.

El buen desempeño de las estimaciones ha conllevado a ser pioneros en este tipo de proyectos con sistemas de alertas tempranas, queriendo crear una expansión del trabajo a otros departamentos en los próximos años para que se puedan monitorear en tiempo real las diferentes variables meteorológicas presentes en otros tipos de microclimas ya que con la experiencia adquirida podemos capacitar implementar y aplicar los métodos de prevención ante eventos climatológicos extremos.

Recomendaciones

Vinculación, capacitación y participación activa de las instituciones regionales como la Gobernación o gobiernos regionales, alcaldías de los municipios o gobiernos locales, universidades, así como organizaciones sociales y no gubernamentales de la cuenca que puedan contribuir con recursos técnicos, humanos y financieros para la continuidad del SAT.

Conformación de una red de observadores locales para el monitoreo local del clima.

Vinculación, capacitación y participación de las comunidades y participación de ellos en la generación de alertas tempranas comunitarias.

Intercambio de experiencias, conocimientos y metodologías con otros sistemas nacionales e internacionales de generación de alertas tempranas.

El trabajo colaborativo es muy importante, ya que sin el apoyo de actores claves, y más aún personas claves, dentro de las organizaciones regionales, es muy difícil generar dinámicas en torno al tema de variabilidad, cambio climático y sistemas de alerta temprana.

La consecución de recursos es generalmente la fase más difícil de todo proyecto, por lo cual la creatividad y recursividad vinculando organismos de cooperación internacional y participando en convocatorias nacionales para obtener recursos para la implementación, teniendo en cuenta el auge de recursos a nivel nacional para procesos de adaptación y mitigación del cambio climático.

Referencias

- [1] Becher, Martin. 2012. Percepción e Impacto del Cambio Climático – Conflictos socio-ambientales en Norte de Santander. CERCAPAZ – Componente 3: Gestión de Conflictos Ambientales. IP-Consult/Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional GIZ. Stuttgart, Alemania. 16 págs.
- [2] IPCC (2007) . Políticas públicas para la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático. <http://orton.catie.ac.cr/REPDOCA3832E/A382E.PDF>
- [3] Boshell Francisco. 2013. Las alertas agroclimáticas tempranas participativas: punto de encuentro entre conocimientos actuales y ancestrales y apoyo para la seguridad alimentaria. Diálogo Local Caribe - Colombia Seguridad Alimentaria y Adaptación al Cambio Climático. GIZ - Programa AAC y Red Nacional Cambio Climático y Seguridad Alimentaria de Colombia – RICCLISA. (Presentación en Power Point).
- [4] Boshell F., León G. y Peña A. 2010. Contextualización de los efectos del Cambio Climático en la Agricultura. SERIE MANUALES / MANUAL N°3. Programa AACC - «Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes». Países Andinos 2010 – 2013. GIZ GmbH–Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Perú.
- [5] Benavides H., & G. León: 2005: Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Nota Técnica IDEAM-METEO-008-2007. Bogotá, Colombia.
- [6] CORPONOR. 2012. Sistema de Información Ambiental. Información en formato shape sobre impactos del fenómeno de la Niña 2010-2011 en el departamento de Norte de Santander. San José de Cúcuta.
- [7] Alzate, D.; Rojas, E.; Mosquera, J; Ramón, J. (2015). Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. Rev. Luna Azul. N° 40. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, pp. 127-153.
- [8] Cadena, M., 2010: Tendencias del nivel del mar en Colombia. Segunda Comunicación Nacional de Colombia. Capítulo IV Vulnerabilidad (por publicar).
- [9] Alzate, Diego. 2011. Lineamientos de manejo para el casco urbano destruido del municipio de Gramalote, Norte de Santander. San José de Cúcuta.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE COMPENSACIÓN REACTIVA EN REDES DE SUBTRANSMISIÓN DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES A PARTIR DE BANCOS DE CAPACITORES SHUNT EN 13,2 kV

Ulises Manassero^[1], ulisesmanassero@hotmail.com

Emanuel Guisoni^[1], emanuelguisoni@hotmail.com

José Luis Torres^[1], jose_luistorres@yahoo.com.ar

Jorge Vega^[1], jvega@santafe-conicet.gov.ar

Andrés Zóttico^[1], andres_pgz@hotmail.com

^[1] Grupo de Control y Seguridad Eléctrica (CySE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, Santa Fe, Argentina.

Resumen— En Argentina, las redes de sub-transmisión de 132 kV de la región del NEA se caracterizan por su topología radial, con longitudes superiores a los 100 km y demandas importantes alejadas de los nodos de inyección de potencia. Tales configuraciones desmejoran los perfiles de tensión del corredor, provocando una mala calidad del producto técnico final e incrementando las probabilidades de alcanzar condiciones de colapso de tensión.

Como soluciones de corto plazo se promueven los bancos de compensación shunt vinculados a barras de 13,2 kV y la inyección de potencia a partir de generación distribuida. Esta última solo resulta efectiva si las centrales operan en modo de control de tensión, inyectando a la red los módulos de potencia reactivos máximos dados por la curva de cargabilidad de sus máquinas.

En este trabajo se evalúa la inserción de nuevos recursos de compensación de reactivo a partir de bancos de capacitores shunt en tres corredores radiales de 132 kV del sistema de sub-transmisión de la provincia de Corrientes.

Se analiza el impacto de tales recursos en la estabilidad de tensión en estado estacionario del sistema, la ampliación del horizonte de crecimiento y el comportamiento de la red en condiciones de red completa y ante contingencias simples.

Palabras clave—*compensación shunt, estabilidad de tensión, perfiles de tensión.*

1. Introducción

El continuo progreso de la civilización moderna es cada día más dependiente de la energía eléctrica para propósitos comerciales, industriales, domésticos y agrícolas [1]. La energía eléctrica es exclusivamente generada, transmitida y distribuida en forma de corriente alterna y su consumo crece constantemente pues los niveles de confort exigidos por los usuarios son cada vez mayores, incrementando significativamente la cantidad de equipos eléctricos y electrónicos; así como también su nivel de consumo de energía [2].

La mayoría de los equipos de una red eléctrica convencional así como también las principales demandas son de naturaleza inductiva, por lo tanto, operan con un factor de potencia bajo, motivando que el flujo de potencia reactiva requerido por el sistema produzca una serie de impactos negativos en la red de transmisión de energía. Entre ellos se destacan [3]:

- Eficiencia pobre de transmisión: las pérdidas en todos los elementos del sistema de alimentación desde el generador de la central eléctrica a los dispositivos finales de utilización aumentan debido a la potencia reactiva exigida por las cargas, lo que incrementa las pérdidas del sistema de transmisión.
- Regulación de voltaje deficiente: debido al flujo de potencia reactiva en las líneas, la caída de tensión en las mismas aumenta, reduciendo la tensión de servicio en los nodos de conexión de las cargas eléctricas.
- Factor de potencia bajo debido al exceso de flujo de potencia reactiva en líneas de transmisión.
- Necesidad de sobredimensionamiento del equipamiento eléctrico del sistema de transmisión a proyectar: el flujo de potencia reactiva en los conductores de línea requiere un sobredimensionamiento de los conductores para transmitir la misma potencia activa en comparación con el conductor de una red que opera con factores de potencia cercanos a la unidad.
- Reducción de la capacidad remanente en equipamiento eléctrico existente: el flujo adicional de potencia reactiva, origina una reducción de la capacidad de potencia aparente remanente de la red, un incremento de pérdidas y una caída de tensión mayor en los nodos de la red.

En este contexto, los bancos de capacitores trifásicos (denominados también como compensación shunt), vinculados en barras de 13,2 kV de las Estaciones Transformadoras (ET) de Sub-transmisión 132/33/13,2 kV se presentan como una opción atractiva para proveer localmente parte del reactivo requerido por las cargas eléctricas.

En consonancia con la problemática descripta, en este trabajo se evalúa el impacto que produce la incorporación de dichos bancos de compensación y el despacho de generación distribuida (GD) en las condiciones de operación del sistema (perfiles de tensión, horizonte de crecimiento de demanda y condición de colapso de tensión del subsistema). Para ello se han seleccionado tres redes de sub-transmisión de la provincia de Corrientes, dos de las cuales poseen una configuración radial y la restante, una topología mallada.

Estos subsistemas presentan el inconveniente de operar con perfiles de tensión cercanos al límite mínimo admisible por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA), conduciendo esto a un acotado horizonte de crecimiento de demanda debido a que se encuentran próximos a los límites de estabilidad de tensión, definiéndose este último como la capacidad de un sistema para retomar un nuevo punto de equilibrio estable o de volver al original tras la ocurrencia de una perturbación [4].

El análisis de estabilidad de tensión en estado estacionario se realiza a partir de la elaboración de las curvas potencia/tensión (P-V) en los nodos de carga más alejados de los nodos de interconexión con el Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

2. Materiales y Métodos

Para el estudio del impacto de la conexión de compensación shunt se utilizó el software de simulación PSS®E en su versión 34 universitaria, modelando cada uno de los subsistemas y utilizando las herramientas de cálculo de flujo de potencia en estado estacionario como así también el análisis de curvas P-V.

En el modelado de cada uno de los subsistemas seleccionados se adoptaron las hipótesis que se detallan a continuación.

- Niveles de calidad del producto técnico exigidos en el Anexo 5 de Los Procedimientos de CAMMESA para redes de transmisión en AT y MT en condiciones normales [5]. Las condiciones límites de operación admisible se encuentran comprendidas entre niveles de tensión de 0,93 a 1,07 pu para redes de AT y en 0,9 a 1,1 pu en redes de MT.
- Niveles de calidad del producto técnico en condiciones de emergencia exigidos en el Procedimiento Técnico número 4 de CAMMESA para redes de transporte [6]. Las condiciones límites de operación admisible se encuentran comprendidas entre niveles de tensión de 0,90 y 1,15 pu.
- En todos los casos se considera que la tensión en barra de 132 [kV] de los nodos de interconexión con el SADI se mantienen constantes en un valor de 1,05 pu –controlados por los reguladores bajo carga de los transformadores de potencia de dichas ETs-.
- La compensación reactiva a instalar corresponde a bancos de capacitores conectados en barras de 13,2 kV de las ETs de 132 kV Chajarí (Entre Ríos), Monte Caseros, Paso de los Libres, Esquina, Sarmiento, Bella Vista y Goya.
- En cada transformador de potencia 132/33/13.2 kV, se admite una potencia reactiva capacitiva máxima a instalar en barras de MT de como máximo un tercio de la potencia nominal del devanado de AT según las recomendaciones de fabricantes de transformadores de potencia.
- Los nuevos módulos unitarios de bancos de capacitores a instalar son de 1,5 MVar, en concordancia con los módulos existentes en las instalaciones de la mayoría de las empresas distribuidoras de energía.
- La potencia reactiva a instalar a partir de bancos de capacitores shunt corresponde a un valor de compromiso que no sólo permite mejorar los niveles de tensión del corredor, sino también minimizar, o evitar, las operaciones sobre los bancos de capacitores.
- La GD fue modelada en base a datos de catálogos y despachada en modo factor de potencia constante, con un valor de 0,95 en retraso.

Todos los casos fueron evaluados para dos escenarios de demanda que se definen a continuación:

- Escenario de máxima demanda (pico de demanda): valor que se define como el pico máximo de potencia dado en el periodo diciembre/marzo y se obtiene generalmente en el horario comprendido entre las 14 y 15 hs.
- Escenario de mínima demanda (valle de demanda): se asume una demanda igual al 48 % del valor pico y se tiene en cuenta para evaluar posibles condiciones de sobrecompensación reactiva.

En la figura 1 se puede observar de manera aproximada las trazas (con sus respectivas longitudes) de las líneas que conforman los subsistemas estudiados, con la ubicación

geográfica de las estaciones transformadoras (ETs) del SADI 500/132 kV y las ETs del sistema de subtransmisión correntino 132/33/13,2 kV.

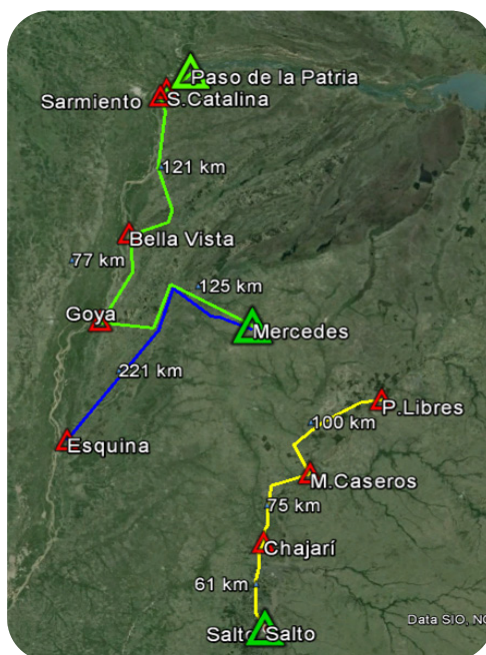


Figura 1. Trazas aproximadas de los subsistemas seleccionados.
Fuente: elaboración propia

A continuación se presenta una descripción detallada de cada uno de los corredores.

2.1 Corredor Sureste

Se abastece desde la ET 500/132 kV perteneciente al SADI ubicada en Salto Grande Argentina y tiene como nodos de demanda las ETs Chajarí (CHA), Monte Caseros (MCAS) y Paso de los Libres (PLIB), presentando una configuración radial con una longitud total de 236 km.

Actualmente se encuentra conectado un banco de capacitores de 4,5 MVar en barras de 13,2 kV de la ET CHA y de 9 MVar en barras de 13,2 kV de la ET PLIB.

2.2 Corredor Mercedes – Esquina

La topología de este corredor es de tipo radial y su nodo fuente es la ET Mercedes 500/132 kV. Su único nodo de carga es la ET Esquina (ESQ).

En la ET ESQ generación distribuida (GD) a base de motogeneradores diesel, con una potencia nominal de 8,75 MVA. Es importante destacar la elevada longitud de este corredor, que alcanza aproximadamente los 221 km.

2.3 Corredor Oeste

Representa uno de los subsistemas de mayor envergadura en la provincia; se abastece desde las ETs Mercedes y Paso de la Patria teniendo como nodos de carga a las ETs Goya (GOYA), Bella Vista (BVIS), Sarmiento (SAR), Santa Catalina (SCAT) y Corrientes Este (CESTE).

A diferencia de los casos anteriores, la configuración de este corredor es del tipo anillada, aunque las líneas presentan elevadas longitudes y las demandas en cada nodo son importantes.

En lo que respecta a compensación reactiva, la ET GOYA dispone de 9,45 MVA de GD en base a motogeneradores diesel y además en barras de 13,2 kV existen 6 MVar de banco de capacitores shunt conectados de manera permanente.

3. Resultados y Discusión

Según las consideraciones e hipótesis definidas y teniendo en cuenta las potencias nominales de los transformadores instalados en cada nodo de carga, se presenta en la tabla 1 las capacidades máximas de compensación reactiva posibles de instalar en cada ET.

Tabla 1. Máxima capacidad de reactivo normalizada a instalar.

Estación transformadora	Potencia Transformador [MVA]	Capacidad máxima normalizada a instalar [MVar]
CHA	50	16,5
MCAS	15	4,5
PLIB	30	9
ESQ	15	4,5
GOYA	30	9
BVIS	30	9
SAR	30	9

Fuente: elaboración propia

Para obtener resultados y compararlos se han tomado todas las combinaciones posibles en cada subsistema, incluyendo el despacho de GD donde esté presente y adoptando como parámetro de comparación los perfiles de tensión en barras de 132 kV.

3.1 Corredor sureste

Las evaluaciones de los perfiles de tensión se realizan sobre la ET PLIB que se ubica como nodo de carga extremo del corredor, presentando las condiciones más desfavorables de calidad del producto técnico.

En la tabla 2 se presentan los perfiles de tensión obtenidos en las simulaciones para todos los casos de estudio. Además, otros datos detallados en la misma que revisten interés son: el incremento de tensión porcentual respecto al caso base producto de la incorporación de reactivo adicional, la cantidad de potencia que se instaló para el caso dado y la relación entre la potencia de compensación instalada sobre la variación de tensión (parámetro S/U).

Para el caso base es necesario contemplar la compensación shunt que existe actualmente en el corredor.

Tabla 2. Comparación de alternativas de compensación reactiva para el corredor Sureste.

N°	CASO	U [pu] Barra PLIB	ΔU [%]	INCREMENTO TOTAL S [MVA]	RELACION S/U [MVA/pu]
0	Base	0,899	0	0	0
1	4,5 MVar MCAS	0,926	2,7	4,5	1,7
2	12 MVar CHA	0,912	1,3	9	6,9
3	16,5 MVar	0,933	3,4	16,5	4,9

Fuente: elaboración propia

Previo al dictamen de cuál es la compensación que produce las condiciones más favorables se analiza el impacto de la compensación reactiva en el escenario valle de demanda, a los fines de advertir posibles sobretensiones en barras de 132 kV (ver figura 2).

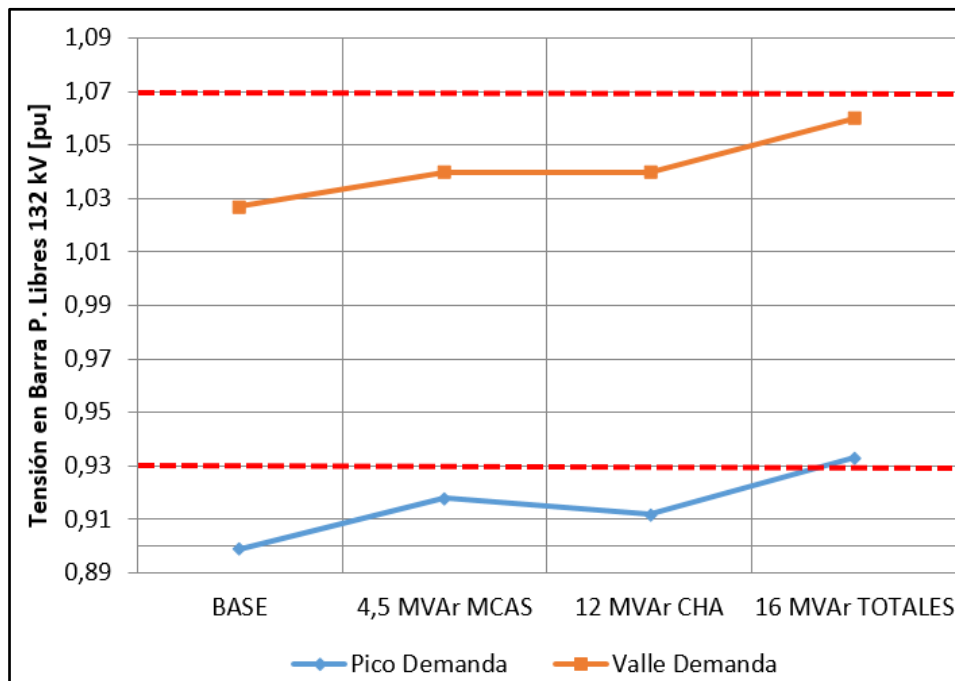


Figura 2. Perfiles de tensión en barra de 132 kV de ET PLIB para los escenarios planteados.
Fuente: elaboración propia

Con los resultados anteriores y teniendo en cuenta las exigencias de calidad de producto técnico fijado por CAMMESA en su anexo 5, la única solución disponible en este corredor, es la incorporación de 16,5 MVar de compensación distribuidos entre las ETs CHA y MCAS.

Por otra parte, del análisis del subsistema en condiciones de contingencias simples, los resultados obtenidos para una compensación de 16,5 MVar demuestran que no se presentan perfiles de tensión superiores al máximo admisible. Esto se puede observar en las figuras 3 y 4 las que representan el modelo del subsistema en PSS®E y en las que se destacan en amarillo los elementos desacoplados.

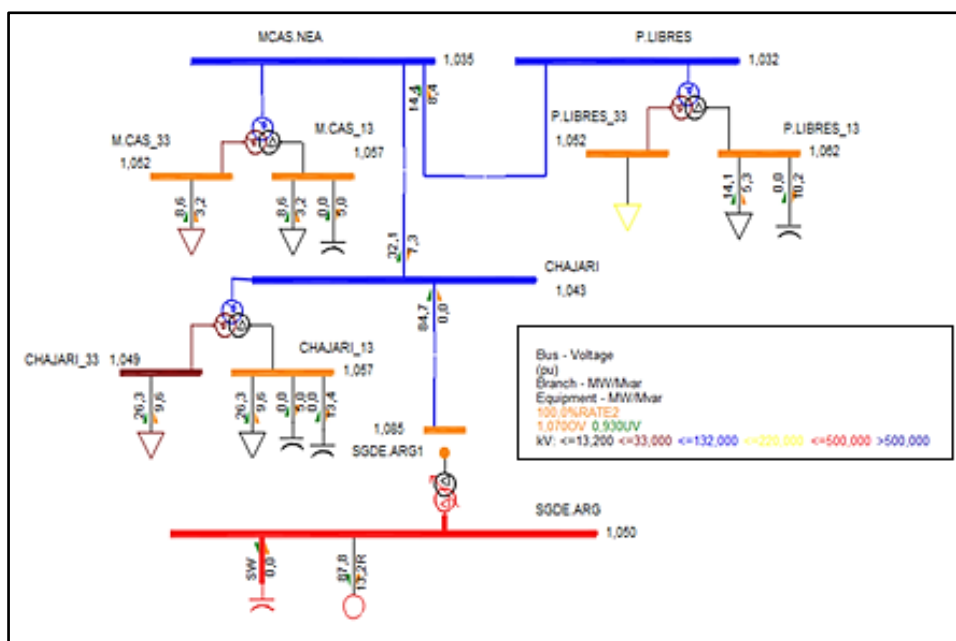


Figura 3. Pérdida intempestiva de la demanda alimentada desde barras de 33 kV.
Fuente: elaboración propia

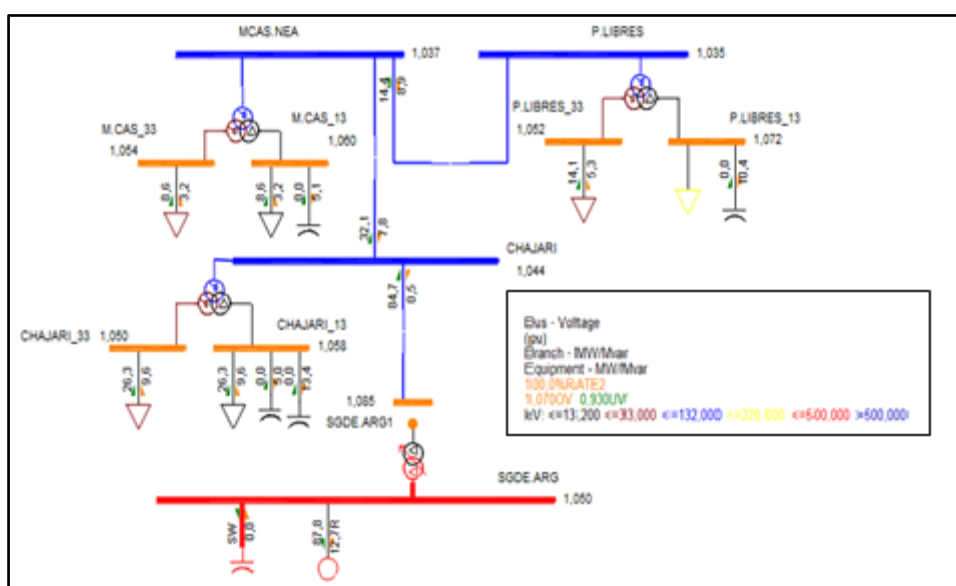


Figura 4. Pérdida intempestiva de la demanda alimentada desde barras de 13,2 kV.
Fuente: elaboración propia

En lo que respecta a horizonte de crecimiento de demanda, según el análisis de curvas P-V (ver figura 5), la compensación impacta de manera positiva en el corredor, dando un margen de incremento de potencia de aproximadamente 6,25 MW frente a la nula posibilidad de crecimiento que presenta actualmente.

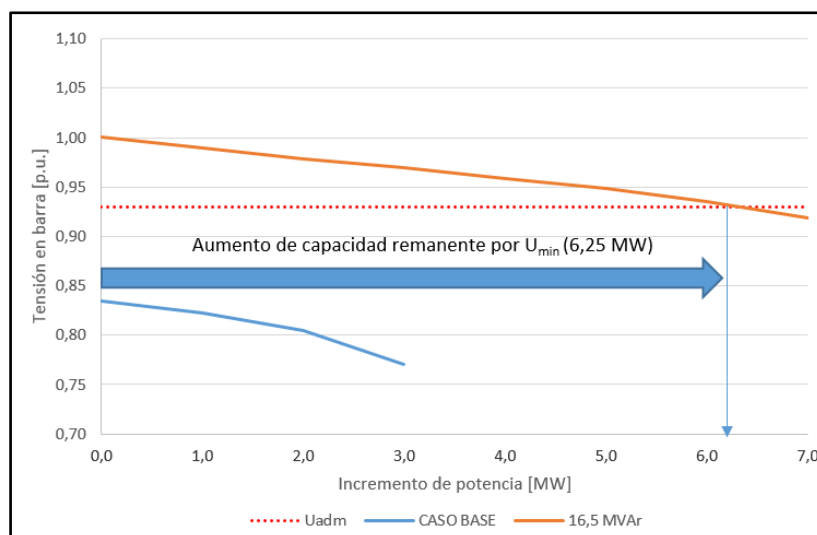


Figura 5. Curvas PV de ET PLIB 132 kV para las compensaciones seleccionadas.
Fuente: elaboración propia

3.2 Corredor Mercedes – Esquina

Si bien este subsistema es sencillo en lo que respecta a nodos de carga y nodos fuente, presenta la particularidad de poseer una elevada longitud en sus líneas, ocasionando elevadas caídas de tensión que atentan contra la operación normal de la red.

Las posibles medidas para mejorar los perfiles de tensión y aumentar el horizonte de crecimiento de demanda se muestran en la tabla 3.

Los resultados de las simulaciones de flujos de potencia para escenarios de pico de demanda dejan entrever que la mejor solución es la instalación de compensación shunt conjuntamente con el despacho de la GD dado que es la alternativa que posee la menor relación S/U (tensión final en función de la potencia reactiva adicional), pero a pesar de ser la solución técnica más favorable y tentativa para el caso de demanda pico, esta no es viable por las siguientes razones:

- Para el escenario valle de demanda se produce una sobrecompensación que eleva la tensión en el nodo de carga por encima del máximo admitido (ver figura 6).
- Ante contingencias simples, tales como una pérdida intempestiva de demanda en barras de 13,2 kV, se alcanzan sobretensiones del orden a los 1,16 pu en barras de 132 kV.
- La GD reviste un mayor coste de operación y mantenimiento frente a un banco de capacitores que se instala de manera fija sin la necesidad de contar con operarios o el control de ningún parámetro de la red.

Tabla 3. Comparación de alternativas de compensación reactiva para el corredor Mercedes – Esquina.

N°	CASO	U [pu] Barra ESQ	ΔU [%]	INCREMENTO TOTAL S [MVA]	RELACION S/U [MVA/pu]
0	Base	0,995	0	0	0
1	4,5 MVar	1,024	2,9	4,5	1,6
2	GD	1,03	3,5	7,37	2,1
3	GD + 4,5 MVar	1,058	6,3	9,76	1,5

Fuente: elaboración propia

Descartando el caso N° 3, de las dos alternativas restantes se concluye que la mejor opción es la incorporación de 4,5 MVar de compensación shunt sin despacho de la GD.

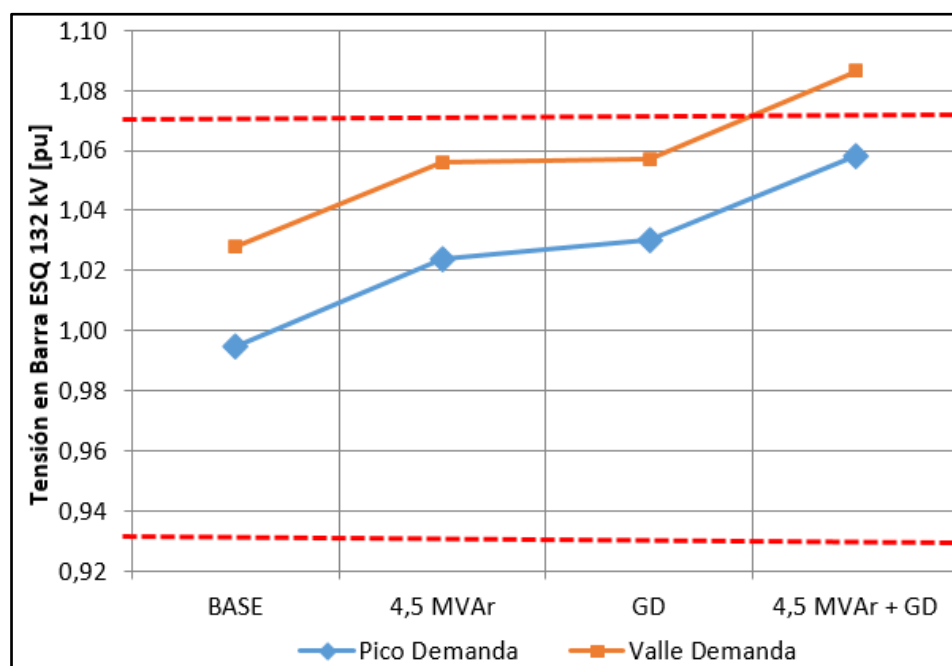


Figura 6. Perfiles de tensión en barra de 132 kV de ET ESQ para ambos escenarios de demanda y para las distintas combinaciones.

Fuente: elaboración propia

Con la incorporación de 4,5 MVar de compensación shunt, el subsistema incrementa el margen de capacidad remanente en aproximadamente 2,5 MW, lo que representa un horizonte de crecimiento de demanda del 50 % respecto a la condición actual de operación (ver figura 7).

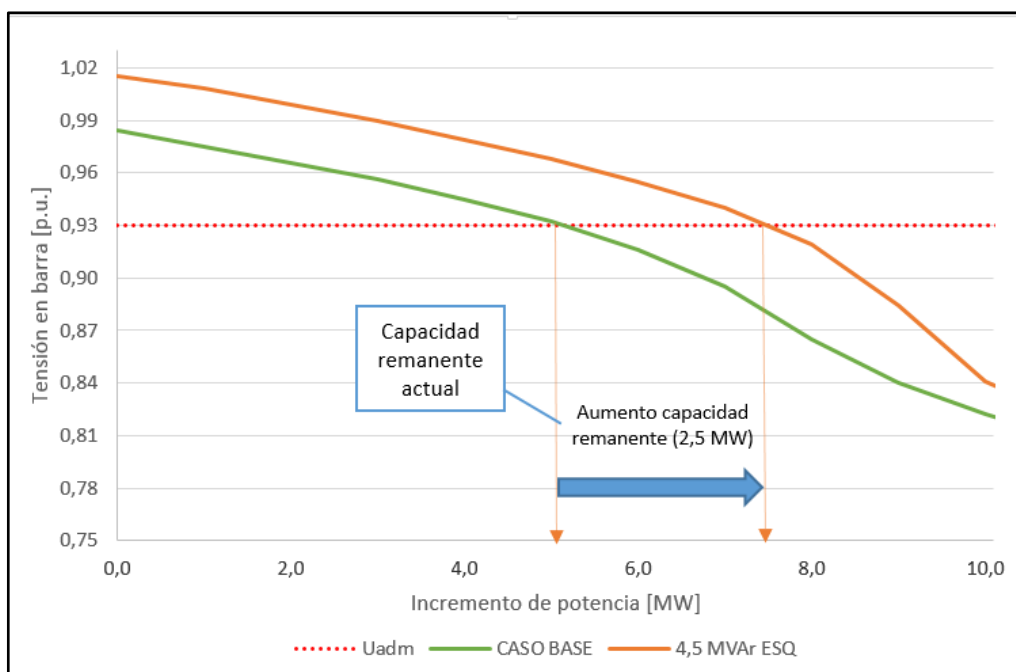


Figura 7. Curvas PV para ET ESQ 132 kV para Caso Base y compensación de 4,5 MVar.
Fuente: elaboración propia

3.3 Corredor Oeste

A diferencia de las redes estudiadas anteriormente, el corredor Oeste posee una cantidad considerable de nodos de carga, motivo por el cual las soluciones de reactivo posible son mayores. En la figura 8 se observan los perfiles de tensión y potencia reactiva adicional que aporta cada una de las combinaciones posibles.

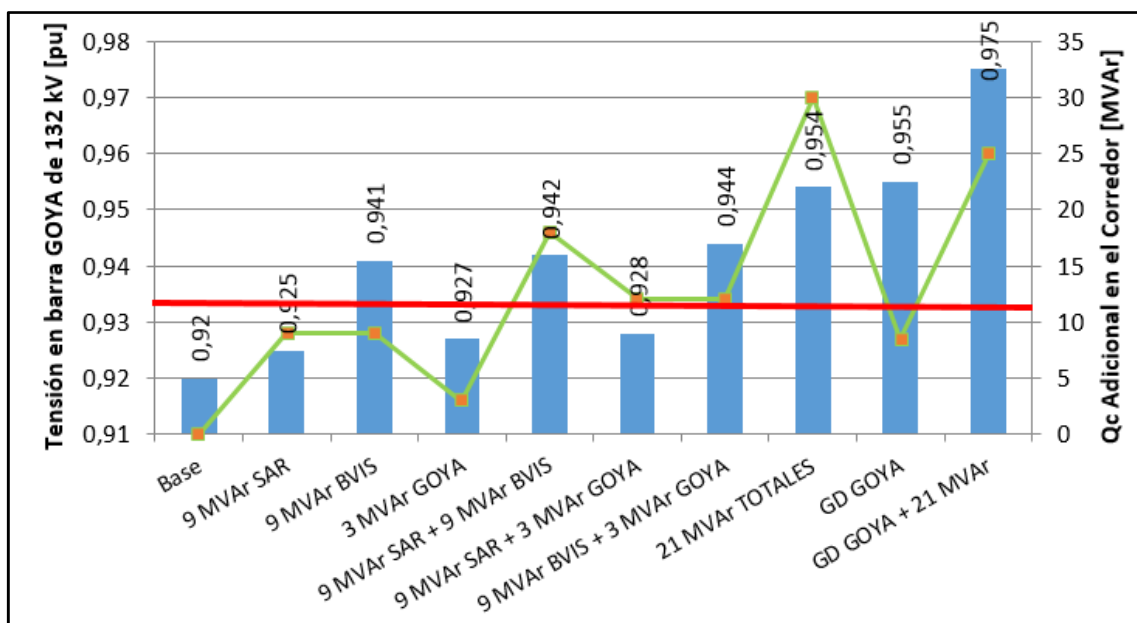


Figura 8. Perfiles de tensión en barra de 132 kV y aporte de potencia adicional de ET GOYA para los distintos escenarios.
Fuente: elaboración propia

Cabe aclarar que no se tiene en cuenta la compensación reactiva en la ET SCAT debido a que la misma no impacta en los perfiles de tensión de las barras más alejadas que son las que se consideran para el análisis.

El estudio se realiza sobre la barra de 132 kV de la ET GOYA siendo la que opera con perfiles de tensión por debajo del mínimo admisible.

Debido a la gran cantidad de alternativas, se propone realizar la compensación en 2 etapas teniendo en cuenta cuál de ellas es la que aporta una mayor relación S/U y asumiendo que la elección trata de contemplar aquellas soluciones que generen los menores costos operativos y de mantenimiento, priorizando siempre una compensación que esté conectada constantemente sobre aquella que funcione de manera intermitente.

Las etapas de compensación se resumen a continuación:

- La primera etapa comprendería la puesta en servicio de un banco de capacitores de 9 MVar en la ET BVIS. Esto produce un aumento del perfil de tensión respecto al caso base de aproximadamente un 2,1%, teniendo además la ventaja de no producir sobrecompensación en el escenario valle de demanda.
- Una segunda etapa de compensación en la cual se incorporarían 3 MVar en la ET GOYA que produciría un aumento de 1,1 % en los perfiles de tensión en 132 kV de la ET nombrada respecto al valor de la primera compensación.

Con esto, se logra un incremento del horizonte de crecimiento de la demanda de aproximadamente 5 MW para la primer etapa y de 10 MW totales con la incorporación del segundo banco. Este supone un aumento del margen de crecimiento de 22,7% respecto a la demanda actual.

Otra de las ventajas de esta elección es que el colapso de tensión se produce para tensiones menores lo que implica que el sistema tendería a ser más estable (ver figura 10).

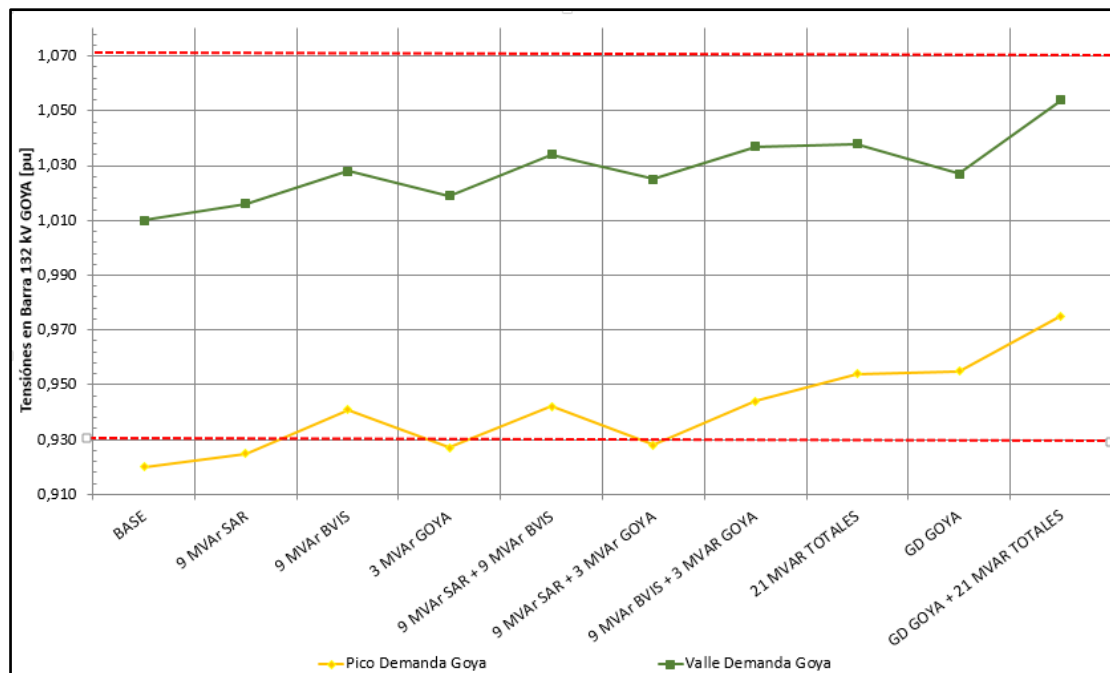


Figura 9. Perfiles de tensión en barra de 132 kV de ET GOYA para ambos escenarios de demanda y para las distintas combinaciones.

Fuente: elaboración propia

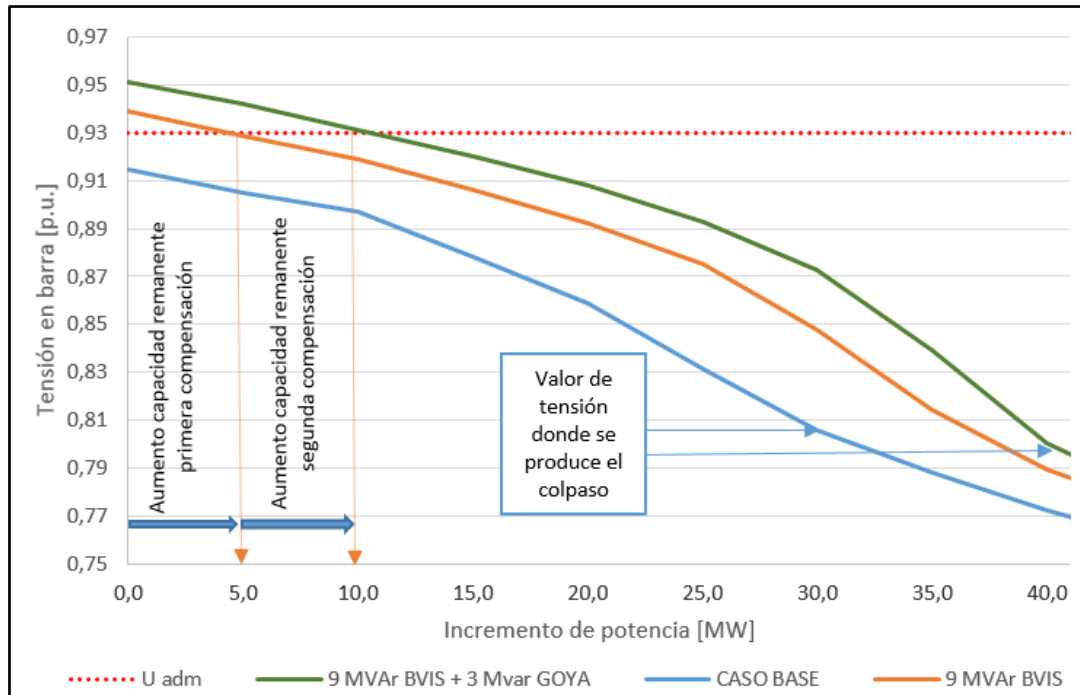


Figura 10. Curvas PV nodo de 132 kV ET GOYA para las etapas de compensación seleccionadas.
Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Si bien la compensación shunt representa un recurso de aplicación sencilla y económica es menester destacar que solo es una solución a corto plazo. Esto proporcionará un margen de tiempo para la futura construcción de las obras que se consideren necesarias para operar los sistemas en condiciones normales.

Esto se puede observar, por ejemplo, en el primero de los subsistemas estudiados donde la mala calidad de producto técnico y el pobre horizonte de crecimiento de demanda es causa del enlace entre las Ets Salto Grande Argentina y Chajarí, debido a que este se encuentra transportando una potencia cercana a su límite admisible. Por lo tanto, se deberá prever en obras futuras la construcción de una nueva LAT.

Además de las conclusiones anteriores, queda de manifiesto en este trabajo la importancia de los softwares de simulación de flujos de potencia para llevar a cabo la elección de la estrategia de compensación reactiva que mayores ventajas conlleve para el funcionamiento del subsistema en condiciones de operación tanto normales como de emergencia y para diversos escenarios de demanda.

5. Referencias

- [1] GUPTA, B.R. (1998). *Power System Analysis and Design*. New Delhi: S. Chand & Co Ltd. 279 p.
- [2] BHATTACHARYA, K.; ZHANG, J. (2001). Reactive Power as an Ancillary Service. *IEEE Transactions on Power Systems*, v.16, n 2, p294 - 300.

- [3] IRINJILA, K. K. (2011). Shunt versus Series compensation in the improvement of Power system Performance. *International Journal of Applied Engineering Research*, Jaya L.A., v.2, n 1, p.28-37.
- [4] GOMEZEXPÓSITO, A. (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. España: MCGRAW HILL. v.10.
- [5] CAMMESA (2011). Control de tensión y potencia reactiva. *Procedimiento Técnico 5: Los Procedimientos CAMMESA*, p 1-9.
- [6] CAMMESA (2011), Reglamentación aplicable a la prestación adicional de la función técnica de transporte de energía eléctrica firme en el mercado eléctrico mayorista (MEM). *Anexo 27: Los Procedimientos CAMMESA*, p 1-12.

MODIFICACIÓN DE LA ECUACIÓN HENRY- SETSCHENOW PARA PREDECIR LA SOLUBILIDAD DE GASES DE AIRE EN SOLUCIONES SALINAS

José O. Valderrama, Univ. de La Serena, Depto. de Ing. Mecánica, P.O. Box 554, La Serena-Chile; Centro de Inform. Tecnológica, Mons. Subercaseaux 667, La Serena-Chile (jvalderr@userena.cl)

Richard A. Campusano, Univ. de La Serena, Depto. de Física, Casilla 554, La Serena-Chile

Luis A. Forero, Univ. Pontificia Bolivariana, Fac. Ing. Química, A.A. 56006, Medellín-Colombia

Resumen— Se analizan varios modelos para correlacionar la solubilidad de gases del aire (O_2 , N_2 , Ar) en soluciones salinas a presión atmosférica. La solubilidad de estos gases es de especial importancia en el diseño de equipos de separación en la industria minera en la que se utiliza agua de mar y soluciones salinas. El estudio se realiza analizando la constante de Henry (H , para considerar el efecto de la temperatura T) y el parámetro de Setschenow (k_s , para considerar el efecto del contenido de sal S): $\ln[P/c_i] = \ln H + k_s \cdot S$, siendo c_i la concentración del soluto gas en la fase líquida, y H y k_s funciones de la temperatura. Se proponen diversas expresiones para dichas funciones, en el rango de temperatura de 273-333 K y salinidades de 0-40 g/kg. Se analiza expresiones similares a las utilizadas en la literatura para la solubilidad de gases en líquidos, se aplica el concepto de principio de estados correspondientes y se comparan los resultados con modelos basados en los aproximantes de Padé. Como medida de la exactitud de los modelos, se evaluó la desviación relativa promedio, la desviación relativa absoluta promedio y la máxima desviación absoluta entre los datos experimentales y los resultados de los modelos.

Palabras clave— *solubilidad de gases; constante de Henry, ecuación de Setschenow; agua de mar, soluciones salinas, aproximantes de Padé, principio de estados correspondientes*

1. Introducción

La solubilidad de gases del aire en agua de mar y en soluciones salinas ha sido materia de análisis y estudio por varios años, en diversas áreas del conocimiento, como oceanografía, geoquímica, limnología y biología [1-5]. Otros estudios están relacionados con procesos industriales que hacen uso de soluciones de agua de mar y de soluciones salinas, en los cuales los gases son absorbidos en estas aguas [6-9].

El aire está formado principalmente por nitrógeno (~78% molar), oxígeno (~21 % molar) y gases nobles, principalmente argón (~0.9 % molar). Otros gases representan en promedio el 0,1% molar: dióxido de carbono, neón, helio, metano, criptón, óxido de nitrógeno, hidrógeno, xenón y ozono [10]. El nitrógeno y el argón son gases inertes, mientras que el oxígeno reacciona químicamente con algunas de las diferentes sales contenidas en el agua de mar. La solubilidad de gases del aire es más baja en agua de mar que en agua pura, debido a la presencia de iones de las sales disueltas [11].

La estimación de la solubilidad del oxígeno es importante para el diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales y fermentación aeróbica [2]. En aplicaciones en la industria minera, Haarhoff y Edzwald [12] estudiaron la importancia de la eficiencia de la transferencia de aire en saturadores a presión en procesos de flotación por aire disuelto (DAF). Del mismo modo, la aplicación de bio-lixiviación en la minería del cobre ha sido analizada por Gentina y Acevedo [9], y el modelado de la lixiviación en pilas de sulfuro de cobre usando agua de mar ha sido realizado por Bennett et al. [13].

A una presión fija (por ejemplo la presión atmosférica), la solubilidad de oxígeno, nitrógeno y argón en agua y en soluciones salinas depende de la temperatura y la salinidad del agua. Modelos empíricos y semi-empíricos han sido propuestos para calcular la solubilidad de gases en agua de mar como una función de la temperatura y de la salinidad. El efecto de la temperatura generalmente se cuantifica usando la ecuación de Van't Hoff [14] y para el efecto de la salinidad se ha considerado el uso de la relación de Setschenow [15]. La figura 1 muestra la solubilidad en [mol gas/kg solución] de los gases del aire (O_2 , N_2 y Ar) como función de la salinidad a una temperatura fija (303K) y como función de la temperatura para una salinidad fija (30 g/kg).

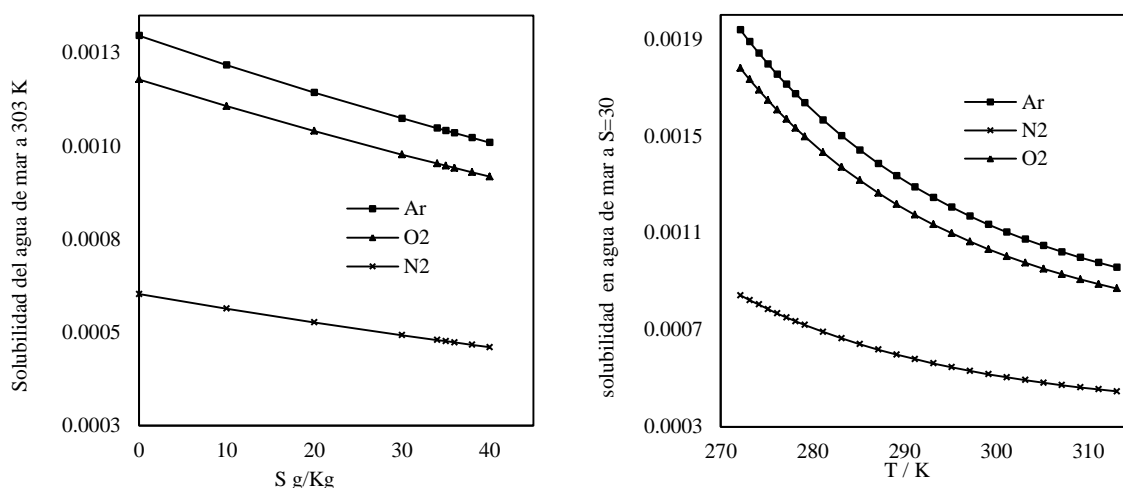


Fig 1. Solubilidad en [gr sal/kg de solución] de los gases del aire como función de la salinidad a una temperatura fija (303K) y como función de la temperatura para una salinidad fija (30 g/kg). Los datos son de Weiss [16]

2. Materiales y Métodos

En problemas de solubilidad, la ecuación fundamental del equilibrio entre fases para el componente de baja concentración (denominado "solute") definido como la igualdad de la fugacidad del soluto en las dos fases, ($f_i^V = f_i^L$) es aplicable. Sin embargo, observaciones experimentales indican que un procedimiento diferente (pero basado en la ecuación fundamental) es más conveniente cuando se trata de gases disueltos en líquidos. La observación es que a una concentración baja, la fugacidad de un componente en la fase líquida sigue una relación lineal con la concentración de ese componente. Esto da origen a la llamada ley de Henry, que se puede escribir como sigue:

$$f_i^L = H_i c_i \quad (1)$$

En esta ecuación, i es el soluto, f_i^L es la fugacidad del soluto en la fase líquida, c_i es la fracción molar del soluto en la fase líquida, y H_i es un parámetro conocido como constante de Henry del soluto i en un solvente determinado. La constante de Henry H_i a una temperatura fija dada se define como $H_i = \lim_{c_i \rightarrow 0} (f_i^L / c_i)$ cuando $c_i \rightarrow 0$.

Si se aplica la ley de Henry a mayores concentraciones se debe añadir un término de corrección que incluye el coeficiente de actividad del soluto en el solvente líquido. Para tener en cuenta ambos factores, presión y concentración se utiliza la llamada ecuación de Krichevski-Kasarnovsky-Ilinskaya [17]. La solubilidad de gases de aire en agua es baja (menores a 1% molar) por lo que el efecto de la concentración en la constante de Henry es muy pequeño y a presión atmosférica el efecto de la presión es también pequeño. Por lo tanto, para simplificar los cálculos, sin perder exactitud, estos términos no fueron considerados en el estudio que se presenta aquí. El mismo razonamiento se puede plantear para calcular la constante de Henry a presión atmosférica (por ej., 1 atm.), y la ecuación analizada quedó finalmente como sigue:

$$\ln \left(\frac{f_i^L}{c_i} \right) = \ln H_i \left(a P = 1 \text{ atm} \right) \quad (2)$$

Como es conocido, los valores de las constantes de la ley de Henry para soluciones salinas acuosas dependen de la composición y la concentración de la solución. En general, la solubilidad de un gas disminuye con el aumento de la salinidad (fenómeno conocido como insolubilización por salado). Sin embargo, la solubilidad podría aumentar con el aumento de la salinidad (fenómeno conocido como solubilización por salado) [18].

El efecto de la salinidad sobre la solubilidad de un gas en una solución salina se suele expresar mediante la ecuación Setschenov [15]. Hay muchas maneras para expresar la ecuación Setschenov, dependiendo de cómo se exprese la concentración en la fase acuosa (basada en la concentración másica, molalidad, o fracción molar) y también de qué variante de la constante de la ley de Henry es utilizada. Si S es la salinidad global o contenido de sal en la solución, c_1^0 es la fracción molar del gas o solubilidad en el solvente puro, la fracción molar c_1 o solubilidad del gas en la solución salina es [18]:

$$\ln [c_1^0 / c_1] = k_s \cdot S \quad (3)$$

En esta ecuación, k_s es conocida como la constante de Setschenow a una temperatura dada. Es decir, la ecuación 3 se convierte en:

$$\ln [f_i^L / c_1^0] = \ln H_i (P = 1 \text{ atm}) + k_s \cdot S \quad (4)$$

En esta ecuación, $H_i(P = 1 \text{ atm})$ y k_s son funciones de la temperatura. En nuestro trabajo hemos analizado expresiones similares a las utilizadas en la literatura para la solubilidad de los gases en líquidos y se comparan los resultados con modelos basados en los aproximantes de Padé, propuestos anteriormente por los autores [19].

3. Resultados y Discusión

Como se indicó anteriormente, se consideró el enfoque de Setschenow para evaluar el efecto de la salinidad y se exploraron varias funciones de temperatura para la constante de Setschenow. Si en la ecn. (4) $S = 0$, la expresión se reduce a la constante de Henry en agua pura. Por lo tanto parece razonable explorar y analizar el comportamiento del segundo término a la derecha en la ecn. (4) sobre H_i de los gases en agua pura. La Tabla 1 presenta algunos resultados. Los datos utilizados fueron 669, siendo 72 de agua pura y 597 de agua salada), tomados de Weis [16].

Tabla 1: Resultados para la ecuación de Henry - Setschenov con constante de la Ley de Henry obtenidos de datos de solubilidad en agua pura

	<i>Modelo</i>		%Δ	/%Δ/	/%Δ/ _{max}
A	$\text{Ln} \cdot H_S^0 = \frac{(a_1 \cdot \omega + a_2) + (b_1 \cdot \omega + b_2) \cdot T}{1 + (c_1 \omega + c_2) \cdot T} + \left[\frac{d_{1S} + d_{2S} \cdot T}{1 + d_{3S} \cdot T} \right] \cdot S$	a1 = 3.111E+04 b1 = -2.273E+02 c1 = -1.910E+01 a2 = -1.410E+03 b2 = 1.050E+01 c2 = 8.771E-01 d1 = 3.462E-01 d2 = -5.628E-04 d3 = 8.771E-02	-0.32	1.71	4.97
B	$\text{Ln} \cdot H_S^0 = \frac{(a_1 \cdot \omega + a_2) + (b_1 \cdot \omega + b_2) \cdot T}{1 + (c_1 \cdot \omega + c_2) \cdot T} + d_{1S} \cdot \left[\frac{S}{T} \right]$	a1 = 3.111E+04 b1 = -2.273E+01 c1 = -1.910E+01 a2 = -1.410E+03 b2 = 1.050E+01 c2 = 8.771E-01 d1 = 2.027E+00	-0.51	1.80	6.58
C	$\text{Ln} \cdot H_S^0 = \frac{(a_1 \cdot \omega + a_2) + (b_1 \cdot \omega + b_2) \cdot T}{1 + (c_1 \cdot \omega + c_2) \cdot T} + \left[\frac{(d_1 \cdot \omega + d_2)S + (d_3 \cdot \omega + d_4) \cdot S^2}{1 + d_5 \cdot T} \right]$	a1 = 3.111E+04 b1 = -2.273E+02 c1 = -1.910E+01 a2 = -1.410E+03 b2 = 1.050E+01 c2 = 8.771E-01 d1 = 5.417E+01 d2 = 6.214E-04 d3 = -1.419E+00 d4 = 4.928E-02 d5 = 9.076E-01	0.22	2.32	8.78
D	$\text{Ln} \cdot H_S^0 = \frac{(a_1 \cdot \omega + a_2) + (b_1 \cdot \omega + b_2) \cdot T + (c_1 \cdot \omega + c_2) \cdot T^2}{1 + (d_1 \omega + d_2) \cdot T} + e_1 \cdot \frac{S}{\sqrt{T}}$	a1 = 3.131E+04 b1 = -2.298E+02 c1 = 1.230E-04 d1 = -1.939E+01 a2 = -1.415E+03 b2 = 1.059E+01 c2 = 1.433E-04 d2 = 8.949E-01 e1 = 1.203E-01	-0.64	1.97	7.67
E	$\text{Ln} \cdot H_S^0 = \frac{(a_1 \omega + a_2) + (b_1 \omega + b_2)T + (c_1 \omega + c_2)T^2}{1 + (d_1 \omega + d_2)T} + e_1 \frac{S}{T}$	a1 = 3.131E+04 b1 = -2.298E+02 c1 = 1.230E-04 d1 = -1.939E+01 a2 = -1.415E+03 b2 = 1.059E+01 c2 = 1.433E-04 d2 = 8.949E-01 e1 = 2.032E+00	-0.50	1.85	6.53

Para el análisis de la exactitud de los modelos se considera tres parámetros estadísticos: la desviación relativa promedio $\% \Delta y$, la desviación relativa absoluta promedio $\% |\Delta y|$ y la máxima desviación relativa absoluta $\% |\Delta y|_{\text{máx}}$, entre el valor calculado (y_i^{cal}) y el dato de la literatura (y_i^{lit}). Estos parámetros estadísticos son los más representativos para la evaluación de la exactitud del método, como lo han discutido otros autores en la literatura [20]. Estas desviaciones se definen como sigue:

$$\% \Delta y = \frac{100}{\eta} \sum_1^N \left[\frac{y_i^{\text{cal}} - y_i^{\text{lit}}}{y_i^{\text{lit}}} \right] \quad (5)$$

$$| \% \Delta y | = \frac{100}{\eta} \sum_1^N \left| \frac{y_i^{\text{cal}} - y_i^{\text{lit}}}{y_i^{\text{lit}}} \right| \quad (6)$$

$$| \% \Delta y_i |_{\text{máx}} = \max \text{ valor de } 100 \cdot \left| \frac{y_i^{\text{cal}} - y_i^{\text{lit}}}{y_i^{\text{lit}}} \right| \quad (7)$$

La desviación relativa $\% \Delta y$ indica la distribución de las desviaciones positivas y negativas de los valores calculados con respecto a los valores conocidos de la literatura. Si las desviaciones están dispersas y bien distribuidas, el promedio de la desviación podría ser cero, independiente de la magnitud de las desviaciones, dado que las desviaciones negativas y positivas podrían cancelarse unas con otras. La desviación relativa absoluta, $\% |\Delta y|$ da una indicación de la magnitud de las desviaciones. Si éstas son pequeñas, el promedio también es pequeño y probablemente se tendría un modelo aceptable. Sin embargo, la máxima desviación relativa absoluta, $\% |\Delta y|_{\text{máx}}$, es también importante, porque ésta es la máxima desviación esperable cuando se utiliza el modelo para predecir un valor de la propiedad en estudio.

En este trabajo se ha explorado también la posibilidad de usar la temperatura reducida del gas solvente en vez de la temperatura absoluta que aparece en la ecn. (4). Esto es para seguir el concepto de principio de estados correspondientes, que según antecedentes de la literatura, son adecuados para cálculos de propiedades termodinámicas [17]. La Tabla 2 resume los resultados para tres modelos selectos. Como se observa en la tabla, el uso de la temperatura reducida no mejoró la exactitud del modelo y en algunos casos aumentó la desviación entre los valores correlacionados y los experimentales. La figura 2 muestra la solubilidad calculada por el modelo (A) de la tabla 1 y para el modelo (B) de la tabla 2, versus los datos de literatura. Los tres gases han sido incluidos en la figura. Como se observa, el modelo A de la Tabla 1 representa en forma adecuada los datos experimentales, dentro de desviaciones aceptables. El modelo (B) de la Tabla produce resultados variables para cada gas.

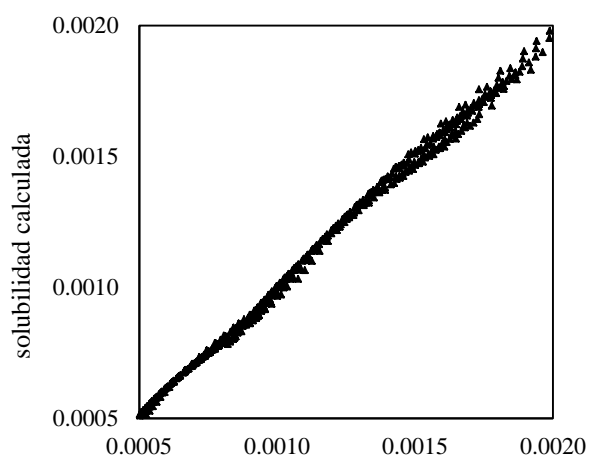
En un trabajo reciente [19] los autores han considerado un modelo que usa los aproximantes de Padé para definir la forma de la dependencia de las constantes de Henry y de Setschenow con la temperatura. El modelo final general estudiado y analizado por los autores, que incluye la temperatura T en kelvin, la salinidad S en (g/kg) y el factor acéntrico del gas en estudio ω fue el siguiente:

$$\ln H_S = \frac{(a_1 \omega + a_2) + (b_1 \omega + b_2)T}{1 + (c_1 \omega + c_2)T} + \left[\frac{d_1 + d_2 T}{1 + d_3 T} \right] S \quad (8)$$

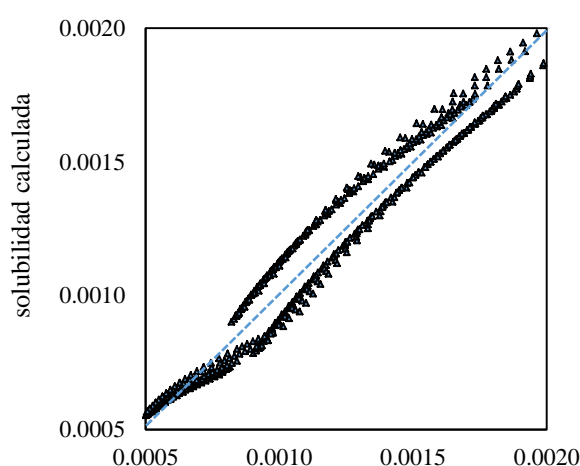
Los parámetros de este modelo son: $a_1 = 3.124\text{E}+04$; $a_2 = -1.418\text{E}+03$; $b_1 = -2.274\text{E}+02$; $b_2 = 1.053\text{E}+01$; $c_1 = -1.909\text{E}+01$; $c_2 = 8.793\text{E}-01$; $d_1 = 3.431\text{E}-01$; $d_2 = -4.947\text{E}-04$; $d_3 = 9.539\text{E}-02$ [19]. La desviación relativa promedio con el modelo generalizado de la ecuación (8) es de 0.7%, la desviación relativa absoluta promedio es de 1.8% y la desviación relativa absoluta máxima es de 4%. Este es el modelo que se propone como el mejor modelo para soluciones salinas en los rangos de temperatura y salinidad estudiados.

Tabla 2: Modelos de Padé con temperatura reducida.

	<i>Parámetros</i>		%Δ	/%Δ/	/%Δ/ _{max}
A	$\text{LnH}^0 = \frac{a_1 * \omega + a_2 + (b_1 * \omega + b_2) * T_r + (d_1 + d_2) T_r^2}{1 + (c_1 \omega + c_2) * T_r}$				
	a1=4,8504E+02 b1=1,3217E+02 c1=5,3241E+01 d1=-6,3898E+00	a2=-9,0050E+01 b2=1,0333E+02 c2=8,2478E+00 d2= 1,6369E-01	0,91	7,66	12,51
B	$\text{LnH}_S^0 = \frac{a_1 * \omega + a_2 + (b_1 * \omega + b_2) * T_r + (d_1 + d_2) T_r^2}{1 + (c_1 \omega + c_2) * T_r} + e * \frac{S}{T_r}$				
	a1 = 4,8504E+02 b1 = 1,3217E+02 c1 = 5,3241E+01 d1 = -6,3898E+00 e=1,90	a2 = -9,0050E+01 b2 = 1,0333E+02 c2 = 8,2478E+00 d2 = 1,6369E-01	1,96	7,58	13,15
C	$\text{LnH}_S = \frac{a_1 * \omega + a_2 + (b_1 * \omega + b_2) * T_r + (d_1 + d_2) T_r^2}{1 + (c_1 \omega + c_2) * T_r} + e * \frac{S}{T_r}$				
	a1= -1,8887E+03 b1=3,3826E+03 c1=3,8148E+02 d1=6,4616E+01 e=1,88	a2=-6,8127E+01 b2=8,2081E+01 c2=6,8118E+00 d2= 4,7283E-01	0,50	6,98	11,70



(A) solubilidad de la literatura



(B) solubilidad de la literatura

Fig. 2. Solubilidad calculada por el modelo (A) de la tabla 1 y para el modelo (B) de la tabla 2, versus los datos de literatura [16].

4. Conclusiones y recomendaciones

Se ha analizado cómo varía la solubilidad de gases del aire (oxígeno, nitrógeno y argón) en soluciones salinas en función de la temperatura y de la salinidad de la solución. Se ha analizado varios modelos para representar la funcionalidad de la solubilidad con la temperatura y se ha variado la forma de la constante de Setschenow para incluir el efecto de la salinidad en la solubilidad.

Se puede concluir que varios de los modelos son adecuados si se incluyen constantes específicas para cada gas. Sin embargo, siempre es deseable tener una expresión más general como la discutida por los autores [19] que incluyen el factor acéntrico como parámetro que identifica al tipo de gas en estudio.

El paso siguiente en esta línea de investigación es el estudio del efecto de la presión en la solubilidad de los gases para lo que se requiere más y mejores datos que los disponibles hasta la fecha en la literatura.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), a través del proyecto Anillo ACT 1201, proyecto financiado con recursos de la Provisión Fondo de Innovación para la Competitividad Región de Antofagasta”. Igualmente agradecen a la Universidad de La Serena y al Centro de Información Tecnológica de La Serena-Chile por apoyo computacional.

6. Referencias

- [1] CARPENTER, J. H. (1966). New measurements of oxygen solubility in pure and natural water. *Limnol. Oceanogr.*, v. 11, n.2, p. 264–277.
- [2] SCHUMPE, A.; ADLER, I.; DECKWER, W.D. (1978). Solubility of oxygen in electrolyte solutions. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 20, p. 145-150.
- [3] GARCIA, H.; GORDON, L. (1992). Oxygen solubility in seawater: Better Fitting Equations. *Limnology and Oceanography*, v. 37, n.6, 1307-1312.
- [4] SANO, Y.; TAKAHATA, N., (2005). Measurement of noble gas solubility in seawater using a quadrupole mass spectrometer. *Journal of Oceanography*, v. 61, p. 465- 473.
- [5] MAO, S.; DUAN, Z. (2006). A thermodynamic model for calculating nitrogen solubility, gas phase composition and density of the N₂–H₂O–NaCl system. *Fluid Phase Equilibria*, v. 248, n. 2, 103–114.
- [6] TISHCHENKO, P.; HENSEN, C.; WALLMANN, K.; CHI, S.W. (2005). Calculation of the stability and solubility of methane hydrate in seawater. *Chemical Geology*, v. 219, p. 37-52.
- [7] RAO, S. R.; FINCH, J.A., (1988). Galvanic interaction studies on sulphide minerals. *Canadian Metallurgical Quarterly*, v. 27, n.4, 253-259.
- [8] KUOPANPORTTI, H.; SUORSA T.; PÖLLÄNEN, E. (1997). Effects of oxygen on kinetics of conditioning in sulphide ore flotation. *Minerals Engineering*, vol.10, n.11, p. 1193-1205.

- [9] GENTINA, J.C.; ACEVEDO, F. (2013). Application of bioleaching to copper mining in Chile. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 16, n. 3, p. 1-14.
- [10] WALLACE, J.M.; HOBBS, P. V. (2006). *Atmospheric science: an introductory survey*. II ed. New York, USA: Academic Press. 504 p.
- [11] AWWA MANUAL M61 (Americian Water Works Association). (2011). *Desalination of Seawater*. I ed. Denver, USA: American water works association.
- [12] HAARHOFF, J.; EDZWALD, J.K. (2013). Adapting dissolved air flotation for the clarification of seawater. *Desalination*, v.311, p. 90–94.
- [13] BENNETT, C.R.; MCBRIDE, D.; CROSS, M.; GEBHARDT, J.E. (2012). A comprehensive model for copper sulphide heap leaching: Part 1 Basic formulation and validation through column test simulation. *Hydrometallurgy*, v.127–128, p. 150–161.
- [14] ATKINS, P.; DE PAULA, J. (2006). *Physical chemistry for the life sciences*. Cary, NC, USA: Oxford University Press. 624 p.
- [15] SETSCHENOW, A.Z. (1889). About the constitution of the salt solutions due to the presence of carbonic acid. *Z. Physik. Chem.*, v. 4, p. 117-125.
- [16] WEISS, R. F. (1970). The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. *Deep-Sea Research*, v. 17, n. 4, p.721 – 735.
- [17] WALAS, S. M. (1985). *Phase Equilibria in Chemical Engineering*. Butterworth Boston, EUA: 671 p.
- [18] LEE, L. (2008). *Molecular Thermodynamics of Electrolyte Solutions*, I edition. Singapore: World Scientific Publishing Company.
- [19] VALDERRAMA, J.O.; CAMPUSANO R.A.; FORERO, L.A. (2016). A New Generalized Henry- Setschenow Equation for Predicting the Solubility of Air Gases (Oxygen, Nitrogen and Argon) in Seawater and Saline solutions, *Journal of Molecular Liquids*, enviado para publicación.
- [20] VALDERRAMA, J.O.; ÁLVAREZ, V.H. (2005). Correct way of reporting results when modeling supercritical phase equilibria using equations of state. *Can. J. Chem. Eng.*, v. 83, n. 3, p. 578–581.

MÉTODO SIMPLE Y RIGUROSO PARA CALCULAR LA SOLUBILIDAD DE GASES REFRIGERANTES EN EL LÍQUIDO IÓNICO [BMIM][PF₆], PARA PROCESOS DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN

José O. Valderrama, Univ. de La Serena, Depto. de Ing. Mecánica, Casilla 554, La Serena-Chile; Centro de Inform. Tecnológica, Mons. Subercaseaux 667, La Serena-Chile
(jvalderr@userena.cl)

Richard A. Campusano, Univ. de La Serena, Depto. de Física, Casilla 554, La Serena-Chile

Claudio A. Faúndez, Univ. de Concepción, Depto. de Física, Casilla 160-C, Concepción-Chile

Resumen— Se determina la constante de Henry de tres gases refrigerantes (R41, R134a y R161) en el líquido iónico [BMIM][PF₆] para aplicaciones en procesos de refrigeración, usando un método riguroso basado en una ecuación de estado y en la definición termodinámica de la constante de Henry. La eficiencia en procesos de refrigeración por absorción en los que el líquido iónico absorbe el gas refrigerante en una etapa y lo regenera a alta presión por adición de energía en forma de calor, puede aumentar en forma significativa. En este trabajo se usa una ecuación de estado propuesta por uno de los autores; la ecuación VPT (Valderrama-Patel-Teja), que contiene tres parámetros generalizados. Se desarrolla el software de cálculo que determina en forma rigurosa la fugacidad f_i para cada concentración x_i del soluto gas en la fase líquida. De ahí se calcula el cociente f_i^L/x_i de donde se obtiene la constante de Henry usando su definición termodinámica; $H_i = \lim(f_i^L/x_i)$ cuando $x_i \rightarrow 0$. La ecuación VPT y las reglas de mezcla usadas muestran tener la requerida flexibilidad para modelar en forma adecuada todos los sistemas tratados, disponiendo así de una herramienta termodinámicamente correcta para modelar datos de solubilidad y predecir dicha variable para otras situaciones que sean necesarias en diseño y simulación de procesos.

Palabras clave— gases refrigerantes; líquidos iónicos, Ley de Henry, solubilidad, [BMIM][PF₆], ecuaciones de estado.

1. Introducción

Los líquidos iónicos (LIs) han recibido una atención especial en los últimos años debido a sus potenciales usos en síntesis, separaciones, catálisis, electroquímica y la lubricación, entre otras muchas aplicaciones. La información detallada acerca de las aplicaciones y futuros desarrollos de los líquidos iónicos está disponible en la literatura [1]. En particular, los líquidos iónicos se han utilizado con gases refrigerantes tanto en separaciones y aplicaciones de ingeniería [2].

Por lo tanto las propiedades termodinámicas y el comportamiento de mezcla de estos fluidos son necesarios para el diseño de equipos. Se han encontrado líquidos iónicos para facilitar la separación de los refrigerantes y productos intermedios que a menudo tienen propiedades físico-químicas muy similares [3].

Por ejemplo, los líquidos iónicos pueden mejorar dramáticamente la eficiencia de los procesos de refrigeración por absorción en el que el LI absorbe el gas refrigerante en una etapa y regenerar el gas a alta presión mediante la adición energía en forma de calor. La presión de vapor, por lo general muy baja de los LIs, ayuda en la prevención de la contaminación del gas refrigerante con el mantenimiento de disolvente, la capacidad de refrigeración del refrigerante. Los estudios sobre la captura de gases refrigerantes de los líquidos iónicos también han recibido la atención de algunos estudios de solubilidad, los que han sido presentados en la literatura [2-3].

Cuando gases se disuelven en líquidos en concentraciones moderadas y bajas, el tratamiento de los datos puede simplificarse, pero manteniendo la necesaria rigurosidad termodinámica, como se propone en este trabajo. Hasta donde los autores conocen, la forma de tratar datos de equilibrio entre fases (PTx o PTxy) en la forma rigurosa propuesta aquí, no ha sido realizada. Esto es el uso de ecuaciones de estado y reglas de mezcla modernas y con fundamento teórico sólido. En problemas de solubilidad, tales como gases disueltos en líquidos, la ecuación fundamental de equilibrio entre fases, expresado como la igualdad de fugacidad del componente en baja concentración (llamado soluto) en las dos fases es obviamente válido [4]:

$$\bar{f}_i^V = \bar{f}_i^L \quad (1)$$

La fugacidad se relaciona con T, P y la concentración a través de una relación termodinámica estándar [5]:

$$\ln \left[\frac{\bar{f}_i}{P} \right] = \frac{1}{RT} \int_0^P [v_i - RT/P] dP \quad (2)$$

En los casos de solubilidad (un soluto a baja concentración disuelto en un líquido), se utiliza comúnmente un procedimiento simplificado, aunque basado en la ecuación fundamental. Se sabe que en concentraciones bajas, la fugacidad de un componente en la fase líquida sigue una relación lineal con la concentración de soluto [4]. Esta relación se puede escribir de la siguiente manera:

$$\bar{f}_i^L = H_i x_i \quad (3)$$

En esta ecuación, “i” representa el soluto y H_i es un parámetro conocido como constante de Henry, la que se define como:

$$H_i = \lim_{x_i \rightarrow 0} \left[\frac{\bar{f}_i^L}{x_i} \right] \quad \text{a } T \text{ constante} \quad (4)$$

Es claro que a partir de esta definición, la constante de Henry depende de la temperatura y la presión, ya que la fugacidad del soluto en la fase líquida depende de la temperatura y la presión. La dependencia de H_i en T y P se describe en la literatura y los detalles de la forma de cómo utilizar la Ley de Henry, a presiones más elevadas, están disponibles [4-5]. Además, la ley de Henry es aplicable a bajas concentraciones (un valor no claramente definido que depende del tipo de disolvente y el tipo de soluto) del soluto gas en el disolvente líquido. Si se aplica la ley de Henry a mayores solubilidades, un término de corrección que incluye el coeficiente de actividad, debe ser añadido para dar cuenta de la concentración de soluto más alta. Para tener en cuenta ambos factores se utiliza el modelo Krichevski - Kasarnovsky - Ilinskaya, como comúnmente se hace en la literatura [5]:

$$\ln[f_1^L/x_i] = \ln H_1(P_2^s) + \frac{v_1^\infty}{RT}(P - P_2^s) + \frac{A}{RT}(x_1^2 - 1) \quad (5)$$

El segundo término en el lado derecho de la ecuación (5) fue propuesto por Krichevski y Kasarnovsky y el tercer término por Krichevski e Ilinskaya [5]. En la ecuación (5), v_1^∞ es el volumen molar parcial a dilución infinita del soluto gas en la solución salina y P_2^s es la presión de vapor del disolvente a la temperatura del sistema. Además, “A” es un parámetro de la ecuación de Margules utilizado por Krichevski e Ilinskaya para representar el coeficiente de actividad del soluto gas en el disolvente líquido.

Dentro de los intervalos de presión de los sistemas estudiados (hasta 20 atm.) el segundo término del lado derecho de la ecuación (5) es pequeño. Sin embargo, para los intervalos de solubilidad (de 0.02 a 0.4 en fracción molar) el tercer término en el lado derecho de la ecuación (5), puede alcanzar valores que afectan la constante de Henry, dependiendo del valor del parámetro de Margules, “A”. Por lo tanto, para estudiar estos efectos se ha considerado determinar la constante de Henry en tres situaciones: i) con efecto de P y x_i (ecuación 5); ii) solo con efecto de P; y iii) sin efecto de P ni de x_i .

$$\ln[f_1^L/x_i] = \ln H_1(P_2^s) \quad (6)$$

$$\ln[f_1^L/x_i] = \ln H_1(P_2^s) + \frac{v_1^\infty}{RT}(P - P_2^s) \quad (7)$$

Para determinar la fugacidad del soluto en la fase líquida y se cumpla la ecuación fundamental del equilibrio de fases, se utiliza una ecuación de estado. La aplicación de una ecuación de estado a las mezclas, requiere el uso de las reglas de mezcla para describir la dependencia de los parámetros de EdE de la concentración y de la combinación de mezclas para describir la interacción entre las moléculas en la mezcla.

De las muchas EdE disponibles en la literatura, las llamados ecuaciones cúbicas de estado derivadas de la propuesta del van der Waals, son ampliamente utilizados para el tratamiento de este tipo de sistemas [6]. Entre las ecuaciones cúbicas, se utiliza una propuesta por Valderrama [7], la ecuación de Valderrama-Patel-Teja (VPT). Se emplea la parametrización de la ecuación VPT propuesta por Kwak y Mansoori [8]. Esta expresión modificada de la ecuación VPT cumple con un requisito básico del modelo de van der Waals. Esto significa que los parámetros de la EdE son constantes y no funciones de la temperatura.

2. Materiales y Métodos

Las ecuaciones cúbicas de estado derivadas de van der Waals, pueden ser expresadas en forma general de la siguiente manera:

$$P = \frac{RT}{(V-b)} - \frac{a_c \alpha(T)}{V(V+d)+c(v-d)} \quad (8)$$

A partir de esta expresión general, la mayoría de las ecuaciones cúbicas utilizados en la investigación y en el mundo académico se obtienen mediante la introducción de restricciones a los parámetros. Para la ecuación de van der Waals $c = d = 0$; para la ecuación de Soave - Redlich - Kwong, $c = 0$ y $D = b$; para la ecuación de Peng - Robinson, $d = c = b$; y para Valderrama-Patel-Teja, $d = b$. Por lo tanto, la ecuación VPT es:

$$P = \frac{RT}{(V-b)} - \frac{a_c \alpha(T)}{V(V+b)+c(v-b)} \quad (9)$$

$$a_c = \Omega_a \left(\frac{R^2 T_c^2}{P_c} \right) \quad b = \Omega_b \left(\frac{RT_c}{P_c} \right) \quad c = \Omega_c \left(\frac{RT_c}{P_c} \right) \quad (10)$$

$$\alpha(T_R) = \left[1 + m(1 - T_R^{0.5}) \right]^2 \quad (11)$$

$$\Omega_a = 0.6612 - 0.7616Z_c \quad (12)$$

$$\Omega_c = 0.5777 - 1.8718Z_c \quad (13)$$

$$\Omega_b = 0.0221 - 0.2087Z_c \quad (14)$$

$$m = 0.4628 + 3.5823(\omega Z_c) + 8.1942(\omega Z_c)^2 \quad (15)$$

En el enfoque de Kwak y Mansoori la ecuación se convierte en:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{c + RTd - 2\sqrt{RTcd}}{V(V + b) + b(V - b)} \quad (16)$$

Y para mezclas:

$$P = \frac{RT}{V - b_m} - \frac{c_m + RTd_m - 2\sqrt{c_m d_m RT}}{V(V + b_m) + b(V - b_m)} \quad (17)$$

Las reglas de combinación para los parámetros de la mezcla son como sigue:

Para el parámetro de energía “ c_m ”:

$$c_m = \sum_i \sum_j x_i x_j c_{ij} \quad c_{ij} = \sqrt{c_i c_j} (1 - k_{ij}) \quad c_i = a_{ci} (1 + F_i^2) \quad (18)$$

Para los parámetros de volumen b_m , c_m y d_m :

$$b_m = \sum_i \sum_j x_i x_j b_{ij} \quad b_{ij} = \left[\frac{b_i^{1/3} + b_j^{1/3}}{2} \right]^3 (1 - \beta_{ij}) \quad b_i = 0.0778 \frac{RT_{ci}}{P_{ci}} \quad (19)$$

$$d_m = \sum_i \sum_j x_i x_j d_{ij} \quad d_{ij} = \left[\frac{d_i^{1/3} + d_j^{1/3}}{2} \right]^3 (1 - \delta_{ij}) \quad d_i = \frac{\alpha(T_{ci}) F_i^2}{RT_{ci}}$$

Los parámetros incluidos en la ecuación (19) que son k_{ij} , β_{ij} , m_{ij} y n_{ij} , están determinados por la optimización, a partir de datos experimentales de equilibrio de fases (datos PTxy). Los valores iniciales para los parámetros se proporcionan y se aplica la ecuación fundamental de equilibrio de fases para determinar la presión de la burbuja. Se determinan las desviaciones relativas entre la presión experimental y calculada. Si la desviación es superior a los límites establecidos, los parámetros son recalculados, hasta que las desviaciones se encuentran dentro de los valores aceptables definidos. Para optimizar la búsqueda de los parámetros óptimos se aplica el método de Levenberg - Marquardt [9]. El método utiliza como función

objetivo la desviación absoluta media entre la calculada y la presión de burbuja experimental. Los parámetros óptimos son aquellos valores de k_{ij} , β_{ij} , m_{ij} y n_{ij} que dan la desviación media más baja en la presión de burbuja y que no sean superiores al 5 %.

El promedio en la desviación relativa absoluta entre la presión calculada P^{cal} y la presión experimental P^{ex} , se define como:

$$|\% \Delta P| = \frac{100}{N} \sum \frac{|P^{cal} - P^{exp}|_i}{P_i^{exp}} \quad (20)$$

Una vez que se determinan los parámetros óptimos, los valores se exportan automáticamente a una hoja de Excel, con una correlación lineal " f_i^L/x_i " y " x_i ", y la constante de Henry se determina como el coeficiente de posición del modelo lineal, de acuerdo con la ecuación (4).

3. Datos Usados

En este estudio se analizaron tres refrigerantes, (R-41, R-134a y R-161) en el líquido iónico [Bmim][PF6]. Los datos experimentales están disponibles en la literatura [10-11]. Estos datos son mostrados en la tabla 1. N indica el número de puntos.

Tabla 1: Rangos de solubilidad, temperatura y presión de los datos usados.

Sistema	N	T/K	Rango de datos	
			rango de x_1	rango de presiones (Bar)
R-161+(BMIM)(PF6)	5	283	0.107 – 0.575	1.000 – 4.993
	7	298	0.073 – 0.496	1.000 – 6.994
	7	323	0.041 – 0.270	0.997 – 7.005
	7	348	0.025 – 0.170	1.001 – 7.003
R-134a+(BMIM)(PF6)	7	283	0.050 – 0.724	0.498 – 3.490
	7	298	0.042 – 0.326	0.498 – 3.500
	7	323	0.021 – 0.154	0.498 – 3.493
	7	348	0.009 – 0.085	0.498 – 3.490
R-41+(BMIM)(PF6)	8	283	0.021 – 0.637	0.496 – 19.995
	8	298	0.014 – 0.484	0.499 – 19.992
	7	323	0.017 – 0.332	0.999 – 19.993
	7	348	0.014 – 0.238	1.001 – 19.993

4. Resultados y Discusión

Todos los datos utilizados en este estudio se probaron para la consistencia termodinámica siguiendo un procedimiento utilizado varias veces en el pasado por los autores. Los detalles de la prueba de consistencia se pueden encontrar en la literatura [12-13]. La tabla 2 muestra los resultados para la constante de Henry calculados utilizando el procedimiento riguroso detallado anteriormente, mientras que las figuras 1 a 3 muestran algunos resultados intermedios sobre el modelado y sobre el cálculo de la constante de Henry. Se muestra un caso para cada una de las mezclas estudiadas: Fig. 1: R-134a en (BMIM)(PF6) a 298K; Fig. 2: R-41 en (BMIM)(PF6) a 348K; y Fig. (3): R-161 en (BMIM)(PF6) a 283K.

5. Conclusiones y recomendaciones

De los resultados mostrados y discutidos en este trabajo, se puede extraer las siguientes conclusiones principales: i) El programa adaptado para el cálculo de la las propiedades de mezclas usando la ecuación VPT y la regla de mezcla de Kwak-Mansoori tiene la requerida flexibilidad para converger en la mayoría de los casos; ii) Hay asuntos numéricos que resolver en especial para muy bajas concentraciones del soluto; iii) La planilla para el cálculo de la constante de Henry ha mostrado ser adecuada en todas las aplicaciones realizadas para este trabajo.

Tabla 2: Parámetros en las reglas de mezcla de Kwak-Mansoori y constante de Henry calculadas

R-161+(BMIM)(PF6)		k_{12}	l_{12}	m_{12}	n_{12}	H_1
	283	0.327	0.327	0.898	-2.892	9.335
	298	0.409	-0.541	0.846	1.554	13.70
	323	-0.321	0.280	-0.322	-2.598	23.89
	348	0.302	-0.622	0.577	1.954	38.64
R-134a+(BMIM)(PF6)	283	0.005	-0.489	0.117	1.268	8.48
	298	0.077	-0.323	0.279	0.502	11.97
	323	0.141	-0.541	0.275	1.724	23.44
	348	-0.117	-0.099	0.062	-0.954	45.60
R-41+(BMIM)(PF6)	283	0.104	-0.724	0.397	1.683	22.02
	298	-0.121	0.180	0.246	-2.548	30.33
	323	0.950	-1.035	1.419	3.506	49.63
	348	1.046	-0.911	1.521	2.991	68.70

Refrigerante	R134a + (BMIM)(PF6)	
Modelo	T(K)	H(bar)
VPT/KM	298	11.97
$k_{12}=0.077$	$l_{12}=-0.323$	$m_{12}=0.279$
		$n_{12}=0.502$
x_{gas}	P(bar)	$f_{\text{gas}}/x_{\text{gas}}$
0.042	0.498	11.74
0.086	1.004	11.45
0.130	1.494	11.17
0.176	1.992	10.89
0.224	2.493	10.60
0.275	3.005	10.31
0.326	3.495	10.015

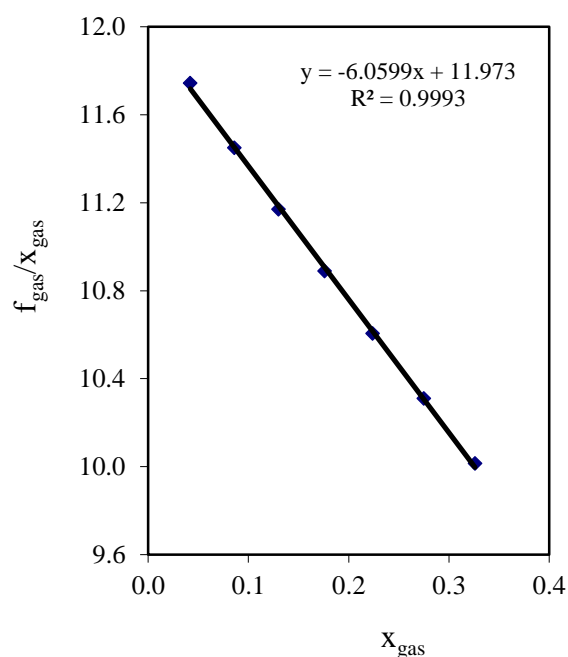


Figura 1: Hoja con los resultados obtenidos de la optimización usando el modelo VPT/KM para la constante de Henry de R-134a en (BMIM)(PF6) a 298K [10].

Refrigerante	R41 + (BMIM)(PF6)	
Modelo	T(K)	H(bar)
VPT/KM	348	68.7
$k_{12}=1.046$	$l_{12}=-0.911$	$m_{12}=1.521$
		$n_{12}=2.991$
x_{gas}	P(bar)	$f_{\text{gas}}/x_{\text{gas}}$
0.014	0.978	69.466
0.056	4.012	70.193
0.095	7.008	71.175
0.131	9.963	72.270
0.166	13.033	73.435
0.187	14.974	74.147
0.238	19.991	75.772

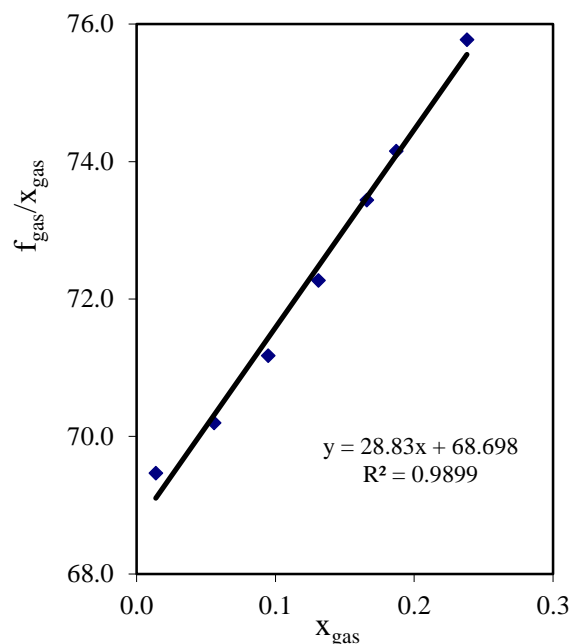


Figura 2: Hoja con los resultados obtenidos de la optimización usando el modelo VPT/KM para la constante de Henry de R-41 en (BMIM)(PF6) a 348K [11].

Refrigerante	R161 + (BMIM)(PF6)	
Modelo	T(K)	H(bar)
VPT/KM	283	9.33
$k_{12}=0.327$	$l_{12}=0.322$	$m_{12}=0.898$
		$n_{12}=-2.892$
x_{gas}	P(bar)	$f_{\text{gas}}/x_{\text{gas}}$
0.107	0.988	9.081
0.221	2.010	8.782
0.329	2.986	8.614
0.443	3.992	8.399
0.575	4.993	7.947

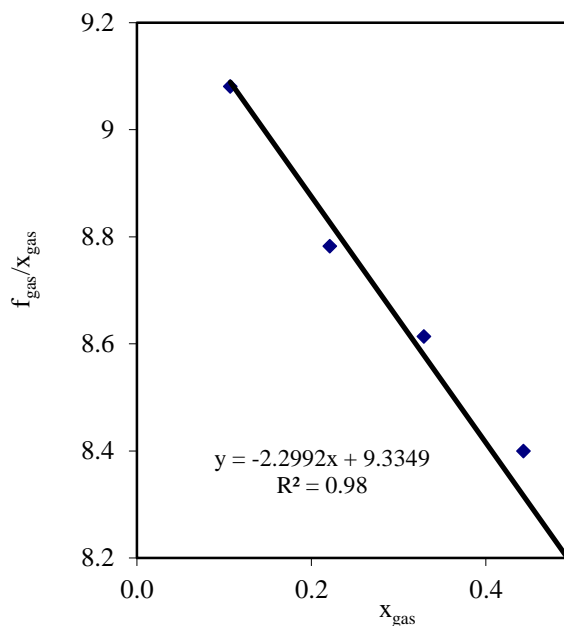


Figura 3: Hoja con los resultados obtenidos de la optimización usando el modelo VPT/KM para la constante de Henry de R-161 en (BMIM)(PF6) a 283K [11].

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) por su apoyo a través del proyecto Fondecyt N° 1150802. Igualmente agradecen a la Universidad de La Serena por permanente apoyo y al Centro de Información Tecnológica de La Serena-Chile por soporte computacional.

Referencias

- [1] KOEL, M. (Ed.). (2009). *Ionic liquids in chemical analysis*. I ed. Boca Raton, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [2] SHIFLETT, M.B.; HARMER, M.A.; JUNK, C.P.; YOKOZEKI, A. (2006). Solubility and diffusivity of difluoromethane in room-temperature ionic liquids, *J. Chem. Eng. Data*, v. 51, p. 483-495.
- [3] REN, W.; SCURTO, A.M. (2009). Phase equilibria of imidazolium ionic liquids and the refrigerant gas, 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R-134a), *Fluid Phase Equilib.*, v. 286, pp. 1-7.
- [4] PRAUSNITZ, J.M.; LICHTENTHALER, R.N.; GOMES DE AZEVEDO, E. (1999). *Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria*. New Jersey, USA: Prentice Hall International Series.
- [5] WALAS, S. M. (1985). *Phase Equilibria in Chemical Engineering*. Butterworth Boston, EUA: 671 p.
- [6] VALDERRAMA, J.O. (2003). The state of the cubic equations of state. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 42, p. 1603-1618.
- [7] VALDERRAMA, J.O. (1990). A generalized Patel-Teja equation of state for polar and non-polar fluids and mixtures, *J. Chem. Eng. Japan*, v. 23, p. 87-91.
- [8] KWAK, T.Y.; MANSOORI, G.A. (1986). Van der Waals mixing rules for cubic equations of state. Applications for supercritical fluid extraction modeling, *Chemical Engineering Science*, v. 41, p. 1303-1309.
- [9] REILLY, M. (1972). *Computer Programs for Chemical Engineering Education*. Vol. 2. Texas: Sterling Swift.
- [10] SHIFLETT, M.B.; YOKOZEKI, A. (2006a). Solubility and diffusivity of hydrofluorocarbons in room-temperature ionic liquids, *AIChE J.* v. 52, n. 3, p. 1205-1219.
- [11] SHIFLET M.B.; YOKOZEKI A. (2006b). Gaseous Absorption of Fluoromethane, Fluoroethane, and 1,1,2,2-Tetrafluoroethane in 1-Butyl-3-Methylimidazolium Hexafluorophosphate. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 45, p. 6375-6382.
- [12] VALDERRAMA, J.O; REATEGUI A.; SANGA W. (2008). Thermodynamic consistency test of vapor-liquid equilibrium data for mixtures containing ionic liquids. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 47, p. 8416-8422.
- [13] VALDERRAMA, J.O; FAÚNDEZ, C.A. (2010). Thermodynamic consistency test of high pressure gas-liquid equilibrium data including both phases. *Thermochim. Acta*, v. 499, p. 85-90.

ESTUDIO DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA AVENIDA LIBERTAD

Hillebrand Paola, UNaM, Facultad de Ingeniería, paolahillebrand00@gmail.com

Kolodziej Sebastián Federico, UNaM, Facultad de Ingeniería kolodz@fio.unam.edu.ar

Cruz Eugenio Rubén, UNaM, Facultad de Ingeniería, cruz@fio.unam.edu.ar

Resumen— En este trabajo se determinaron los niveles de ruido existentes en la Avenida Libertad de la ciudad de Oberá, se analizaron detalladamente y se contrastaron con las normativas existentes en el municipio. El objetivo fue contribuir a la determinación de sus causas y verificar si se respetan los niveles establecidos. En primera instancia, se presenta el mapa de la ciudad donde se identificaron los distintos receptores y emisores de ruido. En función de los mismos, se seleccionaron los puntos donde se realizaron las mediciones de los niveles de ruido utilizando como instrumento de medición un Sonómetro. Posteriormente, se presenta un resumen de los valores obtenidos y una conclusión preliminar acerca de los horarios y días críticos. En función de las conclusiones preliminares se realizaron más mediciones en los horarios identificados como críticos. Además de las mediciones de los niveles de ruido se determinó la cantidad y tipo de vehículos que transitaban por ese punto durante la medición. Los resultados obtenidos demuestran que la fuente principal de ruido es el tránsito vehicular, y los valores registrados superan los niveles máximos establecidos en la ordenanza municipal.

Palabras clave— *Ruido Ambiental, Fuentes de Ruido, Tránsito Vehicular.*

1. Introducción

El ruido se define como un sonido molesto que puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos a una persona o grupo de personas. El término "contaminación acústica" hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, etc.) [1].

El ruido es un contaminante invisible y en constante crecimiento a causa de la globalización que se traduce en un aumento en la demanda de medios de transporte, siendo estas las principales fuentes de ruido en las ciudades y el tráfico resultante, que no está controlado o restringido a zonas concretas lo que dificulta la adopción de medidas de control [2].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) describe al ruido "como un grave problema para el bienestar y la salud de las personas. Es origen de malestar e irritación, pudiendo producir agresividad y estrés. Afecta a la inteligibilidad de la palabra, el estado de ánimo y la concentración. Puede originar dolores de cabeza y perturbación del sueño, lo que a su vez acarrea serios problemas para el descanso y la salud. También se considera el ruido como un factor de riesgo en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, y tiene efectos nocivos sobre el desarrollo cognitivo, por no mencionar el deterioro que una exposición prolongada puede suponer sobre la audición" [3].

En primera instancia se presenta el mapa de la ciudad donde se identificaron los distintos receptores y emisores fijos, en función a esto se seleccionaron los puntos donde se realizaron las mediciones de ruido utilizando como instrumento de medición un Sonómetro. Luego se presenta un resumen de las distintas mediciones y una conclusión preliminar acerca de los horarios y días críticos, para contrastar con los datos obtenidos mediante entrevista a los residentes de la Zona en estudio.

En función de las conclusiones preliminares se procedió a realizar mediciones más prolongadas en los horarios identificados como críticos y en función de ello se determinan los niveles de ruido existentes en los distintos puntos de medición.

El objetivo fue contribuir a la determinación de los principales generadores de ruido y verificar si se respetan los niveles establecidos en la normativa municipal vigente.

2. Materiales y Métodos

En primer lugar se tomó el mapa de la ciudad de Oberá, se zonificó el mismo y se tomó únicamente una de las zonas de interés. Luego se procedió a marcar en la zona asignada, los sectores o receptores más sensibles al ruido, estos son escuelas, colegios, institutos de enseñanza, clínicas, sanatorio, hospital. Además se identificaron en la misma zona, las fuentes fijas productoras o generadoras de ruido, bares, boliches, industrias, etc. Los distintos lugares se marcaron considerando lo que se indica en el mapa (Figura 1), verificando con el Google Earth y utilizando la opción Street View siempre que esté disponible en la zona. Además se realizaron visitas al lugar.

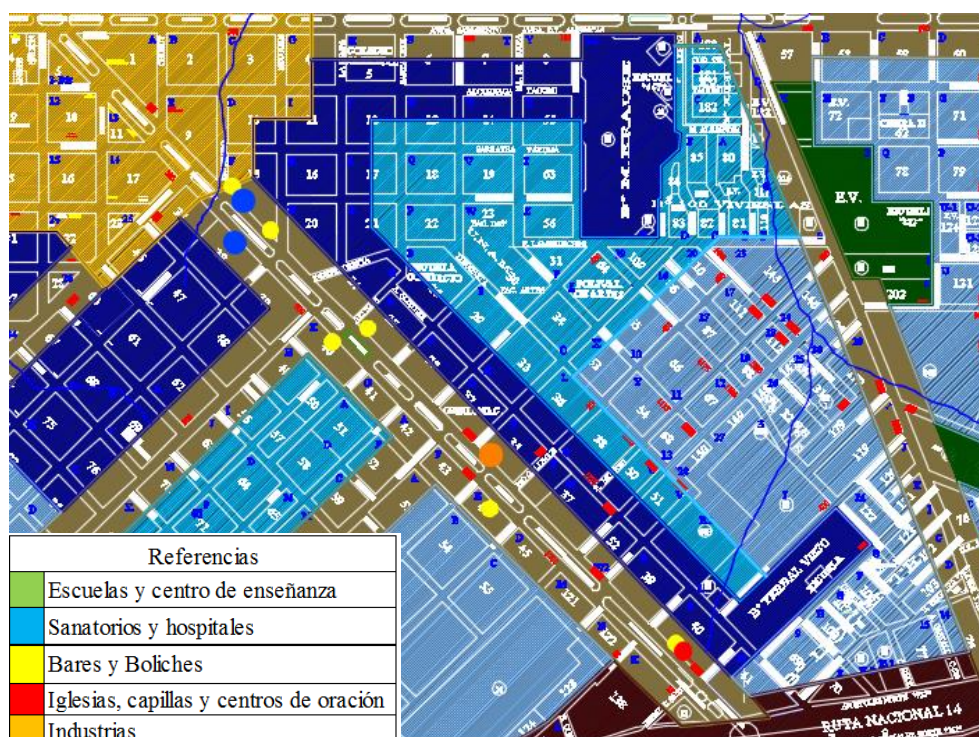


Figura 1. Identificación de Fuentes de ruido fijas
Fuente: elaboración propia

Luego se seleccionaron los puntos para realizar las mediciones respectivas (Figura 2), en distintas franjas horarias en función de las fuentes analizadas anteriormente. La zona de estudio

- Las mediciones se realizaron en condiciones climatológicas y ambientales secas (sin lluvias).
- Se verificó la carga de las baterías del calibrador y el sonómetro antes de cada medición en terreno. Idealmente se cuenta con baterías extras por cualquier eventualidad en terreno de manera que la medición no se vea interrumpida por esta causa.
- Se revisan la hora y la fecha del instrumento que sean las correctas, en caso contrario se procederá a realizar su ajuste.
- Se selecciona el rango de medición del instrumento 30-130 dBA.
- Se calibrara el sonómetro mediante el calibrador acústico el cual se inserta en el micrófono, se ajusta el potenciómetro para calibración hasta que el indicador corresponda con la señal del calibrador acústico (94dBA).
- Se selecciona respuesta Lenta o Slow: Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo o 0,125 segundos respectivamente.
- El micrófono se ubica aproximadamente a 1,3 - 1,5 m sobre el suelo y también dirigirse hacia la presunta dirección del foco sonoro (Calle). Además se localiza a una distancia mínima de 2 metros de las fachadas de edificaciones.
- Para iniciar la medición se presiona el botón Rec y al finalizar tener en cuenta de no olvidarse de presionarlo nuevamente, caso contrario la medición no quedar almacenada en el instrumento.
- Se deben documentar todas las condiciones de medición sonora (tipo de aparato, lugar de medición, intervalo temporal de medición, fuerza del viento, dirección del viento, temperatura, humedad, tipo del suelo, datos de calibración, número y duración de las mediciones, descripción del foco sonoro). Además se numeran y clasifican los vehículos (Autos, Motos, Camionetas y Combis, Camiones, Colectivos), desde el momento de iniciar la medición y hasta finalizar la misma.

3. Resultados y Discusión

Las mediciones fueron realizadas en distintos días a la semana y para cada franja horaria, que se dividieron en mañana (7:00 a 13.00 hs) y tarde (16:00 a 23:00hs.) que fueron los horarios donde se realizaron las mismas. Se tomaron un total de 30 mediciones de media hora cada una distribuidas en los cuatro puntos de interés.

3.1 Composición y flujo de tránsito vehicular

Además de realizar las mediciones se contabilizaron los vehículos desde el momento de iniciada la misma hasta su finalización, identificando si se trataban de autos, motos, camionetas y combis, camiones o colectivos. Los valores medios obtenidos del total de las mediciones realizadas en cada punto son los siguientes:

Tabla 1. Composición y flujo vehicular

Lugar	Mañana					Tarde				
	Autos	Motos	Camionetas y combis	Camiones	Colectivos	Autos	Motos	Camionetas y combis	Camiones	Colectivos
P4	346	105	135	29	3	211	51	95	12	3
P3	663	113	285	50	17	431	69	149	9	11
P2	925	195	309	50	18	1354	477	589	21	23
P1	627	143	175	23	12	1218	233	285	13	25

Fuente: Elaboración propia

COMPOSICION Y FLUJO DE TRANSITO VEHICULAR

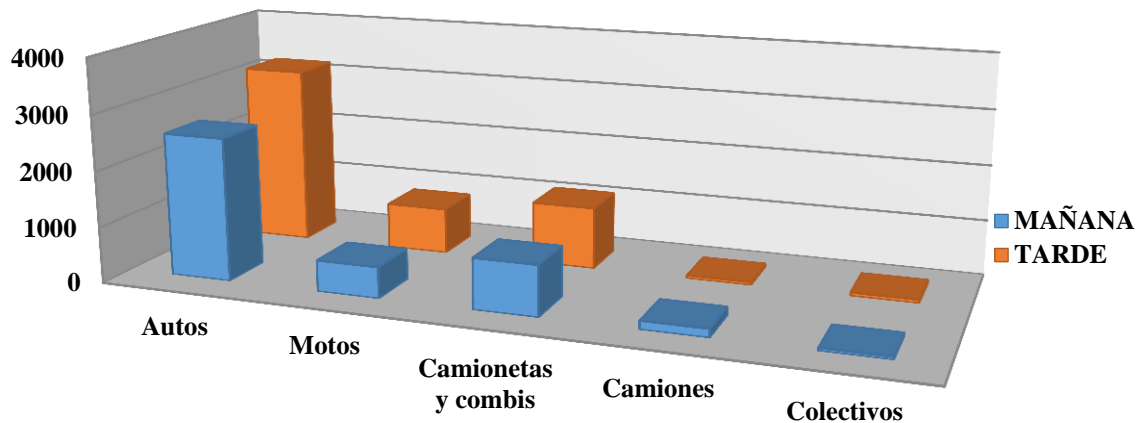


Figura 4. Comparación del flujo vehicular mañana y tarde

Fuente: Elaboración Propia

Puede observarse en la gráfica que el flujo vehicular independientemente del tipo es mayor en los horarios de la tarde. Sin embargo el flujo de tránsito de camiones es mayor en el horario de la mañana. Esto además concuerda con las inquietudes manifestadas por los vecinos, en las cuales afirmaban que el tránsito vehicular en el horario de la noche es muy fluido y más aún en la zona de P2 que como se puede apreciar en la tabla 1 presenta la mayor cantidad de vehículos en comparación con las demás en cualquier horario y consigo misma en el horario de la mañana.

3.2 Niveles sonoros obtenidos

Luego de efectuadas las mediciones estas fueron organizadas en planillas de Excel y para cada medición realizada se determinaron los NSCE (Nivel sonoro continuo equivalente) y los niveles máximos o picos respectivamente. Luego se efectuó una tabla resumen con los promedios de las distintas mediciones realizadas en cada punto y para cada franja horaria, como puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 2. NSCE en cada punto de análisis. Fuente: Elaboración propia

Punto de medición	Mañana	Tarde
P1	68,46	67,58
P2	69,29	65,95
P3	67,69	69,73
P4	68,64	70,23
Valer medio	68,52	68,37

La ciudad de Oberá cuenta con una ordenanza municipal sancionada el 11 de diciembre de 2009, en esta se establecen los niveles de ruido permitidos en función de distintas zonas y para los horarios de descanso y actividad. La misma, en su artículo N°5 establece los niveles máximos permitidos en función de la zona y la franja horaria, como se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Niveles sonoros permitidos por zona

Zona	Actividad (dBA)	Descanso (dBA)
Hospitalario-Educativa	55	45
Residencial	60	50
Comercial Industrial	65	50

Fuente: Ordenanza N°1926 [4]

Descanso: 13:00 a 14:30 hs y de 22:00 a 6:00 hs.

Actividad: 6:00 a 13:00hs y de 14:30 a 22:00 hs.

La zona analizada corresponde al sector Comercial-Industrial, cuyo nivel permisible para ambas franjas horarias es de 65dBA (Actividad) y 50dBA (Descanso). Si analizamos la tabla 2 para cada uno de los puntos se puede observar que todos ellos superan el nivel máximo permisible, esto coincide con lo manifestado por los residentes de la zona, que según la mayoría se percibe la problemática y se confirma con lo visto anteriormente.

4. Conclusiones y recomendaciones

Mediante el estudio realizado se pudo verificar que los niveles sonoros existentes en la ciudad superan los establecidos por la ordenanza N°1926 de la ciudad de Oberá. Además se pudo comprobar mediante lo manifestado por los residentes de la zona que cada vez existe más conciencia acerca de la problemática de este contaminante invisible en continuo crecimiento, sin embargo si bien existen normativas o reglamentos estos no se controlan con la intensidad que requieren.

Otro punto importante es la continua revisión y adecuación de estas normativas para que puedan ser utilizadas como herramienta de apoyo en los municipios para la planificación estratégica de los mismos y de su urbanización.

Si bien existen algunas fuentes fijas generadoras de ruido, tales como comercios, puntos de encuentro de jóvenes e industrias, la principal fuente de ruido es el tránsito vehicular, con una importante circulación de autos y camionetas. En menor medida existe un tránsito pesado representado por colectivos urbanos y camiones que proveen de mercaderías a los comercios de la zona centro.

5. Referencias

[1] M. REJANO DE LA ROSA, (2000) *Ruido Industrial y Urbano*, Madrid, España: Editorial Paraninfo.

- [2] FEDERICO MIYARA, (2004) *Ruido urbano: tránsito, industria y esparcimiento.*, Acústica.
- [3] W. H. O., (2012). *Environmental health inequalities in Europe*, Dinamarca : WHO.
- [4] ORDENANZA N°1926. (2009) *Normativa de Ruido Urbano*. Honorable Concejo Deliberante Ciudad de Oberá. Oberá, Misiones.

Biotecnología, Nanotecnología, Bioingeniería y Materiales





III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE MARCHA DE BAJO COSTO

Martín Barrientos, José Obdulio Vera, Flavio Atilio Ferrari, UIDET UNITEC, FIUNLP.

José Antonio Rapallini, Jorge Osio, UIDET CeTAD, FIUNLP

unitec@ing.unlp.edu.ar / uniteconline@gmail.com

Resumen— El Laboratorio de Marcha es un sistema integrado que permite registrar variables asociadas al movimiento y fuerzas generadas durante la marcha de un paciente en función del tiempo y que es utilizado para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del sistema locomotor. Comercialmente es muy costoso, por lo que se ha buscado una solución de bajo costo para ser implementada en la Asociación Pro Rehabilitación Infantil La Plata (APRILP). En este lugar se realiza el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes con discapacidades neurolocomotoras, cuyos recursos y falta de obra social les impiden el acceso a tales estudios en otros centros especializados. El proyecto se realiza a partir de un convenio entre la UIDET UNITEC (FI UNLP) y APRILP.

Se presenta el estado de avance del proyecto que se encuentra subsidiado por diferentes instituciones: UNLP, FIUNLP, PROCODAS-MINCyT y SPU. Se espera culminar el desarrollo del equipo y prueba a fines de este año.

Actualmente, se ha finalizado el prototipo correspondiente a la instrumentación electrónica para relevamiento de huellas plantares en tiempo real; se encuentra en sus primeras fases de desarrollo el registro de imágenes y se está trabajando en el procesamiento de la información recibida para análisis de la información generada y registro de cada paciente.

Palabras clave— *Laboratorio de marcha, Análisis biomecánico, Enfermedades neurolocomotoras*

1.Introducción

El desarrollo de un Laboratorio de marcha de bajo costo para análisis del movimiento surge a requerimiento de la Asociación pro Rehabilitación Infantil La Plata (APRILP), entidad sin fines de lucro que fue fundada en 1959 para enfrentar las consecuencias de importantes epidemias de poliomielitis. Actualmente es un centro de diagnóstico, derivación y rehabilitación especializado en patologías del sistema neurolocomotor.

El desarrollo de este equipamiento constituye un hecho altamente relevante puesto que en nuestro país sólo existe un Laboratorio de Marcha con fines diagnósticos y terapéuticos, que se encuentra bajo el ámbito de FLENI (Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia) en la localidad de Escobar [1, 2].

El valor comercial de uno de estos equipos supera los 150.000 euros, por lo que implementar un Laboratorio de Marcha de bajo costo, modular, replicable y escalable, constituye un proyecto de relevancia que permitirá el acceso a un gran número de pacientes.

2. Laboratorio de Marcha y Análisis del movimiento

El estudio del movimiento humano y más concretamente de la marcha ha sido de particular interés desde tiempos remotos, generando el desarrollo de diferentes métodos para su estudio. Con el avance de la tecnología, los sistemas de cómputo y los avances en la informática se han desarrollado sistemas para análisis del movimiento humano que son de gran ayuda para el diagnóstico y terapéutica de diferentes patologías.

La marcha humana corresponde a una secuencia de movimientos coordinados y alternantes que nos permite desplazarnos. Es un proceso complejo que requiere el adecuado funcionamiento e interacción de diferentes estructuras, tales como un sistema de control a cargo del Sistema Nervioso Central, palancas que provean el movimiento correspondiente a los huesos y fuerzas para mover las palancas a cargo del sistema muscular. Cualquier variación en estos niveles puede determinar alteraciones de la marcha.

Una de las áreas más desarrolladas del estudio del movimiento, corresponde al estudio de la marcha humana normal y sus alteraciones. El análisis cuantitativo de la marcha es reconocido como una herramienta de investigación y docencia, además de tener grandes aplicaciones en el campo clínico para el estudio y tratamiento de sus alteraciones. A través de estos estudios se han obtenido grandes avances en la comprensión y tratamiento de patologías tales como la parálisis cerebral, espina bífida, esclerosis múltiple y enfermedades neuromusculares, patologías derivadas de accidentes cerebrovasculares, entre otras, al facilitar el conocimiento de los mecanismos subyacentes de sus alteraciones, al definir perfiles de evolución en el tiempo, permitir orientar y controlar de manera más objetiva los tratamientos y sus resultados, determinando mejores resultados y optimización de los recursos. También puede ser usada en medicina deportiva.

Según la Dra. Haro [3] “las actividades durante la marcha ocurren simultáneamente a diferentes niveles articulares y en diferentes planos, de modo que resulta difícil captar todos los elementos con la simple observación. Del mismo modo, las compensaciones que el paciente emplea en su marcha pueden ser enmascaradas y difíciles de diferenciar de las alteraciones primarias a simple vista. En este sentido, los sistemas de análisis de movimiento han ganado campo en la aplicación clínica del estudio de las alteraciones del patrón de marcha, en cuanto a identificar sus anormalidades, definir sus causas y orientar sus tratamientos, cuantificar el resultado de estos, realizar el seguimiento de la evolución a lo largo del tiempo”.

El uso de tecnologías innovadoras para el análisis de la marcha permite captar los movimientos, la actividad muscular y las fuerzas que el ojo no puede ver. Y aunque algunas personas tienen patrones similares para caminar, la forma en que sus músculos y articulaciones trabajan juntos pueden variar ampliamente de uno a otro por lo que el análisis del movimiento ayuda a los equipos de atención médica a identificar con precisión los problemas específicos de cada paciente. La información obtenida junto con la historia clínica del paciente y los resultados de otras evaluaciones permite que el equipo médico pueda recomendar los mejores tratamientos para el movimiento anormal detectado [5].

Entre otras condiciones complejas pueden realizarse estudios para casos de amputaciones, daño cerebral y neurotraumas relacionados, parálisis cerebral, desordenes complejos de la marcha, discrepancias en la longitud de los miembros inferiores (análisis más frecuente) o superiores, espina bífida, anormalidades de la posición de los huesos y en los pies, y otras enfermedades neurológicas y ortopédicas que afectan el sistema locomotor.

Un estudio realizado en el Laboratorio de marcha insume aproximadamente 2 horas por paciente.

2.1. Proceso de adquisición de datos para análisis del movimiento

Como se ha mencionado, el análisis instrumentado de la marcha corresponde al análisis de la condición clínica de marcha de una persona mediante el uso de tecnología altamente especializada.

Al paciente se le colocan marcadores pasivos reflectantes sobre la piel, elegidos como puntos de referencia óseos y, en algunos casos, electrodos de superficie y/o aguja para registro de actividad electromiográfica, de acuerdo a protocolos normalizados. Las mediciones son realizadas por el sistema, mientras el paciente camina libremente a lo largo del sendero de marcha del laboratorio.

El medio de medición del Laboratorio de Marcha está constituido generalmente por un sistema opto-electrónico de cámaras infrarrojas y cámaras de video convencionales, ubicadas alrededor del camino de marcha, plataformas de fuerzas empotradas en el piso y un equipo de registro de electromiografía dinámica. Algunos laboratorios disponen además de tecnología para el cálculo del gasto energético de la marcha y medición de fuerzas sobre el pie para estudio de presiones plantares.

El sistema de medición del laboratorio de marcha debe ser calibrado diariamente, recomendándose hacerlo para cada estudio a realizar. Este aspecto es fundamental para asegurar la calidad de las adquisiciones.

La información obtenida en el análisis de marcha debe interpretarse en conjunto y comparada con la base de datos de individuos normales de cada laboratorio para identificar las anormalidades y postular las causas que las determinan.

La información obtenida es la siguiente:

- a) Parámetros temporo-espaciales: Se refiere al cálculo de indicadores tales como la velocidad de marcha, largo de los pasos, cadencia (número de pasos por minuto), ancho del paso y duración de las fases del ciclo de marcha entre otros. Estos son calculados en base a los datos obtenidos de la posición de los marcadores reflectantes.
- b) Cinemática: Durante la adquisición el paciente camina libremente a lo largo de la senda de marcha del laboratorio, el cual está rodeado por un sistema especial de captura tridimensional compuesto por múltiples cámaras especializadas conectadas a un computador central. Estas cámaras poseen un lente central de captura y celdas periféricas que emiten radiación infrarroja. La radiación infrarroja emitida, es reflejada por los marcadores ubicados sobre la piel del paciente y capturada por el lente central de las cámaras del laboratorio. El conjunto de imágenes provistas por las cámaras es integrado y procesado por un software instalado en una PC para la obtención del movimiento articular tridimensional. El análisis cinemático define los ángulos articulares y el movimiento de los segmentos en el espacio.
- c) Cinética: Corresponde a la medición de las reacciones producidas entre la fuerza ejercida por el peso del individuo sobre la tierra y la fuerza de reacción del piso (GRF). Contempla la medición de los momentos o torques y potencias articulares internos, el punto de aplicación de la GRF bajo el pie y sus tres componentes; vertical, medio lateral y anteroposterior. Aporta información complementaria a la cinemática al definir las causas que determinan el movimiento articular a lo largo del ciclo de la marcha, es decir, qué grupo muscular es el predominante en cada momento y que tipo de contracción muscular está ejerciendo; excéntrica o de frenado o

concéntrica para generación de potencia. Define además la presencia de sobrecargas articulares anormales. Se adquiere a través de plataformas de fuerza empotradas en el piso.

2.2. Ciclo de la Marcha

El Ciclo de la Marcha es el conjunto de acciones realizadas y fenómenos producidos desde el contacto del talón con el suelo hasta el siguiente contacto del mismo talón con dicho plano de apoyo con el fin lograr el desplazamiento del peso corporal desde un punto a otro, de forma bípeda. Se identifican dos fases:

Fase de Apoyo

Momento en el cual el pie se encuentra en contacto con el suelo y representa el 60% del ciclo de marcha.

Fase de Oscilación

Momento en el cual el pie se halla en el aire mientras que avanza preparándose para el siguiente paso y representa el 40% del ciclo de marcha.

En la Figura 1 pueden observarse las fases constitutivas de la marcha y la subdivisión de las mismas.

La fase de apoyo se subdivide en:

- Fase de Contacto Inicial (00% - 02%)
- Fase Inicial de Apoyo (02% - 10%)
- Fase Media de Apoyo (10% - 20%)
- Fase Final de Apoyo (30% - 50%)
- Fase Previa de Oscilación (50% - 60%)

La Fase de Oscilación se subdivide en:

- Fase de Inicial de Oscilación (60% - 73%)
- Fase Media de Oscilación (73% - 87%)
- Fase Final de Oscilación (87% - 100%)

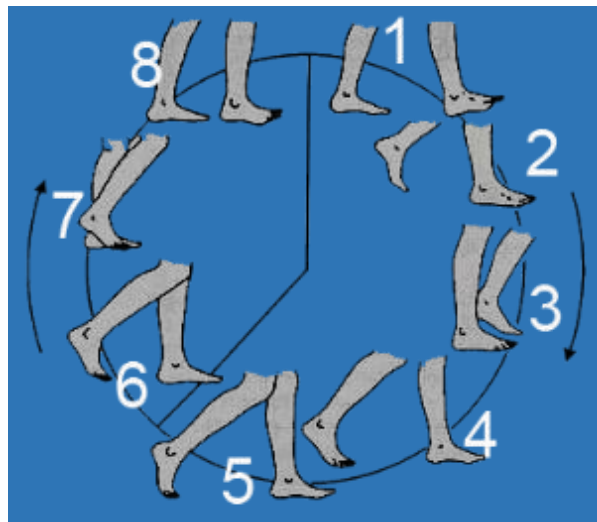


Figura 1. Fases del ciclo de marcha

2.3. Distribución de Cargas en el Pie

La distribución de presiones en la planta del pie cambia según la etapa del paso que se observe, tal como se muestra en la Figura 2.

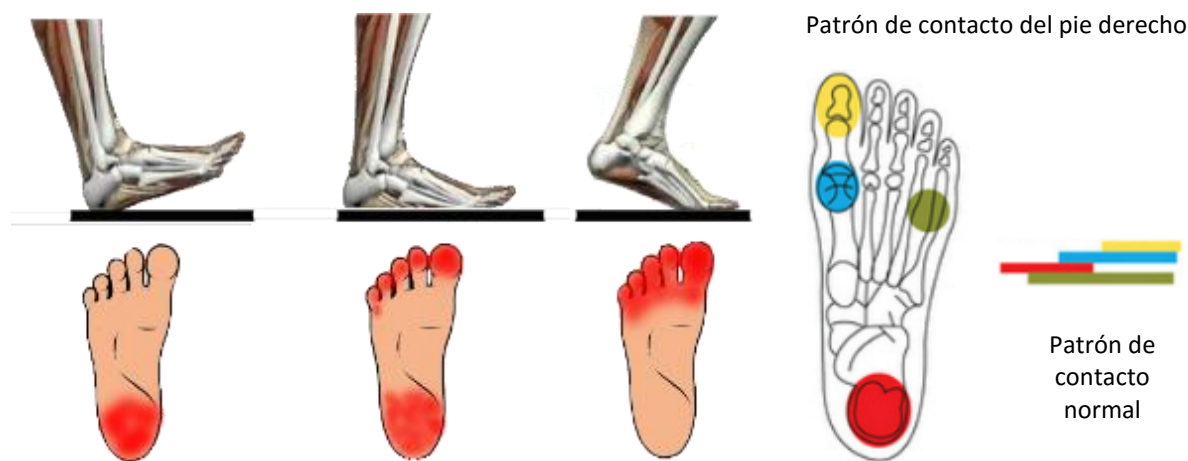


Figura 2. Distribución de presiones plantares en la marcha

Tabla 1. Estimación de los distintos valores de presión sobre el pie, dependientes del peso de la persona y del tamaño de su pie [6]. Se detallan datos aprox. para tres tipos de persona promedio de talla N°40.

Nombre Anatómico	Fracción de Carga	Área Aproximada	Presión(Masa corporal de 50 Kg)	Presión(Masa corporal de 75 Kg)	Presión(Masa corporal de 100 Kg)
Primer Cabeza Metatarsiana	19.7 %	4 cm ²	2.398 Kg/cm ²	3.598 Kg/cm ²	4.797 Kg/cm ²
Segunda Cabeza Metatarsiana	7.7 %	3.75 cm ²	1.026 Kg/cm ²	1.539 Kg/cm ²	2.052 Kg/cm ²
Tercer Cabeza Metatarsiana	7.7 %	3.75 cm ²	1.026 Kg/cm ²	1.539 Kg/cm ²	2.052 Kg/cm ²
Cuarta Cabeza Metatarsiana	7.7 %	3.75 cm ²	1.026 Kg/cm ²	1.539 Kg/cm ²	2.052 Kg/cm ²
Quinta Cabeza Metatarsiana	7.7 %	3.75 cm ²	1.026 Kg/cm ²	1.539 Kg/cm ²	2.052 Kg/cm ²
Talón	50%	7 cm ²	3.533 Kg/cm ²	5.300 Kg/cm ²	7.068 Kg/cm ²

Los estudios estáticos de las huellas plantares y la distribución de cargas responden a diferentes técnicas de medición ampliamente utilizadas, entre ellas: *Pedigrafía*, *Fotopodograma*, *Radiofotopodograma*, *Podoscopio* y *Escáner Podológico*. La tecnología utilizada para los estudios dinámicos es la Plataforma de Baropodometría (con y sin reconstrucción 3D).

3. Implementación del Proyecto

La implementación del Proyecto del Laboratorio de marcha de bajo costo para APRILP, es de característica bianual y se lo ha dividido en tres módulos:

- Digitalización de la pisada
- Digitalización de la marcha
- Adecuación edilicia del espacio físico

4. Desarrollo de Instrumentación Electrónica para Relevamiento de Huellas Plantares en Tiempo Real: Digitalización de la pisada

Para el desarrollo de la instrumentación, denominada Pedígrafo digital, que permita el relevamiento de las huellas plantares en tiempo real, se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Relevamiento y Reconstrucción de la huella plantar en Tiempo Real.
- Superficie sensible suficientemente amplia
- Resolución espacial apropiada
- Comunicación con una computadora
- Alta velocidad de transferencia de datos
- Interfaz de fácil utilización
- Visualización de presiones en forma relativa
- Reproducción y Almacenamiento post relevamiento
- Utilización de materiales de alta disponibilidad en Argentina
- Bajo Costo

4.1- Elección de los sensores

Al adquirir cualquier medida biomecánica, se deben estudiar los dispositivos de modo de optimizar sus características para la aplicación específica de modo de asegurar que las lecturas sean exactas. Una consideración fundamental para ello es tener en cuenta los requisitos que se van a exigir del sensor.

Las especificaciones que son clave para el rendimiento del sensor de presión a elegir incluyen los siguientes parámetros: linealidad, histéresis, rango de presión, sensibilidad a la temperatura, resolución, Precisión vs. Exactitud y robustez.

Existen varios sensores de presión disponibles en el mercado: sensores capacitivos, resistivos, piezoeléctricos y piezoresistivos. Estos sensores brindan una señal de salida eléctrica (corriente o tensión) proporcional a la medida de presión.

Luego del estudio de cada tecnología se optó por los sensores resistivos pues respondían a los requisitos exigidos para la aplicación en consideración. La resistencia equivalente formada entre los electrodos y la goma conductiva depende total e intrínsecamente de la geometría empleada y es por este motivo que se ensayaron variantes en cuanto al material, al espesor y forma de la goma, así como también separación entre pistas y ancho de las pistas que conforman los electrodos. Los ensayos tuvieron lugar en el Laboratorio del Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados de la FIUNLP. Allí se ensayaron diferentes configuraciones geométricas con sensores resistivos: forma cuadrada o redondeada, tipo peine, de pistas angostas o anchas, de distribución centrada, etc. Se probaron las gomas conductivas marca AVIGOM en espesores de 1 mm y 3,5 mm. Se estudiaron los resultados de los gráficos de resistencia y conductancia en función de la presión para la elección final [7].

Se decide utilizar la goma conductiva de AVIGOM, de 3.5mm de espesor, redonda y el electrodo de Forma Redondeada, distribución Tipo Peine y Pista Ancha, como en la Figura 3.



Figura 3. Electrodo de forma redondeada, tipo peine, pista ancha

4.2 Método de medición

En la Figura 4 se muestra el diagrama en bloques del sistema de medición para relevamiento de la huella plantar en tiempo real. Se deberá realizar el barrido de la matriz de sensores para obtener la totalidad de la digitalización de la pisada.

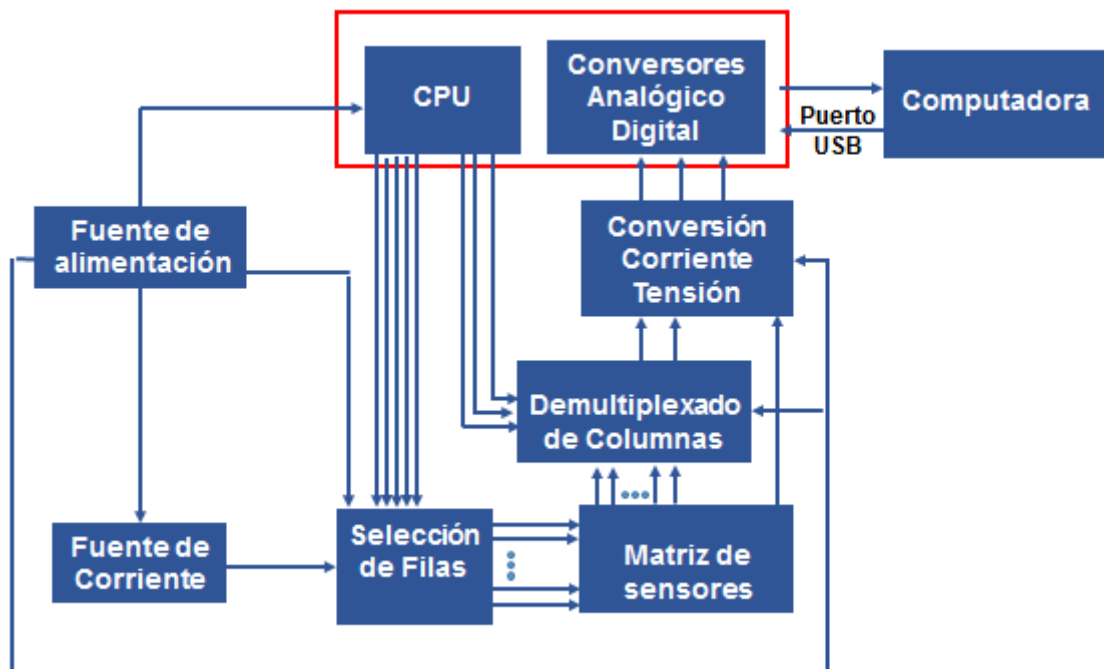


Figura 4. Diagrama en bloques

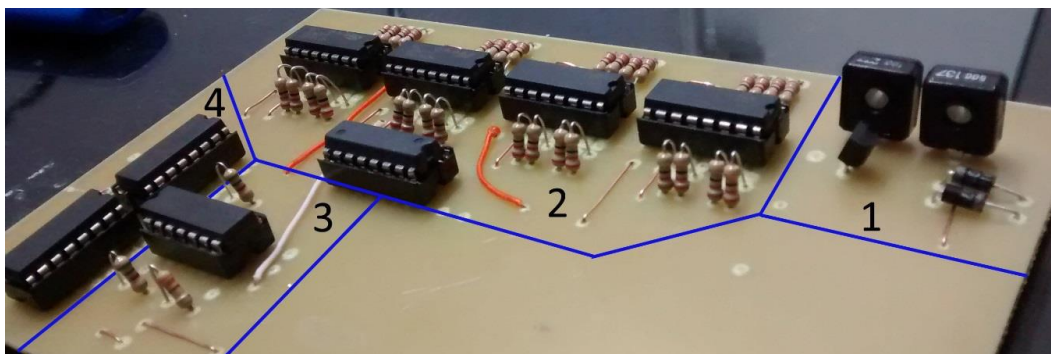


Figura 5. Diagrama en bloques, 1 Bloque “Fuente de Corriente”, 2. Bloque “Selección de Filas”, 3. Bloque “Conversión Corriente/Tensión” y 4. Bloque “De-Multiplexado de Conversores”

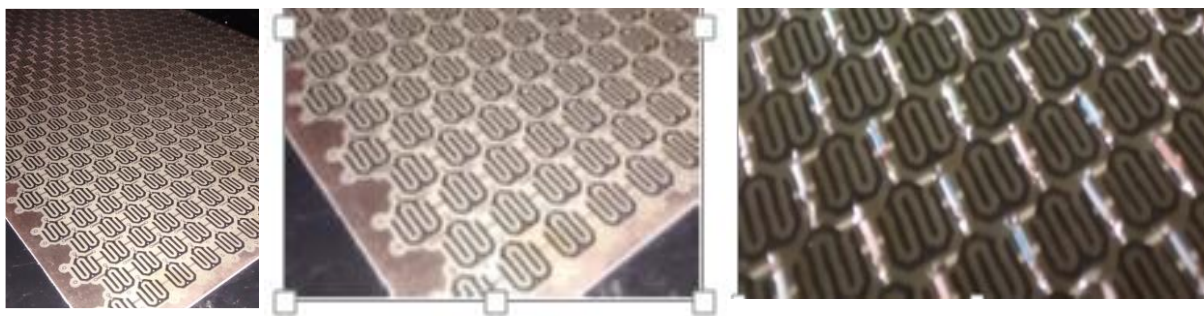


Figura 6. Placa sensora. Sensores resistivos y detalle puentes de conexión

4.3 Prototipos desarrollados

Primer Prototipo:

El primer prototipo desarrollado constaba de 12 sensores (4 Filas y 3 Columnas) que permitían capturar la imagen o huella de un dedo. Se utilizaron los sensores elegidos junto con la goma AVIGOM de 3,5 mm de espesor.

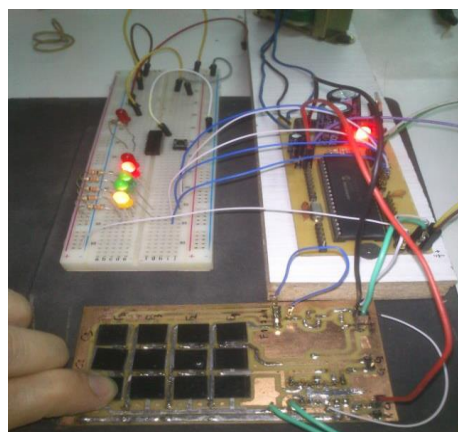


Figura 7. Primer prototipo

Segundo Prototipo:

56 Sensores

(8 Filas y 7 Columnas, caracterización incluida)

Tercer Prototipo:

64 Sensores

(8 Filas y 8 Columnas, mayor densidad, de-mux incluido)

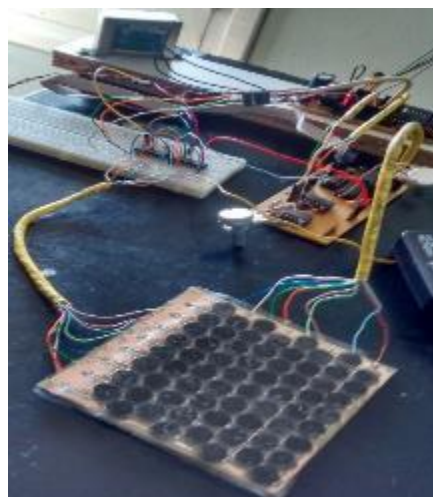


Figura 8. Tercer prototipo

4.4 Prototipo final

En la Figura 9 se muestra el prototipo para relevamiento de la huella plantar en tiempo real. Se observa la placa con los sensores (Placa sensora), que irá fijada sobre los parantes que tienen como base la placa de control (Placa controladora). Este dispositivo se colocará sobre la senda o pasarela del Laboratorio de marcha.

En este prototipo se estableció un muestreo y una reconstrucción en tiempo real a una tasa de 20 cuadros/s, que en comparación con un dispositivo comercial actual (100 cuadros/s) permite considerar que se está en un 20% de similitud.

Se consiguió generar una interfaz amigable, de fácil uso y muy bajo costo.

Se dispuso una placa de 20cm x 30cm con 512 sensores de presión redondos dispuestos en forma de panel de abeja, consiguiendo que un 91% de la superficie total sea sensible a la pisada.

Se logró una densidad de 0.92 sensor/cm² que en comparación con dispositivo comercial y actual (1.64 sensor/cm²), alcanzando una semejanza por encima del 50%.

La implementación se realizó con componentes de alta disponibilidad en el mercado y en la región, lo que permite pensar en un mantenimiento de bajo costo a largo plazo.

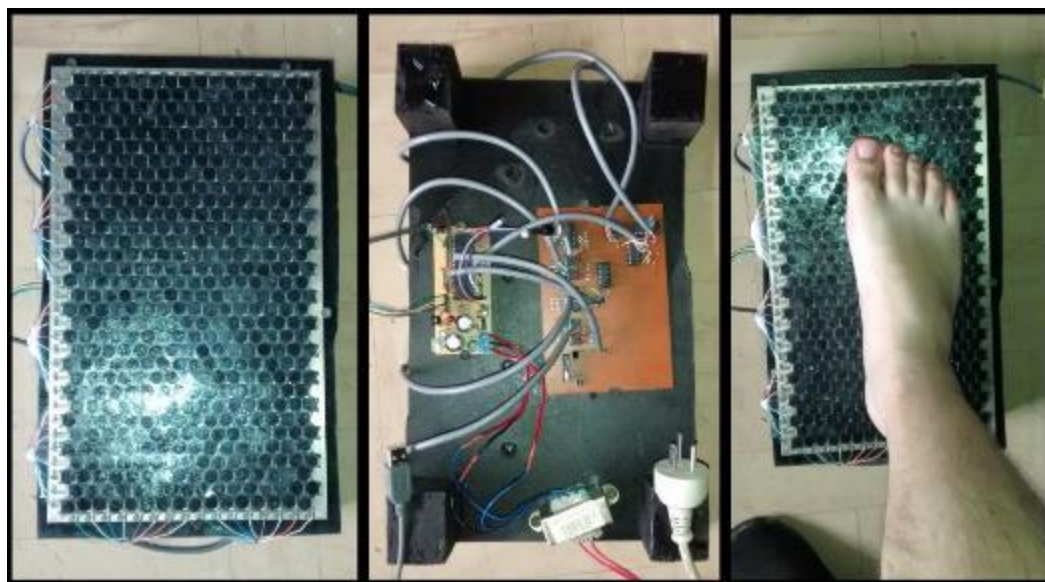


Figura 9. Prototipo final del Pedígrafo digital

Las líneas de acción futuras respecto de este prototipo consisten en aumentar la densidad de sensores con el objetivo de aumentar la resolución en pantalla, introducir una comunicación inalámbrica entre el pedígrafo y la computadora para no estar limitado a las distancias máximas que establece el protocolo USB, lograr una aplicación independiente de la plataforma desarrollada en MATLAB, optimizar la aplicación de software para mostrar la reconstrucción de las huellas plantares con “píxeles redondos” en lugar de cuadrados, con la meta de añadir aún más realismo al resultado en pantalla.

Y por último, mejorar la interfaz con el usuario añadiendo funciones para establecer y operar una base de datos de pacientes.

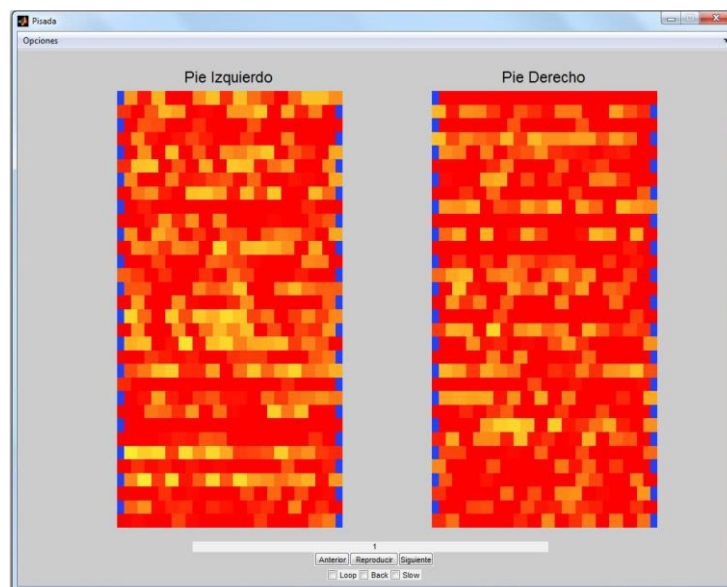


Figura 10. Pantalla de la interfaz gráfica del Pedígrafo digital

5. Digitalización de la marcha

Se encuentra en etapa de desarrollo un sistema que capture los puntos reflectantes (ver Figura 11) colocados sobre el paciente a tratar y los digitalice para obtener un registro de la marcha sobre una pasarela. Se decidió trabajar con marcadores pasivos y cámaras infrarrojas IP con iluminación LED. Se eligió la cámara DS-2CD2632 de 3 MP de HIKVISION (Figura 12). Se utilizarán 3 cámaras iguales en el primer prototipo. Al ser una solución escalable y modular, no habrá inconvenientes futuros para incrementar el número de cámaras y prestaciones.



Figura 11. Marcadores reflectantes



Figura 12. Cámara infrarroja DS-2CD2632 de 3 MP de HIKVISION

Para el primer prototipo se utilizó lenguaje C++ utilizando el framework QT 5. Esta elección permite alcanzar la máxima performance en cuanto a aprovechamiento de recursos de una PC con sistema operativo Linux, distribución Debian.

Todo el sistema que se está implementando se basa en la utilización de software OpenSource, para evitar el pago de licencias y cumplir con los requisitos de bajo costo para el desarrollo del Laboratorio de marcha.

Se pretende diseñar en el espacio de trabajo en APRILP una pasarela sobre piso modular, con al menos 3 (tres) cámaras IP que capturen el movimiento y guarden las muestras en un Servidor de datos que luego serán analizados en las estaciones de trabajo.

Actualmente se está trabajando en el análisis y caracterización de interfaz de comunicación de datos y software de procesamiento de imágenes para diagnóstico (Ver figuras 13 y 14). Se están llevando a cabo pruebas para posicionamiento óptimo de las cámaras para la adquisición de imágenes del paciente.

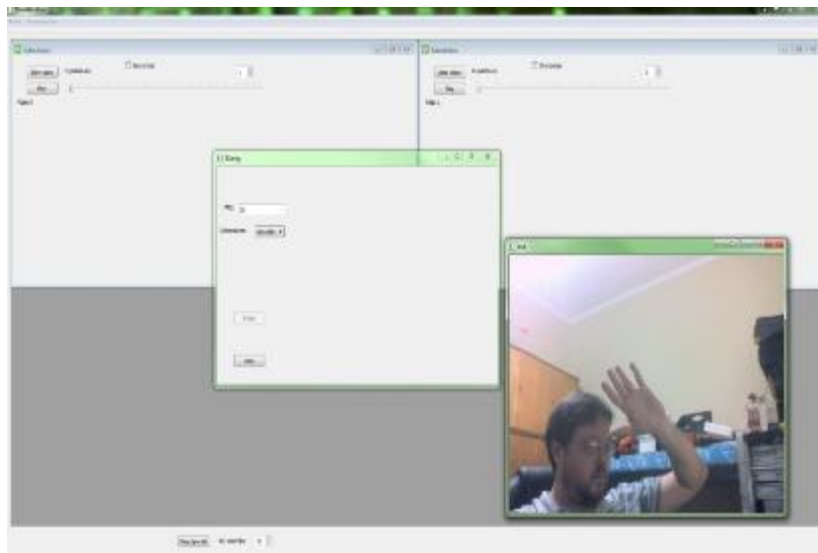


Figura 13. El Ing. Vera desarrollando software para el sistema de digitalización de la marcha.



Figura 14. Prueba de cámara (Análisis y caracterización de interfaz de comunicación de datos y software de procesamiento de imágenes para diagnóstico).

6. Adecuación edilicia del espacio físico

El equipo de trabajo ha contactado un profesional de la Arquitectura para asesoramiento en la adecuación edilicia del espacio física para el Laboratorio de marcha. Se deben decidir especificaciones para la pintura de paredes, tipo de cierre de ventanas, iluminación de la zona de trabajo, localización del servidor, y en particular el tipo de piso debajo del cual se instalará en pedígrafo digital. Se está estudiando la posibilidad de instalar tapetes anti fatiga para pisos secos como los utilizados en Gimnasios que, a su vez, sean pisos modulares, acoplables, lavables y ventilados (Ver Figura 15).

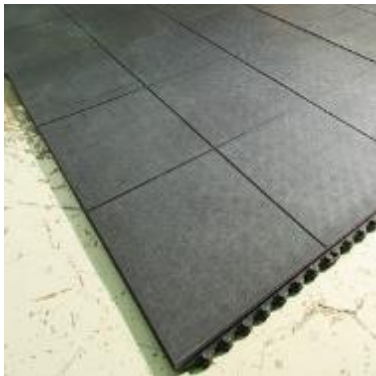


Figura 14. Piso antifatiga, modular, acoplable.

7. Conclusiones

Con el fin de proporcionar una herramienta de diagnóstico y tratamiento para pacientes con dificultades neurolocomotoras a instalar en APRILP La Plata, de modo de prestar atención gratuita a quien sea derivado para ello, se ha logrado la colaboración de tres unidades de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Las mismas, a través del trabajo conjunto y multidisciplinar, han desarrollado e implementado gran parte de la instrumentación solicitada. Estas Unidades de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia de la FIUNLP son UNITEC, a cargo de la coordinación general del proyecto, CeTAD, especializada en temas de hardware electrónico de alto nivel y FEP, encargada de obtener el financiamiento necesario.

El desarrollo de este equipamiento constituye un hecho altamente relevante puesto que en nuestro país sólo existe un Laboratorio de Marcha con fines diagnósticos y terapéuticos, que se encuentra bajo el ámbito de FLENI (Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia) en la localidad de Escobar.

El valor comercial de uno de estos equipos supera los 150.000 euros, por lo que implementar un Laboratorio de Marcha de Bajo costo constituye un proyecto de relevancia para el acceso de todos los pacientes que lo soliciten.

El proyecto se ha basado en una filosofía de desarrollo de tipo modular, escalable y replicable, con el fin de ir incrementando prestaciones a medida que se obtengan los recursos para su financiamiento. Contará con un proceso automatizado en la toma de datos y además tendrá la posibilidad de llevar un registro de estos datos.

Se ha trabajado con la comunidad especializada en fisiatría y rehabilitación neurolocomotora para implementar el Laboratorio de Marcha según sus necesidades específicas. De este modo



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

PROPIEDADES TÉRMICAS DE NANOFLUIDOS FORMADOS POR NANOPARTÍCULAS DE Al_2O_3 EN ETILENGLICOL

Lisandro Echeverri del Sarto, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina, lisandro.echeverri@live.com.ar

Carla Janyistabro, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina, carla.janyistabro@fain.uncoma.edu.ar

Salvador Canzonieri, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina, salvador.canzonieri@fain.uncoma.edu.ar

Alejandra Mariano, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina, CONICET-CCT Patagonia Norte, alejandra.mariano@fain.uncoma.edu.ar

Resumen— La adición de nanopartículas a un fluido produce cambios significativos en sus propiedades térmicas y de transporte. El hecho de que, por ejemplo, la conductividad térmica de un nanofluido supere en gran medida los valores respecto del fluido base, ha atraído atención de muchos investigadores por su potencial uso como sustituto de los fluidos de intercambio de calor convencionales. Estos cambios en las propiedades están relacionados no solo con la naturaleza de las partículas en suspensión, sino también con el tamaño de las mismas. El presente trabajo es parte de un estudio realizado sobre muestras de nanofluidos formados por nanopartículas de alúmina (Al_2O_3) de diámetro menor a 20 nm, utilizando como fluido base etilenglicol, para las cuales se determinó experimentalmente la conductividad térmica a distintas temperaturas y para diferentes concentraciones de nanopartículas. La morfología y la distribución de tamaño de las nanopartículas utilizadas, se analizó por microscopía de transmisión electrónica (TEM), presentando forma irregular y tamaños entre 8-20 nm. Las muestras de nanofluidos se prepararon por homogeneización ultrasónica, corroborando la estabilidad de la suspensión coloidal por espectrofotometría UV-Vis. La conductividad térmica de las muestras de nanofluidos se midió con un equipo KD2 Pro de la firma Decagon Devices. Los resultados obtenidos muestran que la conductividad térmica se incrementa con el agregado de nanopartículas.

Palabras clave— *nanofluido, conductividad térmica, óxido de aluminio.*

1. Introducción

La suspensión de partículas de escala nanométrica en un fluido es un sistema coloidal denominado nanofluido. En los últimos años se ha demostrado que la adición de nanopartículas a un fluido afecta notablemente sus propiedades físicas, térmicas y de transporte, produciendo variaciones que, sobre todo en sus propiedades de transporte, no se conciben con las estimaciones obtenidas por las teorías de suspensiones clásicas, Maxwell [1]. Este aumento anómalo de propiedades tales como la conductividad térmica o la viscosidad se

asocia al tamaño de las partículas en suspensión, y no a su naturaleza, ya que se ha reportado este fenómeno para nanopartículas metálicas, de óxidos metálicos, cerámicas, o nanotubos de carbono.

Los valores de conductividad térmica de un nanofluido, muestran que dicha propiedad excede de forma muy marcada los valores del fluido base (Chandra y col. [2]; Beck y col. [3], Philip y col. [4]). Este comportamiento de los nanofluidos ha llamado la atención por su potencial aplicación como sustitutos de los fluidos usuales de intercambio de calor o incluso de lubricantes. Este incremento en las propiedades de transporte de calor se produce incluso a bajas concentraciones de nanopartículas, lo que ha hecho pensar en mejorar el rendimiento de los fluidos de trabajo citados reduciendo su carga en aplicaciones industriales. Esta es una de las razones que ha convertido la investigación en el ámbito de los nanofluidos en un campo emergente con numerosas aplicaciones prácticas presentes y futuras en la industria (Kurt y col. [5]; Kulkarni y col. [6]; Pantzali y col. [7], Sonawane y col. [8])

Sin embargo, y a pesar de las muchas potenciales aplicaciones de estos sistemas en procesos de ingeniería, los problemas asociados a estas suspensiones, tales como sedimentación, corrosión, etc., en principio no generaban grandes expectativas. Pero la situación cambió cuando a mediados de los 90' Choi [9] propuso la posibilidad de usar partículas de escala nanométrica para lograr conductividades térmicas muy altas. Una detallada descripción de la evolución de la investigación en este campo ha sido publicado recientemente por Das y col. [10], Wang y col. [11]; El-Brolosy y col. [12]; Khedkar y col. [13]; Chandrasekar y col. [14]).

La estabilidad de las suspensiones es también una preocupación importante. Por lo general, se obtiene la dispersión de las nanopartículas en el fluido de base utilizando técnicas como la agitación mecánica, sondas de ultrasonido, o la combinación de ambos, pero una revisión de la literatura muestra que no existen directrices claras sobre el método más fiable para lograr esta estabilidad y evitar la decantación. Los tiempos recomendados para aplicaciones de ultrasonido varían mucho para el mismo nanofluido de acuerdo a diferentes autores. El efecto de la agregación en el comportamiento de nanofluidos ha sido discutido recientemente por Prasher y col. [15] y Garagozloo y col. [16]. Otros autores, como por ejemplo Li y col. [17] han discutido el efecto del tamaño de partícula en nanofluidos formados por alúmina. Otras técnicas de dispersión como el homogeneizador de alta presión o un sistema de pulverización catódica modificado han sido estudiados por Hwang y col. [18], pero a pesar de su desempeño su uso aun no se ha difundido.

En la actualidad, los datos experimentales sobre densidad, viscosidad, capacidad calorífica y conductividad térmica, para el caso de los nanofluidos, son escasos en la literatura científica, y además se pueden apreciar serias discrepancias entre distintos autores en el estudio sobre sistemas supuestamente idénticos, lo que imposibilita una caracterización sistemática para este tipo de suspensiones.

Teniendo en cuenta el interés aplicado del estudio de las propiedades termofísicas de nanofluidos, en este trabajo se presentan datos de conductividad térmica de diversas muestras de nanofluidos obtenidas a partir de la suspensión de nanopartículas de alúmina (Al_2O_3) en un fluido base (etilenglicol) en función de la temperatura y la concentración.

2. Materiales y Métodos

Para la preparación de las muestras de nanofluidos se utilizaron nanopartículas comerciales de alúmina provistas por Sigma-Aldrich ($D < 50$ nm), utilizando como fluido base etilenglicol marca Dorwil (98 %).

Las muestras se prepararon por pesada en una probeta de 25 ml, utilizando una balanza electrónica AND modelo HR-200, $\pm 0,0001$ g. Para la preparación de las muestras, primero se realizó un cálculo estimativo, calculando el volumen necesario de etilenglicol y la masa necesaria de nanopartículas para preparar las mezclas de concentraciones entre 5 y 15% de porcentaje en masa (% wt.). Luego, la composición exacta de las distintas mezclas se determinó pesando la masa de nanopartículas y midiendo el volumen con micropipetas de precisión. Todas las muestras de nanofluidos se prepararon por homogeneización ultrasónica utilizando un equipo Bandelin Sonopuls 2200 HD y una punta de Titanio MS 72.

La morfología y la distribución de tamaño de las nanopartículas utilizadas se analizó por microscopía de transmisión electrónica (TEM), observando material particulado fino, con aglomeraciones de material en algunas zonas y buena dispersión en otras. Mayoritariamente se hallaron partículas de morfología irregular y tamaños de 8-20 nm aproximadamente en las distintas regiones estudiadas. En la figura 1 se pueden apreciar dichas características.

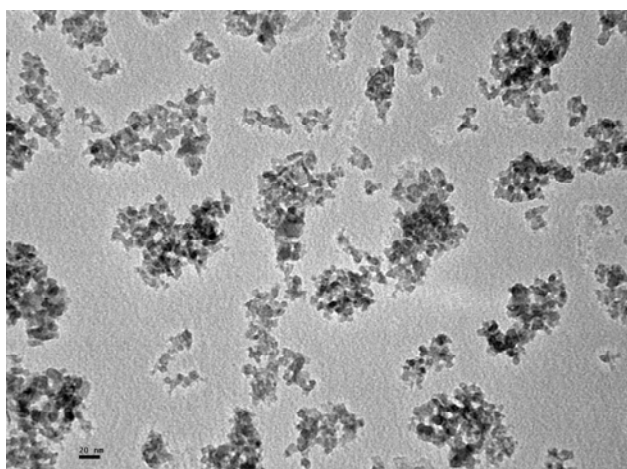


Figura 1. Imagen TEM de nanopartículas de Al_2O_3 en etilenglicol (microscopio JEOL - JSM 100).

Como segundo paso en la caracterización se estudió la estabilidad de los nanofluidos Al_2O_3 en etilenglicol (EG) mediante la técnica de espectrometría UV-Vis, utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo Lambda 25.

Una vez realizada la caracterización de las muestras, se realizó la medición de la conductividad térmica, utilizando un analizador de propiedades térmicas Decagon Devices KD2 Pro. Su principio de funcionamiento se basa en el método del hilo caliente, señalado por diversos autores [19, 20, 21, 22] como uno de los métodos más precisos para determinar la conductividad térmica de nanofluidos.

El calentamiento de la sonda sumergida en la muestra y el seguimiento simultáneo de su evolución con la temperatura permite calcular la conductividad térmica de fluido, de acuerdo con el modelo propuesto por Carslaw y Jaeger [23] La incertidumbre estimada para las mediciones de conductividad térmica fue menor al 3%.

3. Resultados y Discusión

Las nanopartículas exhiben propiedades ópticas muy importantes cuando interactúan con radiación electromagnética en la zona UV- Vis. Se trata de propiedades sensibles al tamaño, forma, concentración, estado de aglomeración de las mismas lo que hace que la espectrofotometría UV-Vis sea una herramienta valiosa para la identificación, caracterización

y estudio de estos materiales. La posición y ancho de banda de estos máximos de absorción están definidos por el tamaño, forma y composición de las nanopartículas y del material de su entorno cercano; de esta manera es posible estudiar el proceso de funcionalización de nanopartículas y los cambios que ocurren por variaciones en su entorno [24].

Se estudiaron muestras de Al_2O_3 de concentración 0,01 % wt. en etilenglicol a temperatura ambiente mediante un barrido de longitudes de onda desde 190 hasta 780 nm a una velocidad de barrido de 960 nm/min el cual se exhibe en la figura 2. Se puede observar un único valor máximo de absorbancia situado a 203 nm.

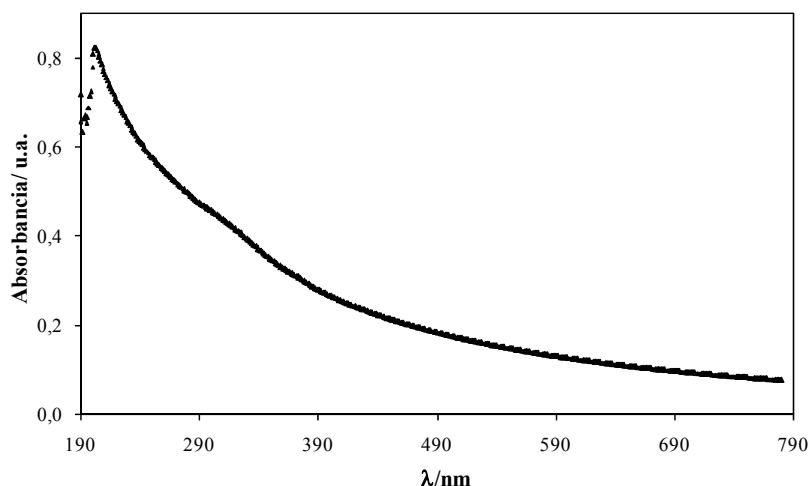


Figura 2. Espectro de absorción UV-Vis de nanofluidos $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{EG}$, 0,01% wt.

Una vez determinado el valor de longitud de onda en el cual la absorbancia es máxima, se procedió a realizar una medida de absorbancia en el tiempo con el fin de obtener información acerca de la estabilidad de la suspensión durante un lapso de tiempo de 21 horas. El resultado se muestra en la figura 3. En la misma, se puede observar que la suspensión de nanopartículas de Al_2O_3 0,01 % wt. en etilenglicol se mantiene estable en el tiempo, con una variación en los valores de absorbancia de alrededor del 7 %.

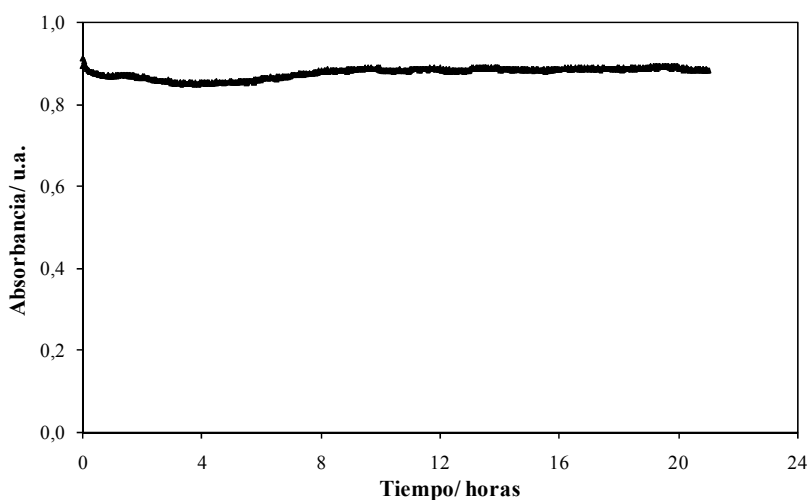


Figura 3. Barrido en el tiempo de nanofluidos $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{EG}$, 0,01% wt a 203 nm.

Se midió la conductividad térmica de muestras de nanofluidos Al_2O_3 /EG de concentración 5, 10 y 15 % wt. y a las temperaturas de 20, 25, 30, 40 y 50 °C. Los resultados experimentales se muestran en la tabla 1. La fracción en volumen se estimó utilizando la densidad del fluido base puro, etilenglicol, medida en el laboratorio (1,113113 a 20 °C) y la densidad del sólido (bulk, valor provisto por el fabricante, 3,96 g/cm³).

Tabla 1. Valores experimentales de conductividad térmica, κ_{nf} , de nanofluidos Al_2O_3 /EG en función de la fracción en volumen de Al_2O_3 , ϕ , a distintas temperaturas.

		20°C	25°C	30°C	40°C	50°C
% wt.	ϕ	$\kappa_{nf} / W.(m.K)^{-1}$				
0	0,0000	0,247	0,248	0,248	0,249	0,250
5	0,0146	0,257	0,256	0,257	0,257	0,258
10	0,0303	0,267	0,267	0,267	0,265	0,267
15	0,0473	0,275	0,275	0,275	0,274	0,276

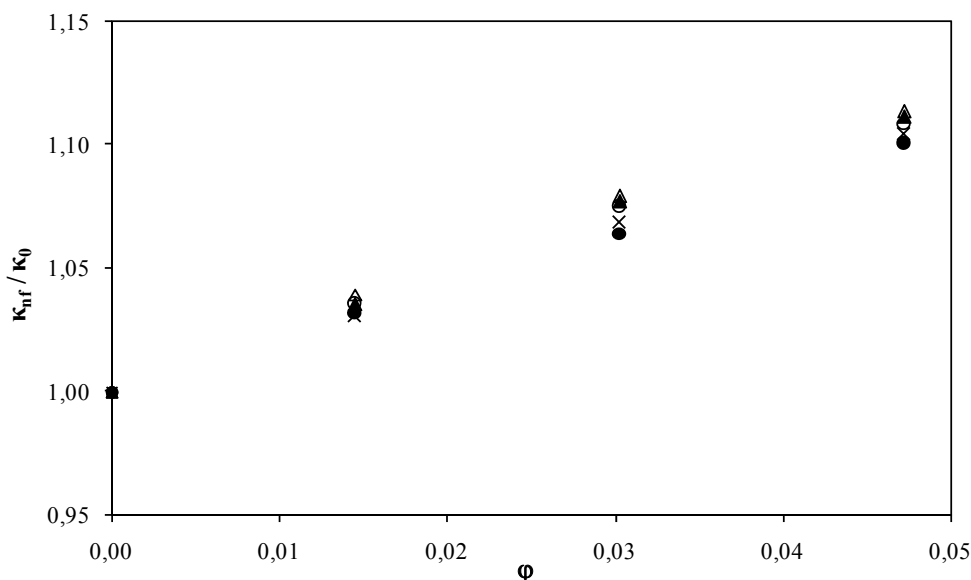


Figura 4. Incremento en la conductividad térmica (κ_{nf} / κ_0) a (\triangle) 20 °C, (\blacktriangle) 25 °C, (\circ) 30 °C, (\bullet) 40 °C y (\times) 50 °C

En la figura 4 se observa que la adición de nanopartículas de alúmina incrementa la conductividad térmica del nanofluido, en comparación con el fluido base, etilenglicol. El incremento promedio (κ_{nf} / κ_0 , donde el subíndice nf y 0 se refieren al nanofluido y al fluido base, respectivamente) alcanza valores de hasta un 11 % para las mayores concentraciones. El incremento de la conductividad térmica con la fracción en volumen es un poco más importante para las menores temperaturas.

En el rango de temperaturas entre 20 y 50 °C la conductividad térmica del nanofluido, κ_{nf} , varía ligeramente con la temperatura, como puede verse en la figura 5. Este comportamiento fue observado previamente por otros autores [25-29].

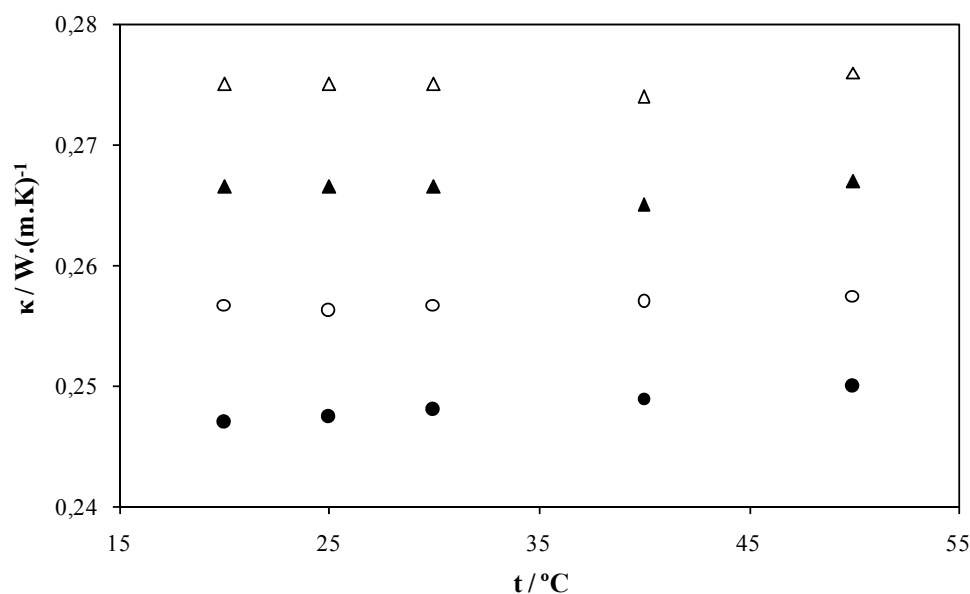


Figura 5. Valores experimentales de conductividad térmica, κ_{nf} , en función de la temperatura para distintas fracciones en volumen de nanofluidos Al_2O_3/EG . (●) $\phi = 0$, (○) $\phi = 0,0146$, (▲) $\phi = 0,0303$ y (△) $\phi = 0,0473$.

4. Conclusiones

Se midió experimentalmente la conductividad térmica de nanofluidos formados por óxido de aluminio en etilenglicol en función de la fracción en volumen y la temperatura.

Se comprobó la estabilidad de las muestras de nanofluidos Al_2O_3/EG por espectrofotometría UV-Vis.

Se determinó que la conductividad térmica se incrementa hasta en un 11% a la temperatura de 20 °C y 4,73 % de fracción volumétrica. No se evidenciaron cambios significativos en los valores de conductividad térmica con la temperatura, en el rango de temperaturas estudiado.

5. Referencias

- [1] MAXWELL J.C. (1892). *A treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford University Press London. 504p.
- [2] CHANDRA SEKHARA REDDY, M; VASUDEVA RAO, V. (2013). Experimental studies on thermal conductivity of blends of ethylene glycol-water-based TiO_2 nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, v.46, p.31-36.
- [3] BECK, M.P; SUN, T; TEJA, A. S. (2007) The thermal conductivity of alumina nanoparticles dispersed in ethylene glycol. *Fluid Phase Equilibria*, v.260, 275-278.
- [4] PHILIP, J; SHIMA, P.D. (2012). Thermal properties of nanofluids. *Advances in Colloid and Interface Science*, v.183/184, p.30-45.
- [5] KURT, H; KAYFECI, M. (2009). Prediction of thermal conductivity of ethylene glycol water solutions by using artificial neural networks. *Applied Energy*, v.86, p.2244-2248.
- [6] KULKARNI, D.P; VAJJHA, R.S; DAS, D.K; OLIVA, D. (2008). Application of aluminum oxide nanofluids in diesel electric generator as jacket water coolant. *Applied Thermal Engineering*, v.28, p.1774-1781.

- [7] PANTZALI, M.N; MOUZA, A.A; PARAS, S.V. (2009). Investigating the efficacy of nanofluids as coolants in plate heat exchangers (PHE). *Chemical Engineering Science*, v.64, p. 3290-3300.
- [8] SONAWANE, S; PATANKAR, K; FOGLA, A; PURANIK, B; BHANDARKAR, U; KUMAR, S.S. (2011). An experimental investigation of thermo-physical properties and heat transfer performance of Al₂O₃-Aviation Turbine Fuel nanofluids. *Applied Thermal Engineering*, v.31, p.2841-2849.
- [9] CHOI, S.U.S. (1995). *Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles. Development and Applications of Non-Newtonian Flows*, FED-V.231/MD, 66, ASME, New York, p.99-105.
- [10] DAS, S.K; CHOI, S.U.S; YU, W; PRADEEP, T. (2007). *Nanofluids: Science and Technology*, Wiley- Interscience. 416p.
- [11] WANG, X.Q; MUJUMDAR, A.S. (2007). Heat transfer characteristics of nanofluids: a review. *International Journal of Thermal Sciences*, v.46, p.1-19.
- [12] EL-BROLOSSY, T.A; SABER, O. (2013). Non-intrusive method for thermal properties measurement of nanofluids. *Experimental Thermal and Fluid Science*, v.44, p.498-503.
- [13] KHEDKAR, R.S; SONAWANE, S.S; WASEWAR, K.L. (2012). Influence of CuO nanoparticles in enhancing the thermal conductivity of water and monoethylene glycol based nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, v.39, p.665-669.
- [14] CHANDRASEKAR, M; SURESHB, S; SENTHILKUMAR, T. (2012). Mechanisms proposed through experimental investigations on thermophysical properties and forced convective heat transfer characteristics of various nanofluids – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.16, p.3917-3938.
- [15] PRASHER, R; EVANS, W; MEAKIN, P; FISH, J; PHELAN, P; KEBLINSKI, P. (2006). Effect of aggregation on thermal conduction in colloidal nanofluids. *Applied Physics Letters*, v.89, p.143119-1.
- [16] GARAGOZLOO, P.E; EATON, J.K; GOODSON, K.E. (2008). Diffusion, aggregation, and the thermal conductivity of nanofluids. *Applied Physics Letters*, v.93, p.103110-1.
- [17] LI, G.P; PETERSON, C.H. (2007). The effect of particle size on the effective thermal conductivity of Al₂O₃-water nanofluids. *Journal of Applied Physics*, v.101, p.044312-1.
- [18] HWANG, Y; LEE, J.K; JEONG, Y.M; CHEONG, S; AHN, Y.C; KIM, S.H. (2008). Production and dispersion stability of nanoparticles in nanofluids. *Powder Technology*, v.186, p.145-153.
- [19] TIMOFEEVA, E.V; ROUTBORT, J.L; SINGH, D. (2009). Particle agglomeration and properties of nanofluids. *Journal of Applied Physics*, v.106, p.014304.
- [20] MINTSA, H.A; ROY, G; NGUYEN, C.T; DOUCET, D. (2009). New temperature dependent thermal conductivity data for water-based nanofluids. *International Journal Thermal Science*, v.48, p.363-371.
- [21] WEN, D; DING, Y. (2004). Effective thermal conductivity of aqueous suspension of carbon nanotubes (carbon nanotube nanofluids). *Journal of Thermophysic Heat Transfer*, v.18, p.481-485.
- [22] NIETO DE CASTRO, C.A; LOURENÇO, M.J.V; RIBEIRO, A.P.C; LANGA, E; VIEIRA, S.I.C; GOODRICH, P; HARDACRE, C. (2010). Thermal properties of ionic

- liquids and ionanofluids of imidazolium and pyrrolidinium liquids. *Journal of Chemical and Engineering Data*, v.55, p.653-661.
- [23] CARSLAW, H.S; JAEGER, J.C. (1959). *Conduction of Heat in Solids*, Oxford University Press: London, p.25.
- [24] CASTILLO, J.A. (2010). *Espectroscopía óptica y fuerza de sistemas de nanopartículas*, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 356p.
- [25] YANG, B; HAN, Z.H. (2006). Temperature-dependent thermal conductivity of nanorod based nanofluids, *Applied Physics Letters*, v.89, p.083111.
- [26] DUANGTHONGSUK, W; WONGWISES, S. (2009). Measurement of temperature-dependent thermal conductivity and viscosity of TiO₂ –water nanofluids. *Exp. Therm. Fluid Sci.*, v.33, p.706-714.
- [27] SHIMA, D; PHILIP, J; SHIMA, B.R. (2010). Synthesis of aqueous and nonaqueous iron oxide nanofluids and study of temperature dependence on thermal conductivity and viscosity. *J. Phys. Chem.*, v.114, p.18825-18833.
- [28] TEJA, A.S.; BECK, M.P; YUAN, Y; WARRIER, P. (2010). The limiting behavior of the thermal conductivity of nanoparticles and nanofluids. *Journal of Applied Physics*, v.107, p.114319.
- [29] MARIANO, A; PASTORIZA-GALLEGO, M.J; LUGO, L; MUSSARI, L; PIÑEIRO, M.M. (2015). Co₃O₄ ethylene glycol-based nanofluids: Thermal conductivity, viscosity and high pressure density. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v.85, p.54-60.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE SISTEMA PARA APLICACIÓN DE LOS PROCESOS DE ZONA FLOTANTE Y RECOCIDO DIRECCIONAL EN ALEACIONES METÁLICAS A PARTIR DE UNA MÁQUINA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA PARA TEMPLE SUPERFICIAL

Juan Manuel Vallejos, Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR; Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería-UNNE, juanmanuelvallejos@yahoo.com.ar

Martín Eduardo Leonard, Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR, leonard@ifir-conicet.gov.ar

César Enrique Sobrero, Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR, sobrero@ifir-conicet.gov.ar

Paulo La Roca, Centro Atómico Bariloche – CNEA-CONICET, paulonobl@gmail.com

Ana Velia Druker, Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR; Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura-UNR, anadruker@yahoo.com.ar

Jorge Alberto Malarria, Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR, malarria@ifir-conicet.gov.ar

Resumen— El método de zona flotante es utilizado en la industria para desarrollar y purificar materiales monocristalinos. Este proceso consiste en fundir una pequeña región de un alambre y desplazarlo hacia una zona de enfriamiento rápido de manera que desarrolle una solidificación direccional. Cuando el material no alcanza a fundirse, el fuerte gradiente térmico que se desplaza sobre la pieza favorece el crecimiento preferencial de granos, texturando la aleación. De esta forma se obtiene una morfología de granos columnares adecuada para ciertas aplicaciones. A pesar de su amplia aplicación en la fabricación de materiales semiconductores y cerámicos funcionales, el desarrollo de estas técnicas en aleaciones metálicas aún se realiza en condiciones de laboratorio y a pequeña escala. En el presente trabajo, se adaptó una bobina de espiras planas a una máquina de inducción para tratamientos de temple superficial a fin de lograr un calentamiento localizado en aleaciones metálicas. Además, se desarrolló un dispositivo electromecánico que permite el avance controlado de un alambre dentro de la espira. Se presentan los detalles del sistema y algunos resultados de estudios metalográficos obtenidos a partir de la recrystalización y el crecimiento de granos en un alambre de acero comercial de bajo carbono.

Palabras clave— zona flotante; solidificación direccional; recocido direccional; crecimiento de granos; diseño electromecánico.

1. Introducción

Las microestructuras de granos columnares en aleaciones metálicas, alargados en la dirección del esfuerzo aplicado, pueden mejorar las propiedades de creep, aumentar la resistencia a la

fatiga y proporcionar comportamiento de frenado de grietas [1-3]. Estas estructuras son obtenidas mediante procesos de solidificación o recristalización direccional. El segundo método tiene como ventaja la posibilidad de utilizar el material procesado en estado sólido, al contrario de la solidificación direccional, en donde esta se produce progresivamente dentro de piezas fundidas.

La solidificación direccional consiste en fundir una pequeña región del material mediante un calentamiento localizado y luego someterla a un enfriamiento rápido a través del desplazamiento de la muestra hacia una zona de menor temperatura. Cuando el material no alcanza a fundirse, el fuerte gradiente térmico que se desplaza sobre la pieza favorece el crecimiento preferencial de granos. De esta forma se consigue una recristalización direccional de la microestructura.

Los primeros estudios de la técnica de Recocido Direccional (RD) estuvieron orientados a la mejora de superaleaciones de base hierro para aplicaciones especiales [4-10]. Para lograr microestructuras de granos columnares en este tipo de aleaciones, es necesario una matriz de granos pequeños y equiaxiales [4-5]. Por otra parte, Zhang et al. [11] han desarrollado microestructuras de granos alargados de 23 mm de largo y con una relación de aspecto (cociente entre el largo y el ancho del grano) de 60 en hierro puro comercial sin energía de deformación acumulada en la matriz ni textura previa.

La evolución microestructural en la técnica de RD depende fuertemente de las condiciones previas del material (tamaño de granos, tipo de bordes de grano, texturas) y de algunos parámetros del proceso (velocidad de avance, gradiente térmico, ancho de la bobina) [11-15]. Para que se forme y propague una microestructura de granos columnares es fundamental que la velocidad de desplazamiento de la muestra sea menor o igual que la velocidad del movimiento de los bordes de granos [12].

A pesar de que estos procesos han sido ampliamente aplicados en la fabricación de materiales semiconductores y cerámicos funcionales [16], el desarrollo de estos procesos en aleaciones metálicas de interés comercial (aceros de medio carbono, aceros inoxidable, latones, entre otros) aún no se ha estudiado en detalle. Por otra parte, resulta atractiva la aplicación de estas técnicas en aleaciones que presentan comportamiento pseudoelástico, debido a que el tamaño de grano y las texturas influyen fuertemente en las propiedades de memoria de forma [17].

En el presente trabajo, se desarrolló una bobina de espiras planas para ser utilizada en una máquina de inducción para tratamientos de temple superficial, a fin de lograr un calentamiento localizado en aleaciones metálicas. Además, se desarrolló un sistema electromecánico para el avance controlado de un alambre dentro de esta bobina. Esto permitirá aplicar las técnicas de crecimiento de granos columnares, tanto en aleaciones comerciales como en aleaciones con memoria de forma de base hierro y cobre. Se presentan los detalles del sistema desarrollado y algunos resultados de estudios metalográficos obtenidos a partir de la recristalización y el crecimiento de granos en un alambre de acero comercial de bajo carbono.

2. Materiales y Métodos

2.1 Características de la máquina de inducción

La máquina para calentamiento de piezas por inducción utilizada se encuentra ubicada en la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario. Se trata de un equipo de alta frecuencia, el cual posee una fuente de corriente que combina válvulas de vacío y convertidores de frecuencia electrónicos

de estado sólido (diodos y tiristores). Las características nominales de la máquina se resumen a continuación:

- Potencia: 3 kW
- Frecuencia de calentamiento: 300 kHz
- Frecuencia de línea: 50 Hz
- Tensión de ánodo: 3,5kV
- Tensión de línea: 380 V
- Corriente de ánodo: 1 A

2.2 Cálculo y diseño de la bobina plana

Una bobina plana fue específicamente diseñada para generar un calentamiento localizado en los alambres. Para obtener el mayor rendimiento en máquinas de calentamiento por inducción es necesario que la impedancia de trabajo sea igual a la impedancia del circuito oscilante interno [18]. Este concepto fue utilizado en el desarrollo de la bobina plana. Esta se diseñó para que su inductancia sea aproximadamente igual a la de la bobina original del equipo. El inductor de la máquina tiene las características geométricas mostradas en la Figura 1. Mediante la Fórmula 1 [19] se estimó el valor de su inductancia (ver Figura 1 para las referencias de los parámetros de la ecuación).

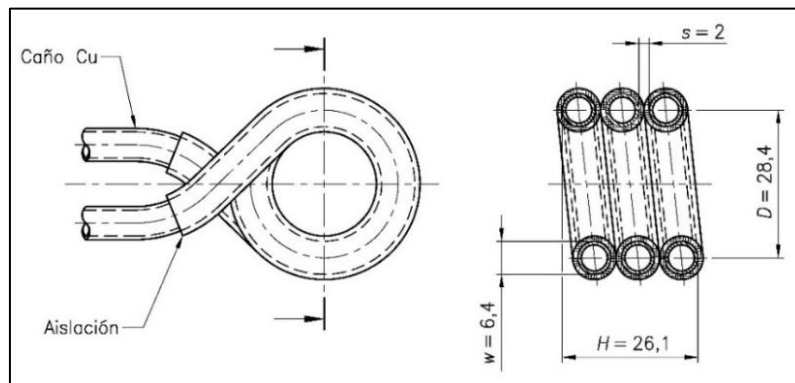


Figura 1. Dimensiones del inductor original de la máquina.

Fuente: elaboración propia

$$L = \frac{N^2 \times (D/2)^2}{9(D/2) + 10H} = 0,185 \mu\text{H} \quad (1)$$

N : número de espiras o vueltas del inductor

D : diámetro medio del inductor

El diseño empleado para la fabricación de la bobina para calentamiento localizado fue el del tipo espiralado plano o “panqueque”. En esta disposición, varias espiras son enrolladas en un mismo plano de manera tal de tener una zona de calentamiento equivalente a la de una sola

espira. Además, se redujo la sección de paso del inductor para disminuir la distancia entre la pieza y la espira. La bobina fue fabricada a partir de un caño de cobre comercial de 4,8mm (5/16”) de diámetro. Se adoptó 8mm como diámetro interno de la bobina, para que puedan ser calentados alambres de hasta 5mm aproximadamente, teniendo en cuenta que la aislación tiene un espesor de 1mm. Aplicando las Ecuaciones 2 y 3 [19] se obtuvieron los siguientes valores de inductancia para distintos números de espiras (ver Figura 2 para las referencias de los parámetros de las ecuaciones):

$$L = \frac{N^2 \times A^2}{30A - 11d} \quad (2)$$

$$A = \frac{d + N(w + s)}{2} \quad (3)$$

Tabla 1. Valores de inductancia de la bobina del tipo espiralada para distintos números de vueltas.

Número de espiras N	Inductancia de la bobina plana [μH]
2	0.103
3	0.257
4	0.508

Fuente: elaboración propia

De la Tabla 1 se puede observar que el número de vueltas para un valor de inductancia similar al original está entre 2 y 3. A pesar de que con un diseño con dos espiras se obtiene un valor más cercano, se decidió adoptar 3 vueltas para asegurar de que no haya problemas de sobrecalentamiento del inductor, ya que la sección del caño es menor y debido a ello se reduce el flujo de agua de refrigeración. Los planos y la bobina construida se muestran en la Figura 2.

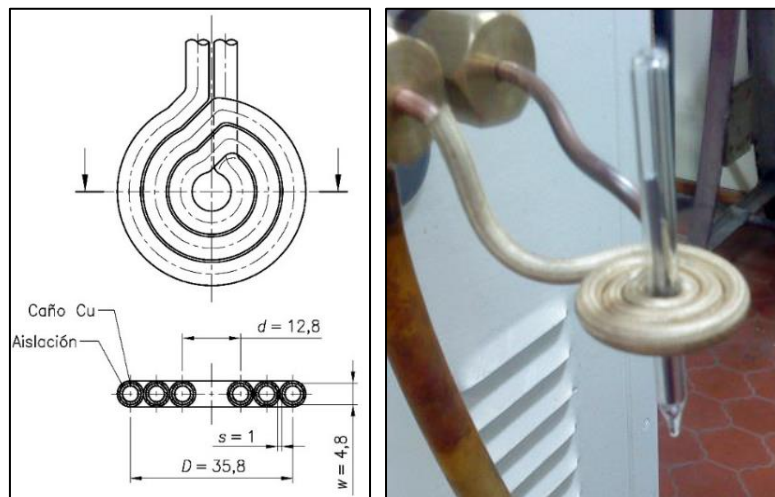


Figura 2. a) Dimensiones del inductor plano diseñado. b) Inductor plano acoplado a la máquina.

Fuente: elaboración propia

2.3 Desarrollo del sistema electromecánico para el avance controlado de un alambre dentro de la espira

Este dispositivo fue diseñado para trabajar en el rango de velocidades en el que se logra el crecimiento de granos columnares para hierro puro comercial [11]. El movimiento se obtiene a partir de un motor paso a paso de 48 pasos por vuelta controlado por una placa Arduino. Acoplado al motor, se dispuso un tren de engranajes de tres etapas de reducción (1:5, 1:5 y 1:8.33) con una reducción total de 1:208.33. Una varilla roscada de 9.52mm (3/8") fue acoplada al eje de salida para obtener el movimiento lineal del alambre. Esto se logra mediante un bastidor con una tuerca fijada en el medio de ella, que se desplaza por el empuje de la varilla. A fin de mantener la verticalidad del movimiento, se insertaron dos rodamientos lineales en los extremos del bastidor que se mueven sobre guías paralelas a la varilla roscada. El detalle del mecanismo construido se observa en la Figura 3. Este sistema permite trabajar en un rango de velocidades de 5 a 80 $\mu\text{m/s}$.

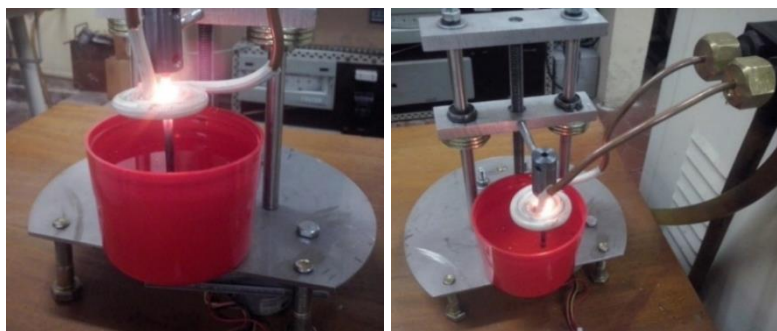


Figura 3. Proceso de RD de un alambre trefilado en frío de 4mm en el sistema desarrollado.
Fuente: elaboración propia

2.4 Materiales y métodos de ensayos

El montaje experimental en el inicio del ensayo de RD se muestra en la Figura 4. Se pueden identificar tres zonas distintas en el alambre al inicio del experimento:

1. Zona con microestructura original (ZO): zona sumergida en el agua al iniciar el experimento; se considera que mantiene su microestructura original.
2. Zona intermedia (ZI): zona situada entre la superficie del agua y justo por debajo de la bobina, cuya temperatura al inicio del ensayo es menor que la zona calentada dentro de la bobina.
3. Zona caliente (ZC): aquella que empieza el experimento dentro o sobre la espira y completa el ensayo en el agua de enfriamiento.

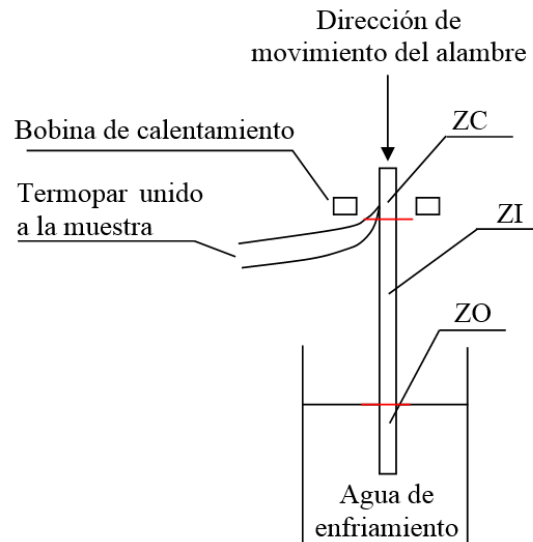


Figura 4. Montaje experimental en el inicio del ensayo de RD.
Fuente: elaboración propia

Se utilizó la bobina de calentamiento y el sistema de avance automático, ambos explicados en los apartados anteriores, y una cuba con agua a temperatura ambiente para desarrollar un gradiente térmico controlado en los alambres. La distancia entre la superficie del agua y la bobina de inducción fue ajustada para que este gradiente fuera de aproximadamente 200°C/cm en todas las muestras ensayadas.

Se recocieron direccionalmente tres tipos de alambres (barra de acero SAE 1005 trefilado en frío de 4mm de diámetro y alambres comerciales de bajo carbono de 2 y 1.4mm de diámetro) en las condiciones detalladas a continuación:

- Barra de acero SAE 1005 comercial trefilada en frío de 4mm de diámetro. Temperatura de la Zona Caliente (TZC): 1360°C. Velocidad de arrastre: 140µm/seg.
- Barra de acero SAE 1005 comercial trefilada en frío de 4mm de diámetro. TZC: 1360°C. Velocidad de arrastre: 25µm/seg.
- Alambre comercial de acero de bajo carbono de 2mm de diámetro. TZC: 880°C. Velocidad de arrastre: 15µm/seg.
- Alambre comercial de acero de bajo carbono de 2mm de diámetro. TZC: 880°C. Velocidad de arrastre: 9.5µm/seg.
- Alambre comercial de acero de bajo carbono de 1.4mm de diámetro. TZC: 750°C. Velocidad de arrastre: 9.5µm/seg.

Se pueden observar algunos videos de tratamientos térmicos de RD utilizando el sistema desarrollado en los siguientes enlaces web:

- <https://www.youtube.com/watch?v=NoMSy6Js5l8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=K7YZ2mz5Vts>

Los ensayos llevados a cabo a velocidades de 140µm/seg fueron realizados con una configuración del sistema previa a la versión final. En esta configuración, el dispositivo de avance controlado constaba solamente de dos etapas de reducción de velocidad.

Se midió la temperatura de las muestras mediante termocuplas tipo K soldadas a ellas. De esta forma, se trazó la curva de la TZC en función a los distintos diámetros de alambre. Esta reducción del tamaño de los alambres fue necesaria para cambiar la temperatura de las muestras ensayadas debido a que la máquina de inducción aún no cuenta con un dispositivo de regulación de potencia.

A fin de observar las microestructuras desarrolladas en el proceso de trefilado se le realizaron estudios metalográficos a los alambres procesados. Las muestras fueron pulidas mecánicamente y atacadas con una solución de 7% de ácido nítrico y 93% de alcohol etílico. Las imágenes fueron obtenidas con un microscopio óptico PME3 Inverted Metallurgical Olympus.

3. Resultados y Discusión

En la Figura 5 se muestra la relación entre la TZC y el diámetro del alambre. De la curva se observa que a medida que disminuye el diámetro del alambre, la TZC decrece rápidamente como consecuencia de la mayor distancia entre ésta y las espiras del inductor. Esto produce que aumente la dispersión del campo magnético generado por la bobina y las pérdidas de potencia de calentamiento.

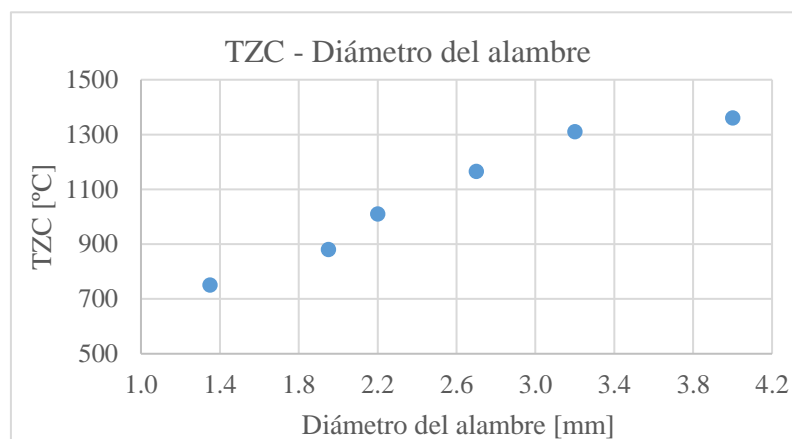


Figura 5. TZC en función del diámetro del alambre.
Fuente: elaboración propia

El gradiente de temperatura de un alambre de 1.4mm, con una distancia fija de 50mm entre el plano de la bobina y el agua de enfriamiento, se muestra en la Figura 6. Puede observarse que existe una primera zona cercana a la bobina de aproximadamente 10mm de largo en donde la temperatura permanece casi constante en la pieza, disminuyendo apenas 2.2°C/mm. Este alargamiento artificial del ancho de la bobina, producto del ensanchamiento de la ZC, favorece el crecimiento de granos durante el recocido direccional [12]. En las zonas de la pieza que se encuentran más alejadas de la bobina el gradiente de temperatura permanece casi constante, con un valor promedio de 16.4°C/mm.

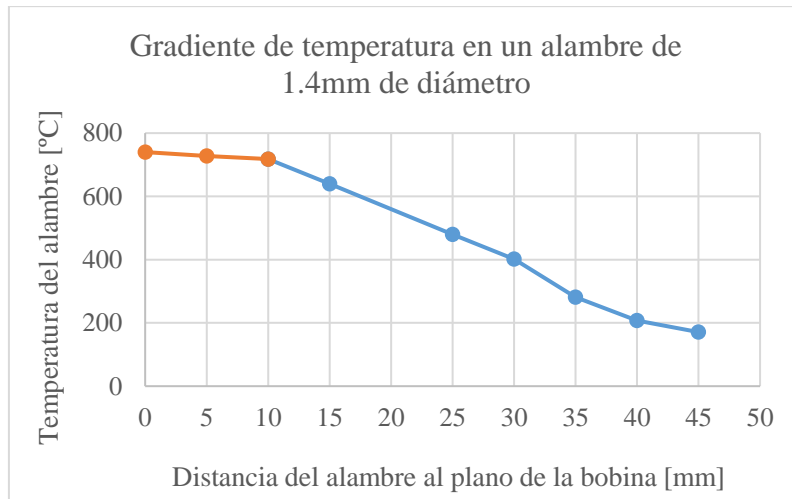


Figura 6. Gradiente de temperatura en un alambre de 1.4mm de diámetro.
Fuente: elaboración propia

Los estudios metalográficos realizados en alambres trefilados en frío de acero SAE 1005 de 4mm de diámetro y recocidos direccionalmente en el sistema desarrollado se muestran en las Figuras 7 y 8. En la Figura 7 se puede observar la microestructura original del alambre (Figura 7a), comparada con la de las zonas del alambre recocidas direccionalmente (Figura 7b). En ambos casos se observan granos chicos de ferrita con algunos granos de perlita. Sin embargo la microestructura original presenta granos aproximadamente equiaxiales, mientras que la microestructura desarrollada en el proceso de recocido muestra un alargamiento de los granos en la dirección del movimiento con una relación de aspecto de aproximadamente 3. Por otra parte, en la Figura 8 la microestructura del alambre se desarrolla de forma similar al caso anterior. Sin embargo, se observa una zona intermedia de granos muy pequeños entre la ZO y la de granos alargados (Figura 8b). El desarrollo de las microestructuras de granos alargados de baja relación de aspecto y tamaños pequeños mostradas en las Figuras 7 y 8 puede deberse a que la velocidad de movimiento de la ZC es mayor que la velocidad de movimiento de los bordes de grano del material [11,12]. Esto impide que se forme un frente de crecimiento de granos alargados en la dirección del movimiento. Además, la temperatura de la ZC del ensayo (1360°C) produce que el acero de bajo carbono se encuentre completamente en fase austenita (γ) en las zonas más cercanas a la bobina. Zheng et al. [15] demostraron que esta transformación de fase $\gamma \rightarrow \alpha$ inhibe el crecimiento direccional de granos.

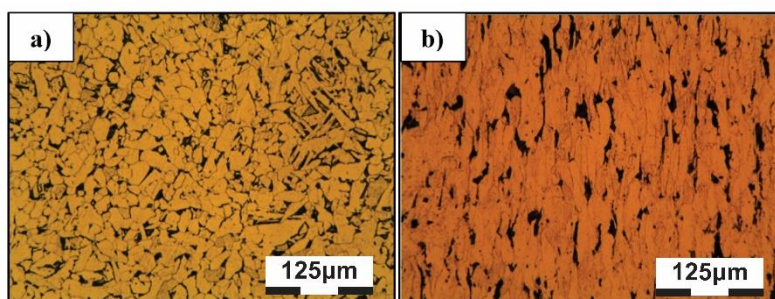


Figura 7. Microestructura desarrollada en el proceso de RD. Diámetro del alambre: 4mm; TZC: 1360°C; velocidad de arrastre: 140µm/seg. a) ZO; b) ZC.

Fuente: elaboración propia

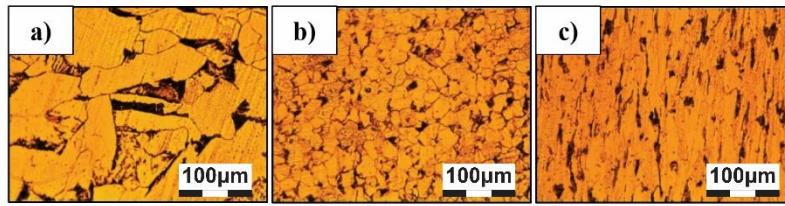


Figura 8. Microestructura desarrollada en el proceso de RD. Diámetro del alambre: 4mm; TZC: 1360°C; velocidad de arrastre: 25μm/seg. a) ZO; b) ZI; c) ZC.

Fuente: elaboración propia

Los estudios metalográficos realizados en alambres comerciales de acero de bajo carbono de 2mm de diámetro y recocidos direccionalmente se muestran en las Figuras 9 y 10, respectivamente. En la Figura 9 se observa el desarrollo microestructural de la muestra recocida a 15μm/seg. El alambre presenta una microestructura original monofásica de granos equiaxiales de ferrita (Figura 9a). La ZI muestra una microestructura de pequeños granos equiaxiales en el centro y granos equiaxiales de mayor tamaño en los extremos, aproximadamente cinco veces más grandes que los de la estructura original (Figura 9b). En cambio la zona que ha completado el proceso de recocido (ZC) presenta granos similares a los de la estructura original en el centro de la muestra y granos muy grandes en los extremos muy poco estirados en la dirección del movimiento del alambre (Figura 9c). En la muestra recocida a 9.5μm/seg (Figura 10) se observó un desarrollo microestructural similar al anterior, con la diferencia que los granos que han completado el proceso de RD presentan un crecimiento anormalmente grande y columnar en la dirección del movimiento del alambre. Este crecimiento de granos columnares logrado a la velocidad de 9.5μm/seg se corresponde con los resultados obtenidos por Zheng et al. [11], quienes determinaron que estas microestructuras se obtienen con velocidades menores a 15μm/seg para hierro puro. Por otra parte, la formación de una estructura de cristales grandes cerca de la superficie exterior del alambre y de cristales pequeños en el interior pudo haber sido inducido por el efecto pelicular (skin effect), característico de los tratamientos térmicos de inducción a alta frecuencia [18].

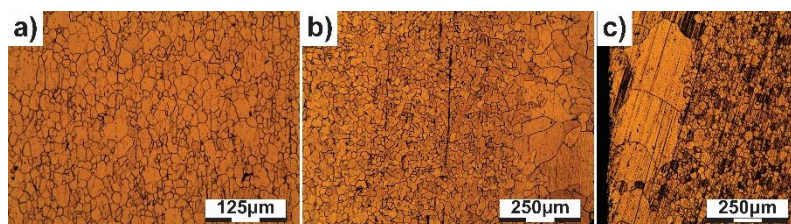


Figura 9. Microestructura desarrollada en el proceso de RD. Diámetro del alambre: 2mm; TZC: 880°C; velocidad de arrastre: 15μm/seg. a) ZO; b) ZI; c) ZC.

Fuente: elaboración propia

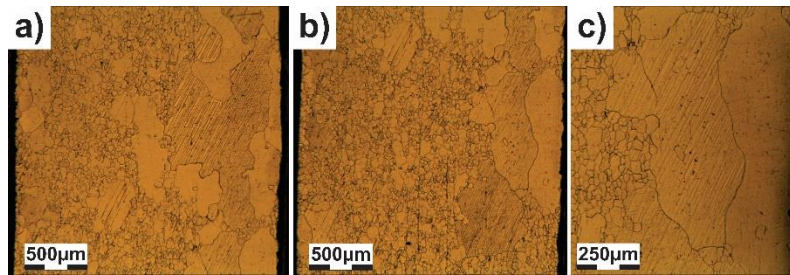


Figura 10. Microestructura desarrollada en el proceso de RD. Diámetro del alambre: 2mm; TZC: 880°C; velocidad de arrastre: 9.5µm/seg. a) ZI; b) y c) ZC.

Fuente: elaboración propia

En la Figura 11 se muestra una imagen metalográfica de un acero de bajo carbono de 1.4mm de diámetro recocido direccionalmente a 9.5µm/seg. En esta muestra se observó una microestructura del tipo bamboo con granos de crecimiento anormal, los cuales abarcan todo el espesor del alambre. Por otra parte, en medio de estos granos grandes se encontraron granos aislados muy pequeños, como se observa en la Figura 12. Zheng et al. [11,13,14] determinaron que estas pequeñas islas de cristales dentro de la estructura columnar se deben al bajo movimiento de borde de grano que presentan los bordes de bajo ángulo o del tipo borde de macla.

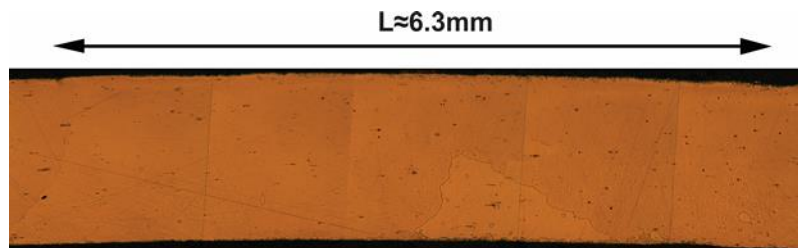


Figura 11. Microestructura de tipo bamboo desarrollada en el proceso de RD. Diámetro del alambre: 1.4mm; TZC: 750°C; velocidad de arrastre: 9.5µm/seg.

Fuente: elaboración propia

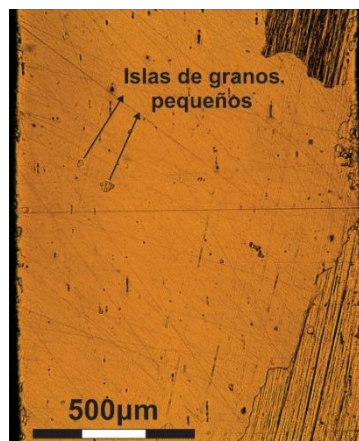


Figura 12. Islas de granos pequeños dentro de la microestructura tipo bamboo. Diámetro del alambre: 1.4mm; TZC: 750°C; velocidad de arrastre: 9.5µm/seg.

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se presentó el desarrollo de un sistema para aplicar los procesos de zona flotante y recocido direccional en aleaciones metálicas. El sistema presenta las siguientes características:

- Potencia de la máquina de inducción: 3kW
- Frecuencia de calentamiento: 300kHz
- Rango de velocidades de avance: 5-80 μ m/s
- Ancho de zona caliente: 4,8mm.
- Diámetro interior de la bobina plana: 8mm

Se han llevado a cabo ensayos de RD en aceros de bajo carbono en diferentes condiciones. Se logró el crecimiento de microestructuras columnares en alambres de aceros de bajo carbono de 2mm de diámetro con matriz sin deformación moviéndose a 9.5 μ m/seg. Los granos de mayor tamaño desarrollaron longitudes de 1.5mm de largo con una relación de aspecto de 5. Además, se desarrollaron estructuras de tipo bamboo en aceros de bajo carbono de 1.4mm de diámetro con matriz sin deformación moviéndose a 9.5 μ m/seg. Los granos de mayor tamaño alcanzaron longitudes de 6.3mm.

En el futuro, se buscará regular la potencia de la máquina para tener un mayor control de la TZC de las muestras acoplando un variac trifásico en la entrada del transformador de la máquina de inducción. Además, se pretende adquirir un sistema de medición de temperatura por infrarrojos a fin de optimizar el proceso.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al personal de apoyo del Instituto de Física de Rosario, Hernán Rindizbacher, Daniel Castellani, Jeremías Castellani, Guido Baranello, Emiliano Bolner, Federico Mateo, Marcos Calova y Pablo Díaz por su colaboración en este trabajo.

5. Referencias

- [1] CAIRNS, R.L; CURWICK, R.L; BENJAMIN, J.S. (1975). Grain growth in dispersion strengthened superalloys by moving zone heat treatments. *Metallurgical and Materials Transactions A*, v.6, n.1, p.179-188.
- [2] GODFREY, A.W; MARTIN, J.W. (1997). The effect of directional recrystallization on the low cycle fatigue response of a powder metallurgy nickel-based superalloy at elevated temperatures. *Materials Science and Engineering: A*, v.222, n.2, p.91-100.
- [3] TEKIN, A; MUJAHID, M; MARTIN, J.W; SHAW, S.W.K.; MCCOLVIN, G.M; ELLIOTT L.C. (1992). The effect of process variables on the structure and properties of ODS, γ' - hardened nickel-base superalloys. In: ANTOLOVICH, S.D. (Ed.). *Superalloys*. Warrendale: The Minerals, Metals and Materials Society. p.457.
- [4] MARSH, J.M; MARTIN, J.W. (1991). Micromechanisms of texture development during zone annealing of MA 6000 extrusions. *Materials Science and Technology*, v.7, n.2, p.183-188.
- [5] HUMPHREYS, A.O; SHAW, S.W.K; MARTIN, J.W. (1995). Effect of process variables on the structure of directionally recrystallized MA-6000. *Materials Characterization*, v.34, n.1, p.9-13.

- [6] GREAVES, M.S; BATE, P.S; ROBERTS, W.T.; SHAW, S.W.K. (1996). Directional recrystallisation in nickel based high temperature alloy. *Materials Science and Technology*, v.12, n.9, p.730-734.
- [7] CHOU, T.S; BADHESHIA, H.K.D.H. (1994). Recrystallization temperatures in mechanically alloyed oxide-dispersion-strengthened MA956 and MA957 steels. *Materials Science and Engineering: A*, v.189, n.1-2, p.229-233.
- [8] BADHESHIA, H.K.D.H. (1997). Recrystallisation of practical mechanically alloyed iron-base and nickel-base superalloys. *Material Science and Engineering: A*, v.223, n.1-2, p.64-77.
- [9] HIRANO, T; MAWARI T; DEMURA, M.; ISODA, Y. (1997). Effect of directional growth-rate on the mechanical properties of Ni3Al. *Material Science and Engineering: A*, v.239-240, p.324-329.
- [10] TSUJIMOTO, T; MATSUI T; SUZUKI, T.; TOMOTA, Y; SHIBUE, K; FURUYAMA, T. (2001). Evolution of high aspect ratio grains in a TiAl-based alloy by directional grain growth. *Intermetallics*, v.9, n.2, p.97-106.
- [11] ZHANG, Z.W; CHEN G; CHEN, G.L. (2007). Dynamics and mechanism of columnar grain growth of pure iron under directional annealing. *Acta Materialia*, v.55, n.17, p.5988-5998.
- [12] BADMOS, A.Y; FROST H.J; BAKER, I. (2002). Microstructural evolution during directional annealing. *Acta Materialia*, v.50, n.13, p.3347-3359.
- [13] ZHANG, Z.W; CHEN G; CHEN, G.L. (2006). Microstructural evolution of commercial pure iron during directional annealing. *Materials Science and Engineering: A*, v.422, n.1-2, p.241-251.
- [14] ZHANG, Z.W; CHEN G; CHEN, G.L. (2006). The effect of crystallographic texture on columnar grain growth in commercial pure iron during directional annealing. *Materials Science and Engineering: A*, v.435-436, p.573-578.
- [15] ZHANG, Z.W; CHEN G; CHEN, G.L. (2006). The effect of drawing velocity and phase transformation on the structure of directionally annealed iron. *Materials Science and Engineering: A*, v.434, n.1-2, p.58-62.
- [16] MÜHLBAUER, A. (2006). Innovative Induction Melting Technologies: A Historical Review. In: LABORATORY FOR MATHEMATICAL MODELLING OF ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES (Ed.). *4th International Scientific Colloquium: Modelling for Material Processing*, Riga, p.13-20.
- [17] SOBRERO, C.E; LA ROCA, P; ROATTA, A; BOLMARO, R.E; MALARRÍA, J.A. (2012). Shape memory properties of highly textured Cu–Al–Ni–(Ti) alloys. *Material Science and Engineering: A*, v.536, p.207-215.
- [18] HASSELL, P.A; ROSS, N.V. (2011). Induction heat treating of steel. In: DAVIS, J.R. (Ed.) *ASM Handbook Volume 4: Heat Treating of Steel*. Youngstown: ASM International, p.164-206.
- [19] Tesla Coil Design, Theory and Construction. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de http://deepfriedneon.com/tesla_frame0.html.

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL DESPEGADO DE UNA VIGA EN DOBLE VOLADIZO UTILIZANDO UNA LEY COHESIVA

Claudia Alejandra Morel 1, Departamento de Mecánica Aplicada, Universidad Nacional del Nordeste, cmorel@ing.unne.edu.ar

Héctor Darío Cóceres 2, Departamento de Mecánica Aplicada, Universidad Nacional del Nordeste, hcoceres@ing.unne.edu.ar

Ricardo José Barrios D'Ambra 3, Departamento de Mecánica Aplicada, Universidad Nacional del Nordeste, rbarrios@ing.unne.edu.ar

Resumen— Las leyes cohesivas describen las actividades en una zona cohesiva en términos de la fuerza y la separación de las superficies que se forman durante la fractura. Permiten modelar el proceso de fractura cuando actúan sólo desplazamientos normal (modo I), sólo desplazamientos tangenciales (modo II), o también en modos normal y tangencial combinados.

El ensayo de viga en doble voladizo (en inglés Double Cantilever Beam, DCB) es frecuentemente utilizado para investigar y/o determinar la resistencia al despegado de juntas adhesivas.

En este trabajo se utiliza el Método de los Elementos Discretos para efectuar una simulación numérica en tres dimensiones de un ensayo en el que se puede observar el proceso de despegado de una viga en doble voladizo.

Se incluyen las ecuaciones constitutivas del modelo de ley cohesiva acoplada utilizada. Una relación constitutiva acoplada supone que tanto las tensiones normales como las tangenciales dependen de las deformaciones normales y tangenciales.

Para el caso de una viga simétrica, con dos partes idénticas, la capa adhesiva se deforma en puro modo I. Sin embargo, el modo combinado de tensiones normales y tangenciales se puede implementar introduciendo algún desequilibrio en el modelo, por ejemplo, usando diferentes materiales y/o diferentes espesores. Se demuestran las bondades del método para simular procesos de fractura.

Palabras clave— *Mecánica de fractura, Método de los elementos discretos, Ley cohesiva.*

1. Introducción

El proceso de despegado entre dos materiales unidos por un adherente puede ser estudiado utilizando leyes cohesivas. Las leyes cohesivas pertenecen a un grupo de modelos, llamados fenomenológicos, que no dependen de un mecanismo de falla específico. Emplean un modelo material, el cual es representado por una ley de tracción-separación que describe la pérdida de capacidad de carga del material en función de la separación, independientemente de los

detalles físicos del daño que ocurra realmente en el material. La relación entre las tensiones y las deformaciones puede adoptar diversas funciones matemáticas.

Unas de leyes más frecuentemente utilizada es la desarrollada por Tvergaard y Hutchinson [1]. Este modelo utiliza un parámetro adimensional $\lambda = [(\Delta n/\Delta n_c)^2 + (\Delta t/\Delta t_c)^2]^{1/2}$, para acoplar los modos normal y tangencial. Donde Δn y Δt , son la separación normal y tangencial respectivamente. La tracción incrementa con λ hasta una meseta y luego decrece linealmente hasta la fractura, ver Figura 1. Una desventaja de este modelo es que la energía de fractura es la misma en todos los modos. Usualmente se complementa con modelos constitutivos para el continuo circundante [2, 3, 4].

Högberg [5] propone en su trabajo una modificación al modelo de Tvergaard y Hutchinson [1] para poder capturar las diferencia en la energía de fractura y resistencia para diferentes combinaciones modales.

Experimentalmente, Sørensen et al. [6, 7, 8] utilizan un ensayo de una viga doble en voladizo (DCB, por sus siglas en inglés, double cantilever beam) cargada con momentos diferenciados para cada viga para investigar las juntas adhesivas bajo cargas combinadas. La zona del proceso de falla se considera que se encuentra sometida a un proceso denominado large scale bridging (LSB).

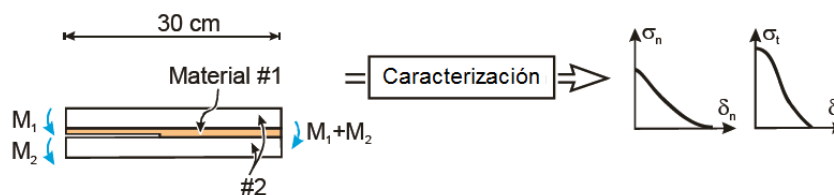


Figura 1: el estudio de la fisuración en modo mixto del adhesivo entre laminas de fibras de vidrio. Las muestras de DCB se cargan con momentos distintos y se usan para la medición de las leyes cohesivas en Modo I y II. [9]

Se utiliza una relación constitutiva que supone que tanto las tensiones normales como las tangenciales dependen de las deformaciones normal y tangencial de la capa adhesiva. El comportamiento en fractura de una capa adhesiva es dependiente de la combinación modal.

El propósito del presente trabajo es utilizar una ley cohesiva para simular el comportamiento de una capa adhesiva sometida a cargas en modo combinado, que sea capaz de capturar las diferencias de resistencia bajo diferentes modos de carga. El modelo usa una formulación acoplada para describir el proceso.

2. Materiales y Métodos

Para evaluar el comportamiento de las capas adhesivas, se utilizan diversos ensayos. Anderson y Stigh, [10], utilizaron experimentos en modo I (normal), que consisten en un espécimen de DCB, en la cual dos adherentes de acero se unen con una capa fina de adhesivo DOW Betamate XW1044-3. Los ensayos en modo II (corte), se llevan a cabo de forma similar con un ensayo denominado end-notch flexure specimen (ENF) [11]. La relación constitutiva de la capa adhesiva se evalúa luego utilizando un método basado en la integral J.

La representación gráfica del comportamiento constitutivo posee dos fases: un incremento de la tensión hasta un valor máximo y luego un descenso hasta cero. La primera parte describe el comportamiento elástico del adhesivo. Al llegar al valor máximo se produce la degradación del material. Este valor pico, o resistencia, se utiliza como criterio de diseño estructural. La tasa de liberación de energía (TLE) se define como el área debajo de la curva tensión deformación. La energía de fractura se usa frecuentemente como un criterio de diseño relacionado con la falla.

El parámetro de daño λ , es el descrito por Tvergaard [1]. Las deformaciones en modo I y modo II son acopladas a través de esta ecuación:

$$\lambda = \sqrt{\delta n^2 + \delta t^2} \quad (1)$$

Donde

$$\delta n = \frac{\Delta n}{\Delta n_c}, \quad \delta t = \frac{\Delta t}{\Delta t_c} \quad (2)$$

Siendo Δn la deformación normal y Δn_c la separación crítica normal. A su vez Δt es la separación tangencial y Δt_c la separación crítica tangencial. Las tracciones también son normalizadas con la resistencia en sus respectivos modos:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma_c}, \quad \bar{\tau} = \frac{\tau}{\tau_c} \quad (3)$$

De esta manera todas las deformaciones y tensiones adimensionales varían en el rango de [0,1].

El comportamiento plástico de la capa adhesiva comienza cuando $\lambda = \lambda_p$, el cual está dado por:

$$\lambda_p^2 = \frac{\bar{\delta n}_p^2 \bar{\delta t}_p^2}{\bar{\delta n}_p^2 \sin^2 \theta + \bar{\delta t}_p^2 \cos^2 \theta} \quad (4)$$

Donde $\bar{\delta t}_p = \Delta t_p / \Delta t_c$ y $\bar{\delta n}_p = \Delta n_p / \Delta n_c$ son las separaciones normalizadas plásticas en modo I y modo II. Las gráficas teóricas de la ley cohesiva, para la tracción normal en modo puro I y para la tracción tangencial en modo puro II en función de la separación normal y tangencial se muestran en la Fig. 2. Una curva sólida y otra de puntos corresponden a una falla cohesiva por corte friccional ($\mu > 0$) y para un contacto no friccional ($\mu = 0$) respectivamente.

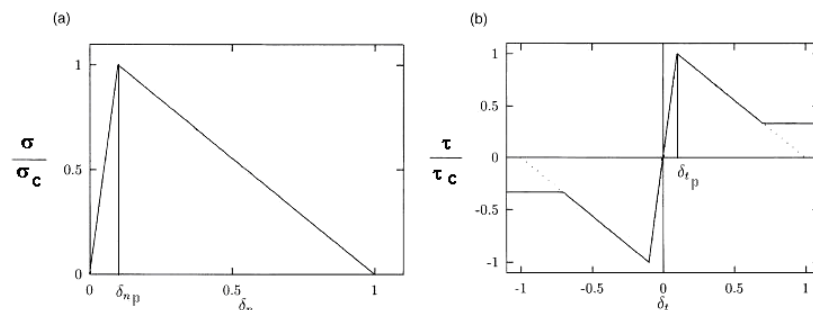


Figura 2: Ley cohesiva teórica. a) Tracción normal b) Tracción tangencial

La modalidad combinada (i.e.: grado de combinación de tracciones normales y tangenciales), θ , es definida por la razón de las deformaciones adimensionales normal y tangencial dadas por la ecuación:

$$\tan \theta = \frac{\delta n^2}{\delta t^2} \quad (5)$$

El modo puro normal es equivalente a $q = p/2$, y modo puro II (corte) es $q = 0$.

Un sumario completo de las ecuaciones puede verse en el trabajo de Högborg [5].

Para tener en cuenta el deslizamiento friccional, se acopla al modelo propuesto, la siguiente condición: cuando el valor de $\bar{\tau} < \mu \cdot \sigma$ entonces, $\bar{\tau}$ deja de actuar y da a lugar a las fuerzas de fricción, cuyo valor viene dado por $\mu \cdot \sigma$, donde recordamos μ es el coeficiente de fricción y σ , es el valor del esfuerzo normal. Este comportamiento obedece al modelo friccional de Coulomb.

En cuanto a la aplicación numérica, la técnica utilizada para modelar la capa adhesiva es considerar esta capa como una *interface*, entre dos cuerpos unidos. En este caso la ley cohesiva considera solo la energía de fractura intrínseca debido a la separación. De esta forma el efecto debido al espesor de la capa es ignorado.

2.1 Modelo utilizado

Se utilizó el MED [12] para modelar el ensayo de viga doble en voladizo (DCB) para medir la resistencia a la adhesión. Las dimensiones utilizadas son aproximadas a las dadas por la normativa ASTM D3807 [13], que establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia al despegado de adhesivos. Un esquema puede verse en la Fig. 3, junto con sus dimensiones. La fuerza P aplicada en los extremos de las vigas se encuentra a una distancia de 2,54 cm desde el borde. El desplazamiento Δ , es la distancia de separación entre las vigas, a la misma distancia de aplicación de la carga P .

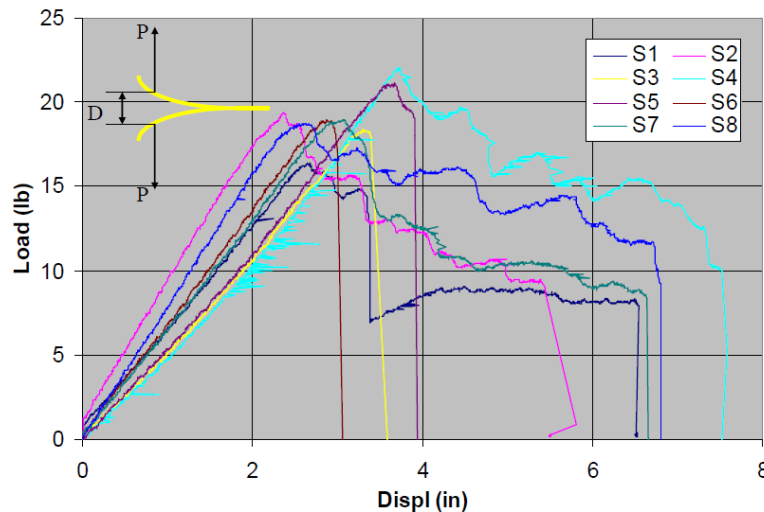


Figura 3: Curvas típicas de ensayo según ASTM D3807 [13] para distintos adhesivos [14]

La viga doble en voladizo (DCB) simétrica es muy utilizada en diversos ensayos (ej. ASTM D3807 [13]). Consiste en dos vigas idénticas unidas por un adhesivo. Para esta configuración, la capa adhesiva se deforma en modo puro I (normal). Se puede lograr una combinación de modos (tangencial y normal) introduciendo un desequilibrio en el modelo, por ejemplo, permitiendo que sean de materiales diferentes o dándoles diferentes espesores. Una DCB asimétrica, tiene vigas del mismo material pero con espesores diferentes.

En estas simulaciones numéricas, en la DCB se ha mantenido constante el espesor de la viga superior, $T_1 = 5$ mm. El espesor de la viga inferior, T_2 , varía de 5 mm a 10 mm para lograr diferentes combinaciones de modo. Cuando ambas vigas son iguales en espesor, se deforma en modo normal I puro.

Las simulaciones se efectúan sobre dos modelos numéricos, usando desplazamientos prescritos en los puntos de carga. Para el modelo A, se adoptaron dos vigas de igual espesor. Para el modelo B, la viga inferior posee el doble del espesor que la viga superior. El mallado para los dos modelos, junto a la deformada en un instante del proceso de simulación, se expone en la Fig. 4. Dicha gráfica se ha efectuado utilizando el software ANSYS como post-procesador.

El material componente de las vigas para la simulación es Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio (GFRP, de sus siglas en inglés Glass Fiber Reinforced Polymer) tiene las siguientes propiedades: Modulo de Elasticidad: 2.0 E9 N/m^2 , Densidad: 1400 Kg/m^3 . Las características del adhesivo adoptado, corresponden al material epoxi DOW Betamate XW1044-3.

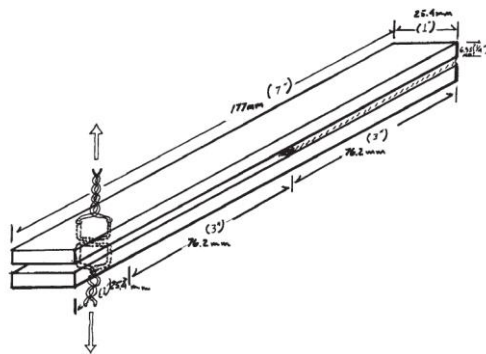


Figura 4: Esquema del modelo ensayado (ASTM D3807).

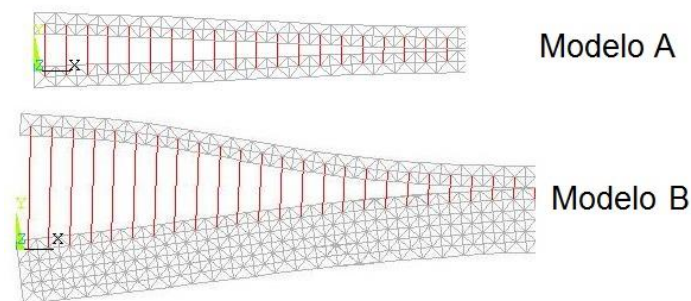


Figura 5: Mallado y deformada de las DCB para los modelos A y B.

3. Resultados y Discusión

La curva carga deformación para los tres modelos (A y B), se muestra en la Fig. 6. En ella se observa el resultado obtenido para un ensayo de escisión (cleavage) según los lineamientos de la norma ASTM D3807 [13] utilizando el MED. En ordenadas se encuentra el valor de la carga aplicada (en Newton) y en abscisas, la separación en el extremo de las vigas (en mm). Puede observarse el incremento de la fuerza aplicada, a medida que se incrementa el espesor de la viga inferior. Estas mediciones pueden ser usadas para predecir la capacidad de carga de un material y la resistencia de paneles unidos con adhesivos que posean una fisura central.

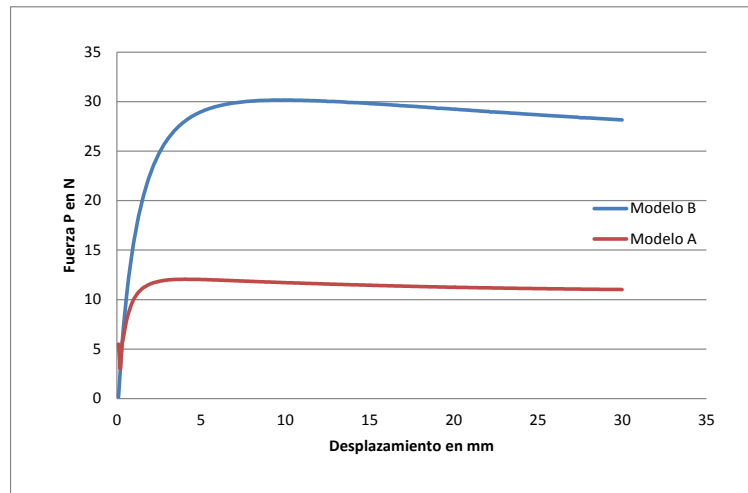


Figura 6: Curva carga-separación para modelos A y B.

En las Figs. 7 y 8 se muestran la variación de las leyes cohesivas para modo puro I y modo puro II, para las diferentes combinaciones modales.

En la Fig. 7, se puede ver como el esfuerzo normal disminuye su influencia a medida que se incrementa la combinación modal. La curva que pertenece al modelo A, corresponde a un Modo puro I.

De la misma forma, en la Fig. 8, se observa como el esfuerzo tangencial aumenta su participación a medida que se incrementa la combinación de modos.

En el gráfico se puede observar que en el modelo BC, el valor crítico de la carga es superior al que corresponde al modelo A, y además la separación máxima para el modelo B es inferior a la del modelo A, estableciendo la importancia que adquiere el esfuerzo tangencial a medida que aumenta la combinación de los modos. Los valores del esfuerzo tangencial para el modelo A, están muy cercanos a cero, lo que indica que para el mismo, el proceso de despegado corresponde a modo puro I.

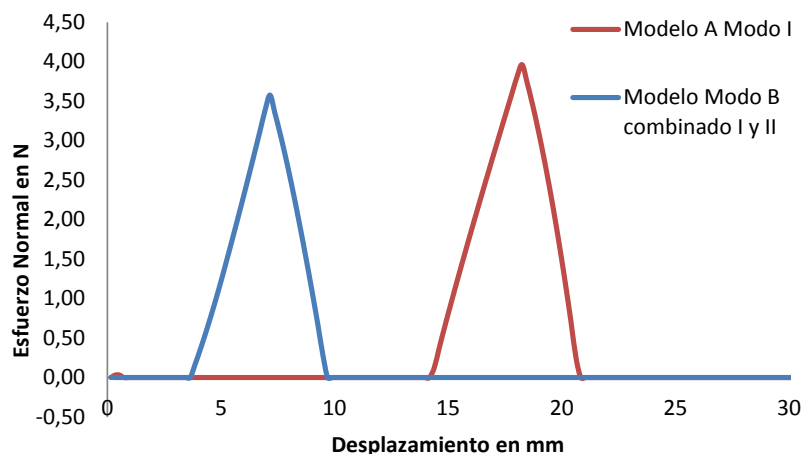


Figura 7: Variación de la ley cohesiva, tensión normal, para las diferentes combinaciones modales.

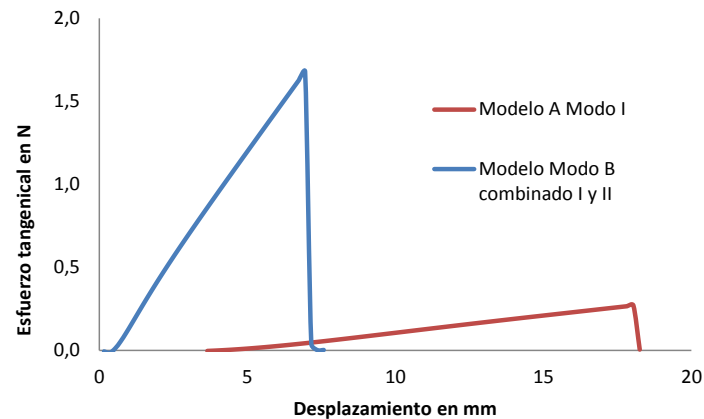


Figura 8: Variación de la ley cohesiva, tensión normal, para las diferentes combinaciones modales.

4. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se muestran los resultados de la simulación numérica del ensayo de despegado de una viga en doble voladizo (DCB), con el objeto de estudiar la resistencia al despegado de juntas adhesivas.

La zona del proceso de falla fue modelada utilizando una ley cohesiva acoplada multilínea que incorpora un modelo de fricción de Coulomb. Esta ley cohesiva describe la relación constitutiva tracción-separación, y permite el uso de distintos parámetros de fractura, como la energía de fractura, la resistencia y la separación crítica en diferentes modos de carga, por lo que es adecuada para representar el proceso de despegado tanto en modo I, como en modo II, y también en modo combinado.

Se presentan resultados de ensayos implementados en un modelo tridimensional de una viga en doble voladizo de GFRP, que cumple con las prescripciones de la norma ASTM D3807 [13], aplicando el Método de los Elementos Discretos (MED). Se utilizaron dos modelos diferentes de vigas en doble voladizo (DCB), en las que se realizó una variación de sus propiedades geométricas, con el objeto de representar la combinación de modos de carga.

Los resultados de la simulación realizada muestran que la variación de la fuerza externa aplicada, así como apertura del extremo de la viga en doble voladizo, para distintos grados de combinación de los modos, puede ser recreada apropiadamente aplicando la ley cohesiva formulada, y muestran la flexibilidad del Método de los Elementos Discretos para simular tanto la ley cohesiva como la combinación de modos de carga, con suficiente precisión y bajo esfuerzo computacional, presentándose como adecuada alternativa frente a otros métodos numéricos.

5. Agradecimientos

El presente trabajo es parte de un proyecto del Departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, aprobado por la Secretaría General de Ciencia y Técnica bajo la denominación PI 12D007 (<http://ing.unne.edu.ar/mecap/index.html>).

6. Referencias

- [1] TVERGAARD V., HUTCHINSON J.W. (1992). The relation between crack growth resistance and fracture process parameters in elastic-plastic solids. *J Mech Phys Solids*; 40:1377-97.
- [2] SALOMONSSON, K., ANDERSSON, T. (2008). Modeling and calibration of an adhesive layer at the meso level. *Mech. Mat.* Vol. 40, n. 1, pp. 48-65.
- [3] TVERGAARD V., HUTCHINSON J.W. (1996). On the toughness of ductile adhesive joints. *J Mech Phys Solids*; 44 (5):789-800.
- [4] PARDOEN, T., FERRACIN, T., LANDIS, C. M., DELANNY, F. (2005). Constraint effects in adhesive joint fracture. *J. Mech. Phys. Solid* Vol. 53, pp. 1951-1983.
- [5] HÖGBERG J. L., (2006). Mixed mode cohesive law. *Int. J. Fract.* 141:549-559.
- [6] SØRENSEN B.F., JACOBSEN T.K (2003). Determination of cohesive laws by the J integral approach. *Eng Fract Mech* 70:1841-1858.
- [7] SØRENSEN, B.F.; JØRGENSEN, K.; JACOBSEN, T.K.; ØSTERGAARD, R C. (2004). *A general mixed mode fracture mechanics test specimen: the DCB-specimen loaded with uneven bending moments*. Riso-R-1394 (EN). Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- [8] SØRENSEN, B.F.; JØRGENSEN, K.; JACOBSEN, T.K.; ØSTERGAARD, R. C. (2006). DCB-specimen loaded with uneven bending moments. *Int. J. of Fracture*, Vol. 141, pp. 163-176.
- [9] SØRENSEN B.F. (2010). *Cohesive laws for assessment of materials failure: Theory, experimental methods and application*. Doctor of Technics thesis, Roskilde, Denmark.
- [10] ANDERSSON, T AND STIGH, U. (2004). The stress-elongation relation for an adhesive layer loaded in peel using equilibrium of energetic forces. *Int J Solid Struct* 41:413-434.
- [11] LEFFLER, K., ALFREDSSON, K. S., STIGH, U. (2007). Shear behavior of adhesive layers. *Int. J Solid Struct* 44:530-545.
- [12] KOSTESKI L., BARRIOS D'AMBRA R., ITURRIOZ I. (2012). Crack propagation in elastic solids using the truss-like discrete element method. *International Journal of Fracture*. Volume 174, Issue 2, pp 139-161.
- [13] ASTM D 3807. Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Cleavage Peel by Tension Loading (Engineering Plastics-to-Engineering Plastics).
- [14] SMITH G. (2005). *Bond Characteristics and Qualifications of Adhesives for Marine Applications and Steel Pipe Repair*. Master thesis. North Carolina State University, Raleigh, USA.



III CADI
IX CAEDI
2016



ENSAYOS EXPERIMENTALES DEL PROCESO DE SECADO DE ADOBE DE ARCILLA DE LA ZONA DE MAKALLE (CHACO)

Rubén Ángel Spotorno, Facultad Regional Resistencia-UTN, rubenspotorno@yahoo.com

Juan José Pochettino, Facultad Regional Resistencia-UTN, pochettinojuan@hotmail.com

Gustavo Raúl Figueredo, Facultad Regional Resistencia-UTN, grfigueredo@gmail.com

Fabián Carlos García, Facultad Regional Resistencia-UTN, fabiancarlosgarcia@yahoo.com

Resumen: Se presentan los primeros resultados obtenidos de ensayos experimentales del proceso de secado de adobe, constituido por arcilla de la zona de la localidad de Makalle (Chaco). Experimentalmente se obtuvieron las curvas representativas de: a) variación de la contracción del adobe en función del tiempo de secado, b) porcentaje de disminución de humedad en función del porcentaje de contracción del adobe y c) pérdida de peso en función del tiempo de secado. Además se logró determinar el comportamiento físico del adobe bajo diferentes condiciones (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire) establecidas en el equipo experimental (túnel de secado). El registro y tratamiento de los datos obtenidos durante las primeras experiencias realizadas en el equipo experimental, y las que se realizarán en el presente año, permitirá desarrollar el cálculo y dimensionamiento de un secadero económico de adobes, adaptado a las condiciones operativas de una empresa ladrillera de nuestra zona.

Palabras clave: *adobe, proceso de secado, ladrillo macizo*

1. Introducción

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil manejo [1].

Otros autores como [2], [3] y [4] lo definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

Se define como ladrillo macizo a aquellos compuestos cuya sección según cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tenga un área neta no menor que el 80 % del área bruta correspondiente, no presenten agujeros cuyas secciones transversales según el mismo plano tengan un área individual mayor que el 4 % del área bruta y los espesores de sus paredes sean mayores o iguales que 25 mm [5].

La importancia que ha adquirido el ladrillo a través de su historia lo ha colocado como un material indispensable en la industria de la construcción a nivel mundial. Muchas de las construcciones de albañilería que se realizan hoy en día tienen como componente básico al ladrillo, que en nuestro medio, es elaborado mayormente de arcilla.

El proceso de fabricación de ladrillos de adobe en nuestro país probablemente sea uno de los procesos a los cuales más mejoras podrían implementarse, pues si bien es uno de los materiales más empleados en la construcción en nuestra zona a pesar de la aparición de nuevos materiales, este continúa resultando económico existiendo por años con un desarrollo tecnológico estanco. Lo que puede entenderse como una consecuencia de la exclusión del grupo social que se desempeña en las ladrillerías, y su consecuente falta de recursos tecnológicos-humanos, produjo que el proceso sea transmitido en las familias productoras como una técnica estructurada.

La fabricación de ladrillos macizos en el nordeste argentino se ve afectada durante los meses de abril a septiembre, debido a que se extienden demasiado los periodos de secado (baja heliofanía), llegando a deteriorarse en el caso de lluvias y tormentas.

La totalidad de las ladrillerías del Chaco, ya sea las de proceso de corte manual o mecanizado necesitan demasiados días para lograr el secado óptimo antes de ingresar al proceso de cocción del mismo. Este inconveniente y la gran demanda de este producto de gran importancia para la construcción de viviendas y edificios conllevan a la necesidad de reducir el tiempo de secado. A pesar de estas razones, no existen proyectos para mejorar los procedimientos empleados por los productores ladrilleros de nuestra zona, en la elaboración de unidades haciendo más eficiente esta actividad.

Actualmente a nivel mundial existen trabajos de investigación referidos a procesos de secado de adobe, pero la gran mayoría sobre ladrillos cerámicos. En cuanto al proceso de secado de adobe para la producción de ladrillos, existe bibliografía referida a las curvas de secado de Bigot, las que muestran las etapas de eliminación del agua dependiendo del tipo de arcilla utilizada.

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos de ensayos experimentales del proceso de secado de adobe de arcilla de la zona de la localidad de Makalle (Chaco).

2. Materiales y Métodos

El secado de un cuerpo arcilloso crudo es el mecanismo por el cual se elimina el agua que lo humedece, el cual es necesario para que la cocción del adobe se realice adecuadamente. El mecanismo de secado es muy similar para los distintos cuerpos arcillosos. No obstante, a una determinada velocidad de secado, los efectos que se generan sobre cada cuerpo, pueden ser muy diferentes entre cada uno de ellos, dependiendo de su naturaleza química y cristalográfica, de su granulometría y de su historia previa antes de llegar al secadero [6].

En la figura 1 se visualiza el equipo experimental destinado a realizar los ensayos de secado de adobe de arcilla de la zona de Makalle.

Durante el proceso de secado en el equipo experimental, se registraba parámetros de temperatura y humedad relativa mediante dos termohigrométros marca Dwyer modelo 657, precisión de 3% para HR y de 0.5°C para la temperatura, conectados a un módulo adquisidor de datos NUDAM 6018, a su vez conectado a una PC por medio de la interfase RS232 NUDAM 6520. El registro de datos se realizó en forma automática a intervalos de 60 segundos. Se registró además la velocidad del aire que circuló por el equipo experimental mediante la utilización de un anemómetro de hilo caliente marca Lutrom AM-4204 con una resolución de 0.1 m/seg.



Figura 1. Fotografía del equipo experimental
Fuente: elaboración propia

El equipo experimental (túnel de secado) está constituido por un conducto principal en cuyo interior se encuentran alojadas cuatro resistencias eléctricas de 500 W cada una, y un electroventilador necesario para impulsar el aire a través de las piezas a secar.

El proceso de secado consistía en lo siguiente: el aire atmosférico ingresa por el conducto inferior aspirado por el electroventilador de 550 W de potencia, que lo impulsa a través del conducto principal donde se encuentran ubicados los adobes, pasando en primera instancia a través de las resistencias eléctricas, cuya finalidad es calentar el aire.

Durante la realización de los ensayos se lograba variar el caudal de aire a circular mediante la utilización de un autotransformador.

En primera instancia antes de iniciar el proceso de secado se pesaban los ladrillos mediante una balanza digital marca Kretz con una precisión de 5 gramos. Aproximadamente cada dos horas se retiraban los ladrillos del túnel de secado para realizar las pesadas correspondientes, logrando de esta forma determinar la cantidad de agua extraída durante el periodo de secado propiamente dicho. El proceso finalizaba cuando el peso del adobe alcanzaba valores adecuados, de acuerdo a la información obtenida en forma práctica suministrada por los operarios de las ladrillerías.

En el primer ensayo realizado se establecieron según las condiciones de operación del túnel de secado, los siguientes parámetros para el aire que ingresa al túnel: (temperatura de entrada: 45°C y humedad relativa: 32%). Se utilizaron dos adobes de arcilla los cuales fueron colocados en el interior del túnel de secado (figura 2), uno directamente en contacto con la corriente de aire y el otro en el interior de un envoltorio de film de polietileno con ciertas perforaciones, para lograr que no incida directamente la corriente de aire y se caliente en un ambiente saturado de humedad.



Figura 2. Disposición de los adobes en el túnel de secado
Fuente: elaboración propia

Los primeros resultados obtenidos como se observa en las figuras (3 y 4), son que el adobe sometido directamente a la corriente de aire sufre severas deformaciones y fisuras que afectan a la calidad final del producto. En cambio el adobe que se encontraba en el interior del envoltorio, prácticamente carecía de fisuras.



Figura 3. Adobe con fisuras
Fuente: elaboración propia



Figura 4. Adobe sin fisuras
Fuente: elaboración propia

Con la finalidad de evitar fisuras y deformaciones en los adobes se realizaron modificaciones en el interior del túnel de secado, para lograr que durante un periodo de 10 a 12 hs la corriente de aire caliente no incida directamente sobre los adobes, logrando de esta manera calentar las piezas manteniendo una elevada humedad relativa. Posteriormente a este periodo se hace incidir directamente la corriente de aire sobre el adobe hasta finalizar el proceso de secado.

3. Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra la composición del adobe denominado comercialmente de 15, utilizado en los diferentes ensayos experimentales.

Tabla 1. Composición del adobe

Composición del Adobe	Adobe (Base Húmeda) a la salida de la Máquina de Corte Peso aproximado: 3100 gr	Adobe a la salida del Túnel de Secado Peso aproximado: 2400 gr
% de Suelo	50,00	63,50
% de Liga	20,00	24,50
% de Agua	30,00	12,00

Fuente: elaboración propia

Con la finalidad de determinar la composición gravimétrica de la arcilla con la que se elabora el adobe, se realizaron ensayos ejecutados por la firma TEC NEA S.R.L. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2. Composición gravimétrica de la arcilla

GRANULOMETRÍA, LIMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACION DE SUELOS														
Muestra	Profundidad		Wn %	Pasa Tamiz [%]			LL %	LP %	IP %	Cu	Cc	Clasificación		Observaciones
	de:	a:		#10	#40	#200						S.U.C.S.	H.R.B.	
	---	---	21	100	100	98	36	21	15	---	---	CL		---
	---	---	33	100	100	94	58	27	31	---	---	CH		---
	---	---	21	100	100	98	42	20	21	---	---	CL		---
	0.00	0.30		100	100	100	59	20	39	---	---	CH		---
	0.30	0.90		100	100	100	52	21	31	---	---	CH		---
	0.90	2.20		100	100	100	49	22	28	---	---	CL		---
	0.00	0.20		100	100	100	60	22	38	---	---	CH		---
	0.90	2.30		100	100	100	44	19	24	---	---	CL		---

	0.90	2.30		100	100	94	25	19	6	---	---	CL-ML		
	0.20	0.90		100	100	82	NP	NP	NP	---	---	ML		
<p>LEYENDA:</p> <p>Wn: Humedad Natural</p> <p>LL: Limite Líquido</p> <p>LP: Limite Plástico</p> <p>IP: Índice Plástico o Índice de Plasticidad</p> <p>S.U.C.S. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos</p>														

Fuente: elaboración propia

La realización de ensayos experimentales del proceso de secado del adobe, permitieron obtener curvas características que se presentan a continuación:

En la figura 5 se observa que durante las primeras 16 hs aproximadamente existe una diferencia mayor entre las humedades relativas de entrada y salida, debido a que en este periodo se obtiene la mayor evaporación del agua contenida en el adobe. Luego de este periodo el proceso de secado disminuye ya que las curvas tienden a unirse. Con respecto a las temperaturas son las establecidas para el ensayo en función de las características técnicas de nuestro equipo.

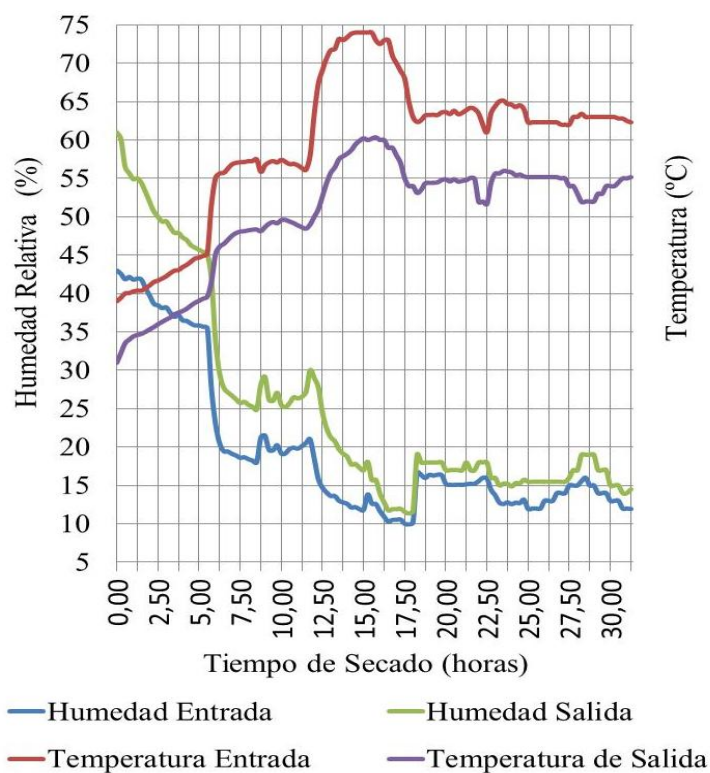


Figura 5. Temperaturas y humedades relativas del aire en el interior del túnel de secado

Fuente: elaboración propia

La observación de la gráfica N° 6 permite determinar que durante las primeras 11,5 hs del proceso de secado, se obtiene el mayor porcentaje de contracción del adobe a causa de la mayor pérdida de humedad, luego existe un periodo hasta de 9 hs donde disminuye la contracción y por último vuelve a crecer el proceso de contracción hasta la finalización del secado.

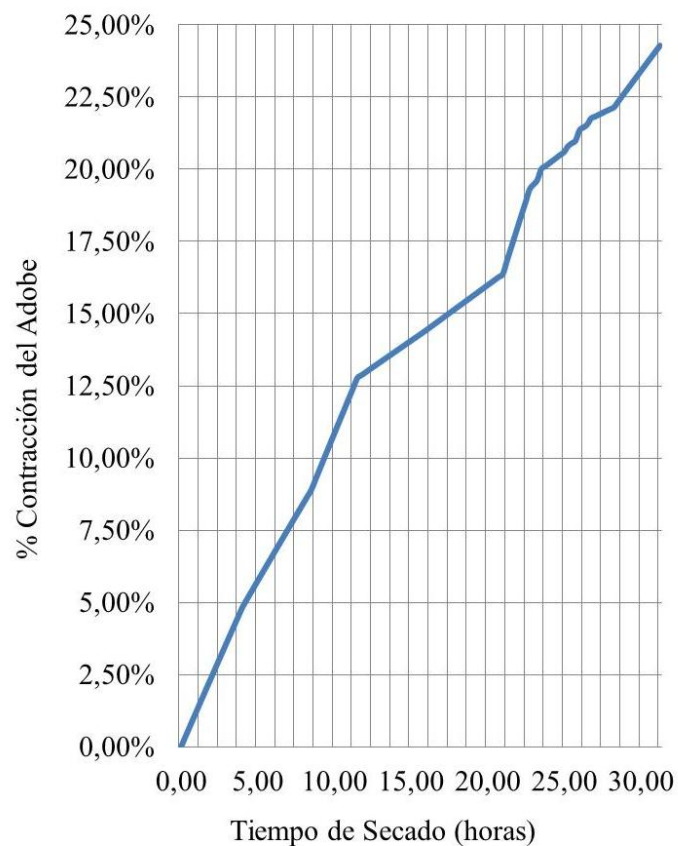


Figura 6. Contracción del adobe
Fuente: elaboración propia

La figura 7 muestra que el porcentaje de disminución de humedad en función de la contracción del adobe, se manifiesta en mayor proporción en la primera etapa del proceso de secado, que está ligada a la eliminación del agua libre contenida en la pieza.

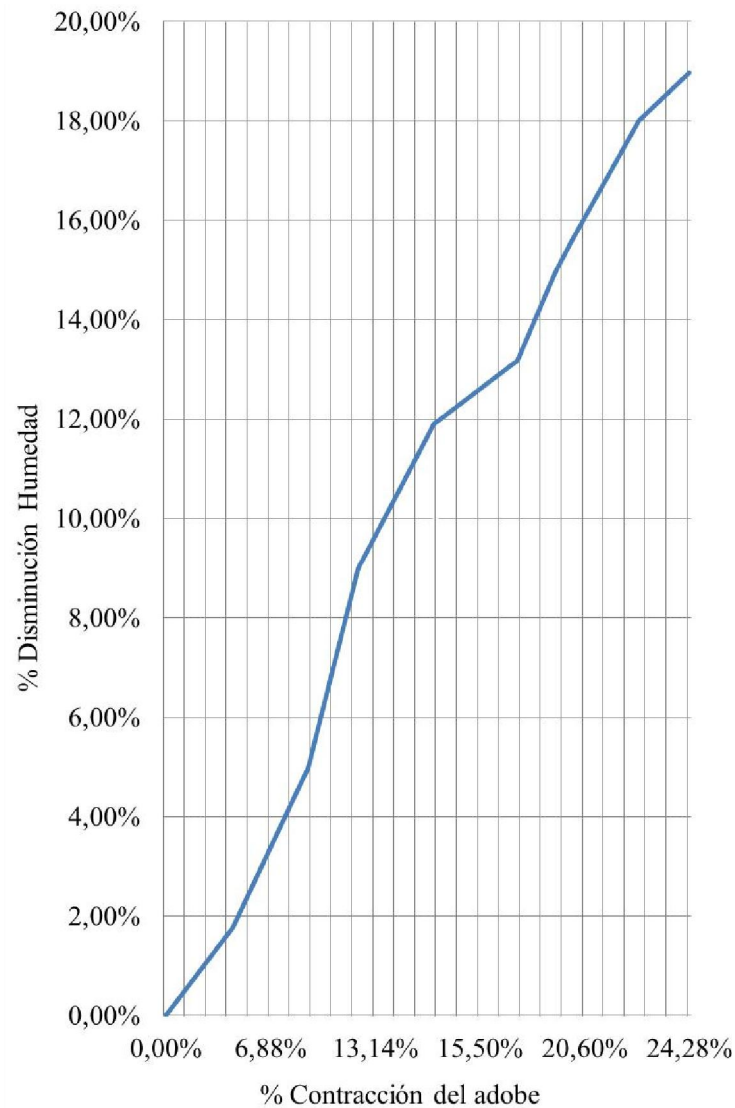


Figura 7. Disminución de humedad en función de la contracción
Fuente: elaboración propia

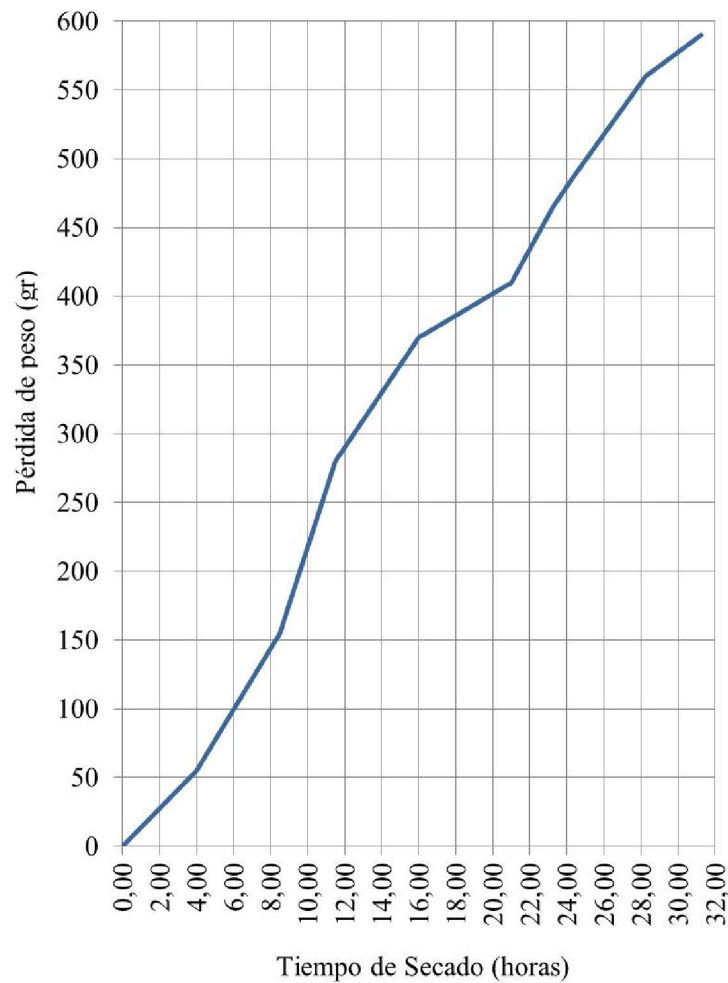


Figura 8. Pérdida de peso en función del tiempo de secado
Fuente: elaboración propia

Analizando la gráfica 8, se observa durante la primera fase del secado de 11 hs aproximadamente la mayor pérdida de peso del adobe (24,5 gr/hs), que es el proceso por el cual se elimina el agua libre. Luego hay un segundo periodo de 4,5 hs en el cual pierde (20 gr/hs) y por último hasta finalizar el proceso de secado disminuye (14 gr/hs).

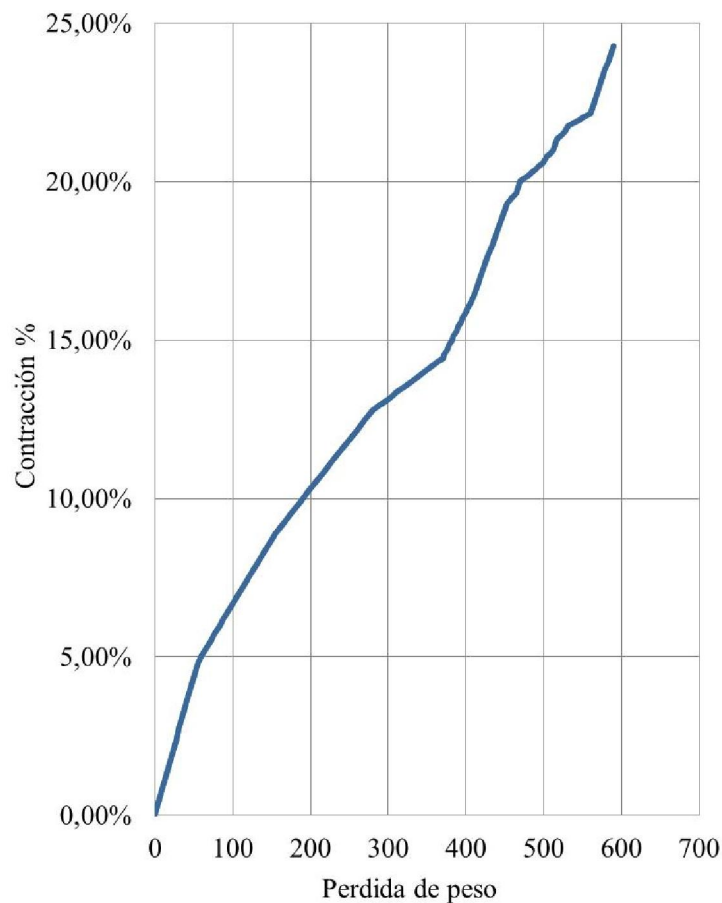


Figura 9. Gráfica de % de contracción en función de pérdida de peso
Fuente: elaboración propia

En la figura 9 se puede observar que el mayor porcentaje de contracción del adobe se manifiesta en la primera etapa del proceso de secado y que se encuentra en relación directa con la pérdida de peso de la pieza.

4. Conclusiones

Mediante la realización de ensayos experimentales del proceso de secado del adobe, donde se establecieron parámetros de temperaturas y humedades relativas, en función de las características operacionales del túnel de secado, se lograron obtener las siguientes conclusiones:

Se logró determinar que en el primer periodo del proceso de secado de 10 hs aproximadamente, es conveniente calentar la pieza con una alta humedad relativa, evitando que incida directamente la corriente de aire sobre la misma, logrando de esta manera obtener menores deformaciones y fisuras. Luego se direcciona la corriente de aire para que incida sobre los adobes a secar, hasta lograr obtener el peso necesario para el ingreso posterior al horno de cocción.

Se determinó que durante las primeras 10 a 12 horas del proceso de secado se obtiene la mayor pérdida de peso y porcentaje de contracción del adobe, a causa de la gran pérdida de humedad, que representa el agua libre presente en la pieza a secar.

Se logró establecer que durante la primera fase del secado de 11 hs aproximadamente la mayor pérdida de peso del adobe es de (24,5 gr/hs), que es el proceso por el cual se elimina el agua libre. Luego hay un segundo periodo de 4,5 hs en el cual pierde (20 gr/hs) y por último hasta finalizar el proceso de secado disminuye (14 gr/hs).

Mediante el registro y tratamiento de los datos obtenidos de las primeras experiencias realizadas en el equipo experimental, y las que se realizarán en el presente año, permitirá el cálculo y dimensionamiento de un secadero económico de adobes adaptado a las condiciones operativas de una empresa ladrillera de nuestra zona.

5. Referencias

- [1] MORENO, F. (1981). El ladrillo en la construcción. España: Ediciones CEAC.
- [2] SCHNEIDER, R., & DOCKEY, W. (1980). Reinforced masonry design. Englewood Cliffs: Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series
- [3] MAROTTA, TW. (2005). Basic construction materials (7ª). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- [4] SOMAYAJI, S. (2001). Civil engineering materials (2ª). New Jersey: Prentice Hall.
- [5] Calidad de los componentes de la mampostería. Reglamento Cirsoc 501. Capítulo 5.
- [6] [http:// www6. uniovi.es/usr/fblanco/Leccion6.SECADO.pdf](http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion6.SECADO.pdf). Visitado 20/04/2016.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROCCIDENTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CAMBIO DE ESCALA DE UN REACTOR BACH ENZIMÁTICO, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE, UTILIZANDO RECURSOS INFORMÁTICOS

Juan Montesano, Facultad de Fisicomatemáticas e Ingeniería. Universidad Católica Argentina (UCA), juanmontesano45@gmail.com

Adela Hutin, Facultad de Fisicomatemáticas e Ingeniería UCA, adelahutin@gmail.com

Marcelo Turchetti, Facultad de Fisicomatemáticas e Ingeniería UCA marcelo.turchetti@gmail.com

María Cristina Zarrabeitia, Facultad de Fisicomatemáticas e Ingeniería. (UCA), mczarrabeitia@yahoo.com

Resumen— En los procesos de investigación, siempre aparece la problemática de cómo convertir en una estructura económica de producción los conocimientos logrados en el laboratorio, conectándolos con otros conocimientos ya establecidos, para poder llegar de esa forma a una escala comercial de producción.

Las diferentes metodologías de cambio de escala tienen el objetivo de poder anticipar los efectos e introducir las variaciones requeridas en el diseño de los equipos

Se considera que es de gran importancia conocer los procedimientos de aplicación del escalado en la solución de los problemas relacionados con el desarrollo de tecnologías y procesos industriales, a partir de resultados científicos obtenidos en los laboratorios. Por lo tanto, el objeto de este trabajo es realizar un estudio matemático con apoyatura en la informática, que permite modificar la relación largo diámetro de un reactor de lotes a nivel laboratorio a planta piloto, para la producción de biodiesel, manteniendo la relación de áreas igual a la relación de los volúmenes, presentando de forma ordenada los fundamentos del escalado, definiendo adecuadamente los términos y realizando un programa en un software para reducir, la complejidad del cálculo.

Se observa entre otras cosas, que a medida que la relación de volumen aumenta, la relación de área de calentamiento va aumentando en porcentajes menores, lógicamente siempre que se mantengan las relaciones L/D iguales.

Palabras clave— *Reactor batch, Cambio de escala, Biodiesel, Software Mathcad.*

1. Introducción

El escalado puede definirse como el procedimiento para diseñar y construir un sistema de Gran Escala en base de los resultados de experimentos con equipamiento de Pequeña Escala. Es bien conocido, que en la industria química y farmacéutica los procesos comerciales se basan en resultados experimentales, obtenidos a escala de laboratorio y de planta piloto. Un cambio de escala satisfactorio podría requerir un aumento progresivo de la escala hasta alcanzar el nivel industrial pero este proceso sería muy costoso. Por lo tanto, se comprende que un proceso de cambio de escala, es complicado, debido a la combinación de múltiples factores: las ecuaciones representativas del proceso no se pueden resolver, los parámetros

físicos y químicos están interconectados, las soluciones que se obtienen a nivel de laboratorio o incluso de planta piloto pueden no ser válidas a nivel industrial. etc.

El grupo de Bioenergía de la UCA, ha desarrollado un proceso batch enzimático, de producción de etil ésteres de ácidos grasos (FAME, Fatty acid methyl esters)[1], utilizando enzimas inmovilizadas como catalizador, aceite de coco de la palmera *Acrocamia* (origen Paraguay y norte de Argentina) y etanol como materias primas. Se obtuvieron rendimientos del 96% en la producción de FAME, llegando a un 60% con la reutilización de la enzima, en la última corrida. Luego de haber modelizado el proceso se propuso un cambio de escala en el reactor batch [2],[3] de laboratorio a planta piloto aplicando la teoría de la similitud para determinar el factor de escala.

Teoría de la similitud.

La base del concepto de similitud se puede expresar con la siguiente relación lineal:

$$m' = k m \quad (1)$$

Donde k es el factor de escala, que relaciona el valor de una variable en cada una de las escalas utilizadas. La complejidad del proceso y el nivel de conocimiento previo del proceso suelen fijar el factor de escala, que será tanto más grande cuanto menor sea el conocimiento del proceso. Cuando el conocimiento previo del proceso es grande se suelen utilizar factores de escala del orden de 10. La similitud se clasifica en función de la naturaleza de las variables (m, m') que obedecen a la ecuación anterior, de forma que esta puede ser [4]:

- Similitud geométrica.
- Similitud dinámica.
- Similitud térmica.
- Similitud másica.

El objeto del trabajo es obtener una expresión matemática que permita un cambio de escala desde un modelo de reactor batch llamado 1 a otro modelo, llamado 2, aplicando la similitud geométrica entre los volúmenes y las áreas con factores de escala ≤ 10 ; presentando de forma ordenada los fundamentos del escalado, definiendo adecuadamente los términos y realizando un programa en un software para reducir, la complejidad del cálculo.

2. Materiales y Método

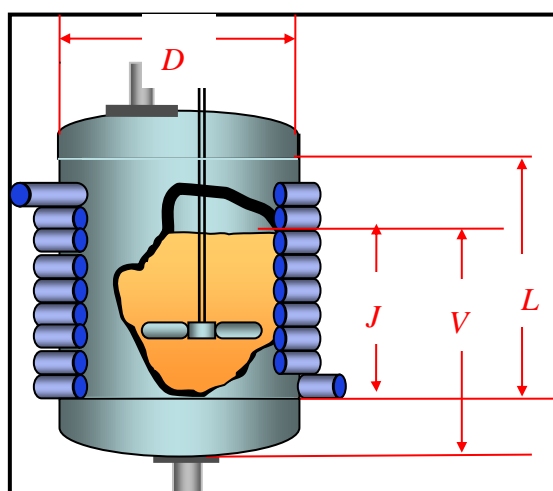


Figura 1. Reactor batch, dimensiones

Fuente: elaboración propia

Nomenclatura:

V: Volumen de trabajo

J: Longitud cubierta por el volumen de trabajo

L: longitud del reactor

D: Diámetro del reactor

Considerando el reactor ; el volumen de trabajo (V), está dado por la siguiente expresión.

$$V = F \left[aD^3 + \left(\frac{\pi}{4} \right) D^2 L \right] \quad (2)$$

Donde:

$F = 0,8$ fracción del volumen total ocupado por el volumen de trabajo, a = factor para la determinación de la capacidad del casquete toriesférico = $2,29 \cdot 10^{-3}$ para D expresado en m por ASME Standard F& D. La relación alto/diámetro del reactor, se define como [5]:

$$R = \frac{L}{D} = 1,2 \quad (3)$$

$$\frac{\pi}{4} = d = 0,7854 \text{ .Sustituyendo } d \text{ y } R \text{ en la "(2)"} \quad (2)$$

$$V = F \left[aD^3 + dRD^3 \right] \quad (4)$$

Despejando de (3) el diámetro queda:

$$D = \left[\frac{\left(\frac{V}{F} \right)}{(a + d \cdot R)} \right]^{1/3} \quad (5)$$

El volumen también es $V = a \cdot D^3 + d \cdot D^3 \cdot J \quad (6)$

Igualando (4) con (6) y despejando J queda:

$$J = \frac{a \cdot D \cdot (F - 1)}{d} + F \cdot L \quad (7)$$

La expresión del área $A = D^2 + \pi \cdot D \cdot J \quad (8)$

Reemplazando Ec.6 en Ec.7 queda : $A = D^2 + \pi.D.\left[\frac{a.D.(F-1)}{d} + F.L\right]$ (9)

Operando $A = D^2.f + R.D^2.g$ (10)

Donde

$$g = \pi.F \quad (11) \quad , \quad f = 0.0865 + 4.a.(F-1) \quad (12)$$

Se define una relación de áreas (Ra) y una relación de volúmenes (Rv). Donde el subíndice 1 se refiere a escala laboratorio y 2 escala piloto

$$Ra = \frac{A_2}{A_1} \quad (13) \quad Rv = \frac{V_2}{V_1} \quad (14)$$

Si en Ra se reemplaza (10) y en Rv (6) considerando los subíndices 1 y 2

$$Ra = \frac{D_2^2(f + g.R_2)}{D_1^2(f + g.R_1)} \quad (15) \quad Rv = \frac{D_2^3(a + d.R_2)}{D_1^3(a + d.R_1)} \quad (16)$$

$$\left[Rv \cdot \frac{(a + d.R_1)}{(a + d.R_2)} \right]^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{D_2^3}{D_1^3} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \quad (17)$$

En (13) se pone (15)

$$Ra = \frac{(f + g.R_2)}{(f + g.R_1)} \left[Rv \cdot \frac{(a + d.R_1)}{(a + d.R_2)} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (18)$$

Si se considera Ra=Rv

$$Rv = \left[\frac{(f + g.R_2)}{(f + g.R_1)} \right]^3 \left[\frac{(a + d.R_1)}{(a + d.R_2)} \right]^2 \quad (19)$$

Queda una ecuación de tercer grado de R₂

$$R_2^3 + a1.R_2^2 + a2.R_2 + a3 = 0 \quad (20)$$

Donde

$$\begin{aligned}
 a1 &= \left[3 \cdot f \cdot g^2 - d^2 Rv \cdot \frac{(f + g \cdot R_1)^3}{(a + d \cdot R_1)^2} \right] / g^3 \\
 a2 &= \left[3 \cdot f^2 \cdot g - 2 \cdot a \cdot d \cdot Rv \cdot \frac{(f + g \cdot R_1)^3}{(a + d \cdot R_1)^2} \right] / g^3 \\
 a3 &= \left[f^3 - a^2 Rv \cdot \frac{(f + g \cdot R_1)^3}{(a + d \cdot R_1)^2} \right] / g^3
 \end{aligned} \quad (21)$$

3. Resultados y Discusión

Resolución de la ecuación (20) utilizando el software Mathcad [6] [7]

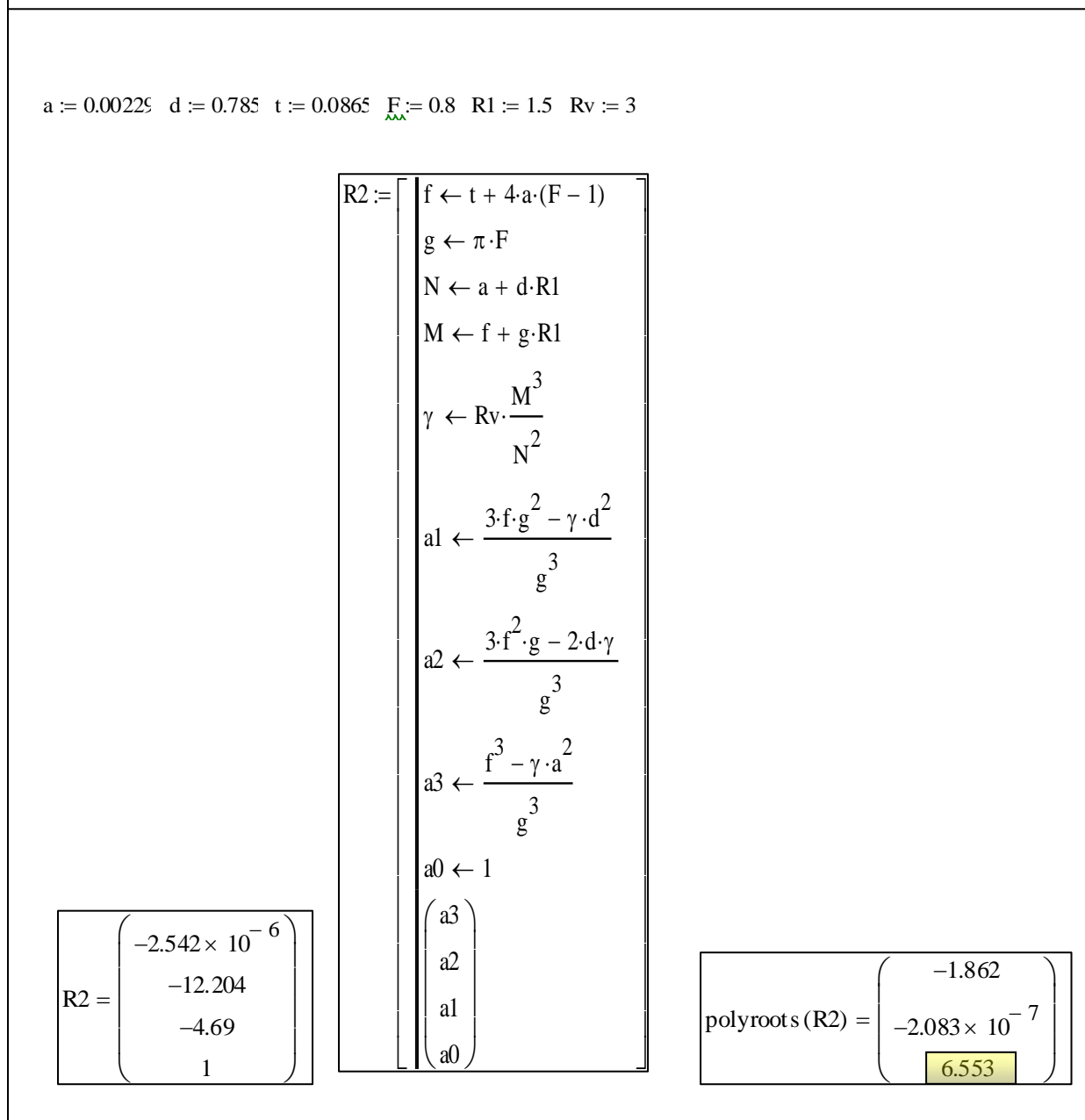


Figura 2. Copia del programa Mathcad con la resolución de la ecuación cúbica (matriz con sombreado)

Tabla 1. Valores de R2 para Ra=Rv para diferentes valores R1

R1	Ra=Rv	R2
1	2	3,63
	5	7,30
1,5	2	4,79
	3	6,55
2	2	5,90
	3	8,15
	4	10,35
4	2	10,15

Fuente: elaboración propia

Variando las R1 para diferentes Rv en el programa se obtienen las diferentes posibles relaciones de L/D para el reactor de planta piloto con la condición de mantener la relación de áreas igual a la relación de volúmenes.

El ejemplo que aparece resuelto en la Figura 2 aparece sombreado en la Tabla 1. Es la solución positiva de la ecuación cúbica (20). En el programa aparece como un término de la matriz de la derecha (sombreado). Los términos de la matriz izquierda son respectivamente los coeficientes de la ecuación.

Otro caso, a analizar, mantener la relaciones L/D, es decir R1=R2 entonces la (18) queda:

$$Ra = [Rv.]^{\frac{2}{3}} \quad (22)$$

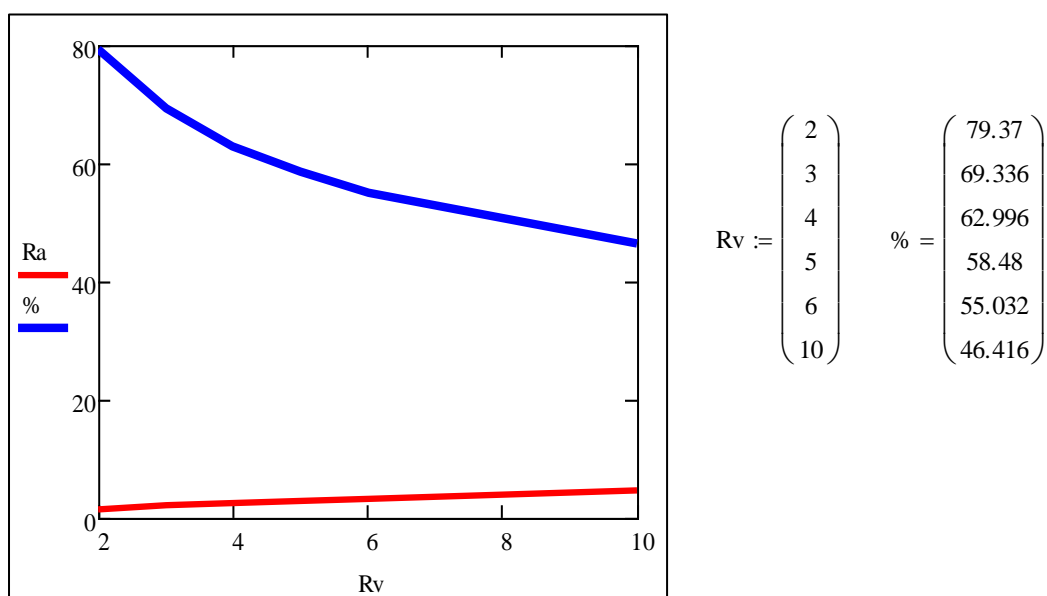


Figura 3. Relación de las áreas, Ra en,% versus relación de volumen Rv para las relaciones R1=R2

Observando el gráfico a medida que la relación de volumen aumenta la relación de área de calentamiento va aumentando en % menores. Por ejemplo para una $R_v = 2$, la R_a ha crecido en % aproximadamente un 79% y para $R_v = 10$, la R_a ha crecido aproximadamente en un 46%. Lo que involucra menor crecimiento en el área de calefacción, lógicamente siempre que se mantengan las relaciones L/D iguales.

4. Conclusiones y recomendaciones

El trabajo abre un juego importante por la creación de un programa en Mathcad para el cambio de escala de un reactor de biodiesel de planta piloto. Permite dar herramientas para el diseño de un reactor discontinuo por intermedio de un cambio de escala, partiendo también de un tamaño planta piloto para llegar a la dimensiones de una planta industrial. A la hora de planificar el diseño de la planta de batch para producir cantidades comerciales mayores del producto, todos los reactores de tamaño en la planta, tendrán por lo general un volumen de trabajo que será un múltiplo de la capacidad del reactor de planta piloto. La capacidad de producción de la planta más grande se puede predecir también a menudo a partir de los tiempos totales extraídos con la experiencia en el equipo a pequeña escala.

Este cambio de escala puede aplicarse para otro tipo de proceso que requiera realizarse en forma discontinua y a temperatura constante y presión atmosférica.

No se descarta la posibilidad de incluir a la temperatura de una camisa de calentamiento o enfriamiento en función de la superficie de intercambio, en el cambio de escala.

Este trabajo forma parte de un estudio de mayor envergadura llevado adelante por el Grupo de Energías Renovables que aborda el desarrollo de una tecnología para la producción de biodiesel a partir de diferentes variables fisicoquímicas y diferentes materias primas, involucrando para esto a investigadores, tesisistas, becarios, pasantes y alumnos.

5. Referencias

- [1] Gerhard K. (2005). *The Biodiesel Handbook* National Center for Agricultural Utilization Research Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture Peoria, Illinois, U.S.A
- [2] Fogler H. S, (2001) *.Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas*
- [3] Levenspiel, O. (2004) *Ingeniería de las reacciones químicas* 3a ed. México, D.F.: Limusa Wiley,
- [4] Bisio, A. y R. Kabel, , (1985). *Scale-up of chemical processes*, 1ª edición, John Wiley and Sons, EE.UU.
- [5] Chemical Engineering (2000) *Reactor design*. Mc Graw – Hill Companies EEUU
- [6] Toro A, Girón S. López O. más autores (1998). *A kinetic model for beer production under industrial operational conditions. Mathematic and Computers in Simulation* 48, 65-74. Elsevier
- [7] Swinney K. R. , Wages D.G. (2001). *To learn the basics of MathCad for use with the precalculus modules*. Recuperado el 1 de agosto de 2016, desde <https://services.math.duke.edu/education/modules2/materials/precac/mcadtutor/>



Síntesis de biodiesel empleando catalizadores heterogéneos derivados de estructuras del tipo hidrotalcitas Mg-Al

Germán P. Benedictto, UTN FRA, german.benedictto@gmail.com

Elena I. Basaldella, CINDECA, eib@quimica.unlp.edu.ar

Roberto M. Sotelo, UTN FRA, rsotelo@fra.utn.edu.ar

Resumen— Se evaluaron diferentes matrices porosas como catalizadores heterogéneos para la transesterificación de aceite de girasol con metanol. Para ello se sintetizaron distintos compuestos basados en estructuras alúmino-magnesia (hidrotalcitas), empleando NaOH, KOH, Na_2CO_3 y K_2CO_3 , y aplicando tratamientos a alta temperatura y distintas formas de rehidratación, que permitieron modificar los niveles de alcalinidad y contenido de agua. La eficacia de estos materiales se determinó midiendo el tiempo de conversión en biodiesel, así como el grado de complejidad del proceso de recuperación y reutilización de los catalizadores. Los sólidos preparados fueron caracterizados mediante DRX, superficie BET y microscopía SEM y EDAX. La conversión en biodiesel más elevada fue obtenida usando los óxidos de alúmino-magnesia de base hidrotalcita que fueron calcinados a 500°C y posteriormente rehidratados por inmersión en agua y posterior secado en condiciones controladas.

Palabras clave—*Hidrotalcitas; Biodiesel; Catalizadores heterogéneos*

1. Introducción

Actualmente, la mayor parte de la demanda de combustibles en el mundo es cubierta por combustibles fósiles. Estos combustibles no renovables se están agotando rápidamente, y además, causando serios problemas ambientales. Los biocombustibles aparecen como una solución actual para reducir el consumo de los combustibles tradicionales.

El biodiesel, derivado de aceites vegetales o grasas animales, es el biocombustible más usado. Además de renovable, es de muy baja toxicidad (el éster metílico) y biodegradable. Usualmente es producido por una reacción de transesterificación de los triglicéridos con metanol en presencia de un catalizador, para dar como productos una mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos y glicerina.

La síntesis de biodiesel requiere altas conversiones, procesos rápidos y obtener un producto de bajo contenido de impurezas. En la actualidad, los procesos industriales de producción de biodiesel emplean catalizadores homogéneos. Entre ellos, el de mayor difusión es el metóxido de sodio, que puede obtenerse a partir de sodio y metanol. En Argentina se instalaron plantas de producción continua, de gran capacidad, para este tipo de catalizadores. Estas plantas son de alto costo, con ellas se consiguió abastecer el mercado externo, y mantienen su predominancia en la producción nacional. [1]

El desarrollo de catalizadores heterogéneos para producir biodiesel ha sido más lento. Sin embargo, en las últimas décadas se han probado gran variedad de compuestos para ser utilizados como catalizadores heterogéneos que simplifican el proceso y permiten bajar costos.

El método presenta una serie de ventajas, se consiguen reacciones muy rápidas a temperaturas bajas y presión atmosférica. Además no se agrega ni se forma agua, de esta forma se evita la formación de jabones, no se forman emulsiones persistentes y la separación de fases resulta casi inmediata; el metanol se recicla por destilación simple, no es necesario secarlo; la glicerina también se obtiene anhidra, con pureza superior al 95%. No es necesario lavar con agua el biodiesel producido, se evita otra decantación larga, y se reduce aún más los efluentes líquidos, que aunque poco tóxicos, son los mayores contaminantes del procedimiento clásico. [1], [2], [3]

Si se aplica la catálisis heterogénea la misma producción puede hacerse en menor tiempo. Las plantas reducen su tamaño y resultan menos costosas. Se pueden construir plantas modulares, más versátiles, capaces de emplear aceites de diversos orígenes e instalarlas en la zona de producción de los mismos. Si se necesita aumentar la capacidad, dentro de ciertos límites, se añaden módulos.

El presente trabajo presenta un grupo de compuestos derivados de estructuras del tipo hidrotalcitas Mg-Al. Con estos materiales se busca mejorar el proceso de catálisis heterogénea, ya que son compuestos grandes y poco abrasivos que podrían reciclarse con mayor facilidad.

Distintos catalizadores heterogéneos basados en estructuras alúmino-magnesia (hidrotalcitas) fueron sintetizados variando metodologías de síntesis y/o modificaciones post-síntesis que permitieron ajustar el material a la necesidad del proceso. Estas mejoras se miden respecto a su comportamiento catalítico (valores de eficiencia superiores a los ya reportados en la literatura para grado de conversión en biodiesel, considerando temperatura y presión de trabajo), y a la complejidad del proceso de recuperación y reutilización. [4], [5], [6], [7]

En la literatura se encuentran catalizadores de este tipo, pero necesitan temperaturas superiores a 200° y tiempos de reacción excesivamente largos. [8]

Los materiales preparados fueron caracterizados estructuralmente y probados en la síntesis de biodiesel.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Síntesis de biodiesel: aceite comestible de girasol (Cañuelas), metanol (Biopack, Art.6197P1).

Cromatografía de capa delgada: cromatofolios plásticos TLC (Merck, Art 1.05735.0001).Solventes de desarrollo, Sistema 1, Cloroformo (Anedra, Art. 654625), Sistema 2, n-heptano (Dorwil, 100.21), éter etílico (Dorwil, Art. D040-00-90), ácido acético (Cicarelli, Art. 1025110) relación 7:2:1 v. Revelador, vapores de yodo.

Catalizadores: nitrato de aluminio (Biopack Art. 9996.06), nitrato de magnesio (Biopack , Art. 9597.07), carbonato de sodio (Anedra, Art. 7165), carbonato de potasio (Cicarelli, Art.233), hidróxido de sodio (Anedra, Art. 6482), e hidróxido de potasio (Cicarelli, Art.1055).

2.2 Métodos de síntesis de catalizadores

En este trabajo se presenta la síntesis y evaluación catalítica de tres diferentes tipo de hidrotalcitas Mg-Al.

Como material de partida, se sintetizaron tres hidrotalcitas Mg-Al mediante el método conocido como coprecipitación [4], [5]. Para ello se preparó una solución acuosa de nitrato de aluminio ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) 0,35 M y nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 1.75 M.

Esta solución fue tratada separadamente con una de las tres soluciones alcalinas indicadas, dando origen a las hidrotalcitas correspondientes.

Na) Solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) 0.6 M e hidróxido de sodio (NaOH) 2.34 M.

NaK) Solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) 0.6 M e hidróxido de potasio (KOH) 2.34 M.

K) Solución de carbonato de potasio (K_2CO_3) 0.6 M e hidróxido de potasio (KOH) 2.34 M.

La solución de Al-Mg y una de las soluciones se cargaron en sendas ampollas de decantación de 125 ml y se introdujeron sus vástagos en la boca de un Erlenmeyer de 250 ml, de manera que los líquidos no se mezclaran durante la descarga. La descarga de ambas soluciones se realizó en forma simultánea, gota a gota, a velocidad constante y con agitación (agitador magnético) para mantener los componentes en suspensión. La mezcla de reactivos se completó en una hora.

Completada la carga se cerró herméticamente el Erlenmeyer, se calentó a 65 °C y se mantuvo en esas condiciones durante 24 hs. Transcurrido ese período, se lavó el precipitado con 250 ml de agua destilada, a través de papel plegado. El sólido obtenido se colocó en una caja de Petri y se secó a 120° hasta peso constante, se molió en mortero de porcelana y se almacenó en un frasco de vidrio (muestras HT_{Na} , HT_{NaK} y HT_{K}).

Una parte de cada una de las muestras se separó y calcinó en una mufla a 500°C durante 6 horas. Luego se almacenó de igual forma que las muestras anteriores (muestras HTC_{Na} , HTC_{NaK} y HTC_{K}).

Las muestras HTC_{Na} , HTC_{NaK} y HTC_{K} se rehidrataron mediante su inmersión en agua destilada en ebullición durante 20 minutos. Luego se evaporó el agua manteniendo el vaso sumergido en el baño de glicerina hasta desaparición de la mayor parte del agua observable. Finalmente, se mantuvo el sólido en estufa, bajo vacío y a 60°C, durante 10 horas. Las muestras se denominaron HTCR_{Na} , HTCR_{NaK} y HTCR_{K} .

2.4 Caracterización estructural

Los sólidos sintetizados fueron caracterizados por Difracción de rayos X, utilizando un equipo Philips 3020. Se utilizó el método de muestras en polvo, $\text{Cu K} = 1.5406 \text{ \AA}$, a una potencia de 20A y 40V, y una velocidad de barrido de 2°/min.

La superficie BET de todas las muestras fue medida utilizando la técnica de adsorción de nitrógeno a 77K, utilizando un equipo Micromeritics 2020.

Las micrografías SEM de las hidrotalcitas sintetizadas se obtuvieron usando un microscopio de barrido electrónico Philips 505, que permite determinar el tamaño y la morfología de las partículas presentes. Se utilizó la técnica de muestras recubiertas con un film de Au. La composición química se obtuvo mediante microanálisis por dispersión de energía de rayos X (EDAX) utilizando una microsonda electrónica acoplada al microscopio de barrido electrónico.

2.5 Evaluación catalítica

La evaluación catalítica de los sólidos sintetizados fue realizada con ensayos de transesterificación de aceite vegetal y metanol en biodiesel. Para ello se utilizó la siguiente técnica:

Se cargó aceite de girasol (20 g) en un reactor de 50 ml. Sobre el aceite se agregó, bajo agitación, una suspensión del catalizador (0.6 g) en metanol (10 ml) y se cerró herméticamente el reactor. Se calentó a 70° en baño de agua, manteniendo agitación constante.

Se extrajeron muestras con jeringas a diferentes tiempos de reacción, y se analizaron por cromatografía en capa delgada, usando como referencia muestras de aceite de girasol y biodiesel del mismo origen. Este ensayo es suficiente para la determinación de tiempo de reacción para conversión total. Resultados y Discusión

La Figura 1 presenta los difractogramas correspondientes a las muestras HT_{Na} , HTC_{Na} y $HTCR_{Na}$. La muestra HT_{Na} exhibe picos característicos de los hidróxidos laminares en los ángulos $2\theta = 11.5^\circ$ y a 23.1° , que corresponden a los planos (003) y (006). Estos picos desaparecen en el difractograma de la muestra calcinada HTC_{Na} , donde pueden observarse los máximos correspondientes a óxidos mixtos de Mg(Al), presentes a $2\theta = 42.9^\circ$ y 62.5° . En el difractograma de la muestra rehidratada $HTCR_{Na}$, se observa una regeneración de la estructura original.

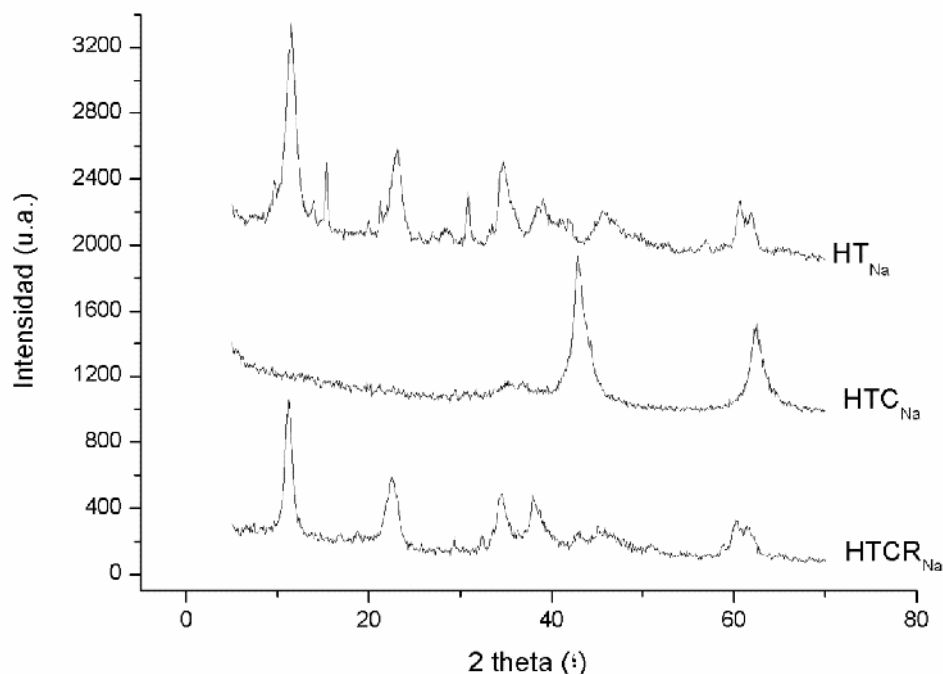


Figura 1: Difractograma de la hidrotalcita HT_{Na} , hidrotalcita calcinada (HTC_{Na}) e hidrotalcita rehidratada ($HTCR_{Na}$)

En la Figura 2 se observan los difractogramas de las muestras HTCR_{Na} , HTCR_{NaK} y HTCR_{K} . La variación de la altura de los picos de difracción indica una cristalinidad en el orden $\text{HTCR}_{\text{NaK}} > \text{HTCR}_{\text{K}} > \text{HTCR}_{\text{Na}}$. La naturaleza de la fuente alcalina no parece haber alterado la estructura hidrotalcita obtenida, ya que todas ellas presentan sus picos característicos en los ángulos $2\theta = 11.5^\circ$ y a 23.1° , que corresponden respectivamente a los planos (003) y (006).

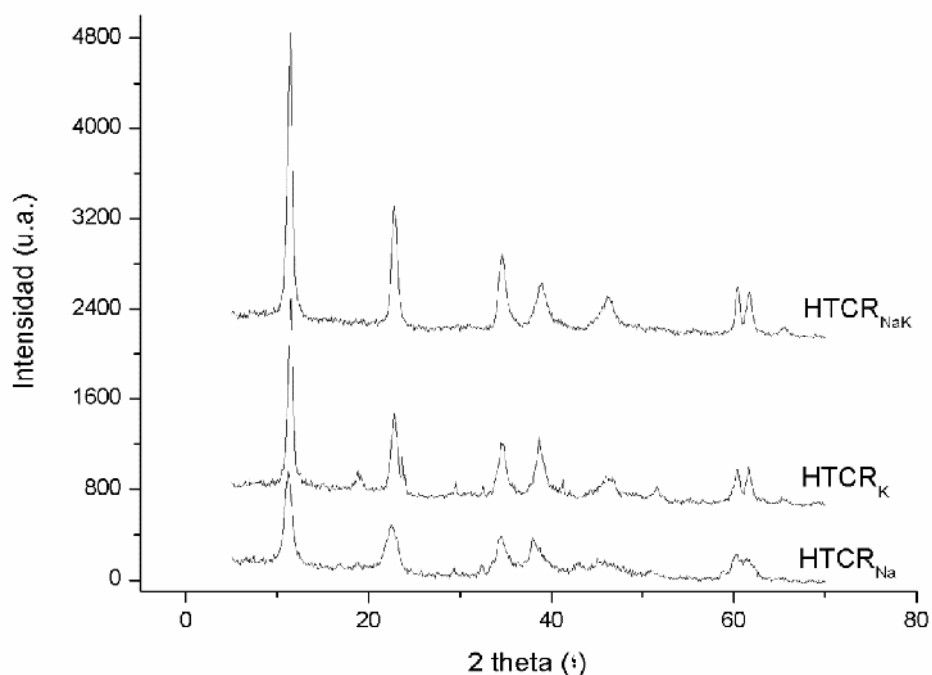
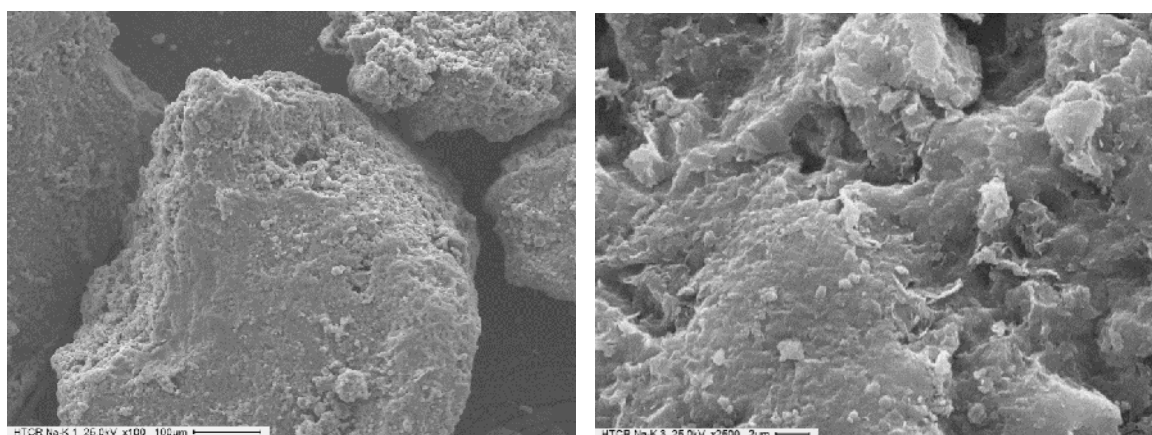
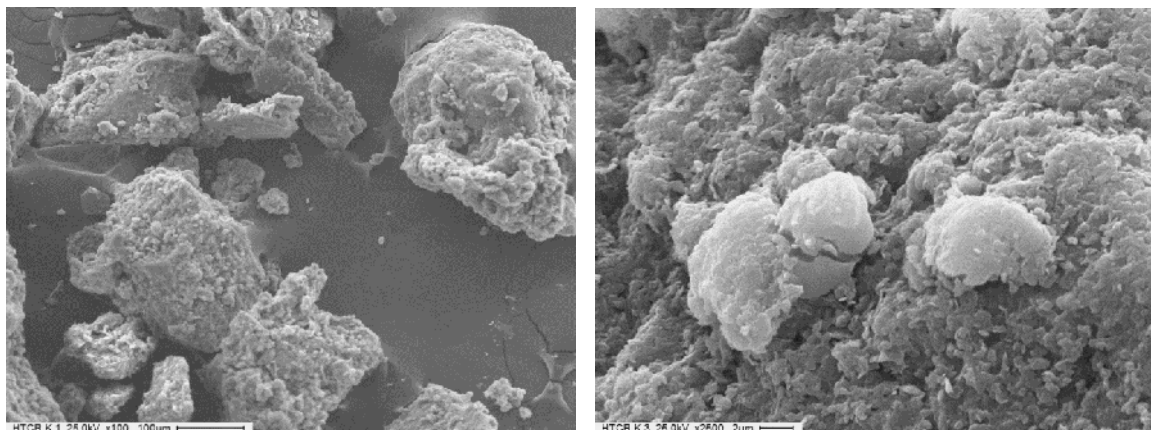


Figura 2: Difractograma de las hidrotalcitas calcinadas y rehidratadas HTCR_{Na} , HTCR_{K} y HTCR_{NaK}

Las imágenes SEM de las Fig.3 y Fig.4, corresponden a los materiales tipo hidrotalcita HTCR_{NaK} , y las imágenes 5 y 6 a la muestra HTCR_{K} . En todas ellas se observan partículas con una distribución de tamaños irregular, comprendidos entre 2 y 30 μm .



Figuras 3 y 4: Imágenes SEM de la muestra HTCR_{NaK}



Figuras 5 y 6: Imágenes SEM de la muestra HTCR_K

En la Tabla 1 se detalla la composición química de cada una de las muestras obtenidas por EDAX.

Tabla1: Análisis químico obtenido por EDAX (%p/p) y superficie BET

Muestra	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	Relación MgO/Al ₂ O ₃	Superficie BET (m ² /g)
HT _{Na}	0,92	0	61,81	37,3	1,66	28,27
HTC _{Na}	0,78	0	66,21	33,02	2,01	9,56
HTCR _{Na}	0,97	0	62,59	36,42	1,72	5,81
HTCR _{NaK}	0,24	1,72	58,43	39,61	1,48	
HTCR _K	1,79	14,77	52,62	30,82	1,71	

Tabla 2: Ensayos de síntesis de biodiesel

MUESTRA	TIEMPO DE REACCIÓN (H)	CONVERSIÓN (%)
HT _{Na}	20	Sin conversión
HTC _{Na}	20	Sin conversión
HTCR _{Na}	8	>70
HTCR _{NaK}	3	>80
HTCR _K	3	>80

Los materiales sintetizados fueron probados como catalizadores para la síntesis de biodiesel, buscándose seleccionar aquellos que presenten buenas propiedades catalíticas en condiciones suaves de reacción (temperaturas no mayores de 70°C). Los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 2. El seguimiento de cada una de las reacciones fue realizado utilizando cromatografía en capa delgada. Los valores de conversión indicados en la Tabla 2 fueron obtenidos por cromatografía gaseosa.

3. Conclusiones y recomendaciones

Según los resultados de los ensayos de caracterización de los sólidos sintetizados, podemos confirmar que todos ellos presentan estructuras del tipo hidrotalcitas Mg-Al, independiente del medio de síntesis. Luego de los tratamientos térmicos usados, los sólidos pierden su estructura ordenada y presentan características de mezclas de óxidos de magnesio y aluminio. En concordancia con la bibliografía de referencia, todas las muestras regeneraron su estructura luego de ser sometidas a un proceso de rehidratación. Sin embargo, las muestras HTRC_K y HTRC_{Na}, muestran adicionalmente la presencia de trazas de impurezas que podrían estar asociadas a Al(OH)₃, (reflexión a $2\theta = 18.5^\circ$) lo que evidenciaría que una pequeña cantidad del aluminio estructural no se reincorpora en la rehidratación.

Estos tratamientos post-síntesis empleados modifican su comportamiento catalítico, dando resultados positivos al ser evaluados como catalizadores para la síntesis de biodiesel (Muestras HTRC_{Na}, HTRC_{NaK} y HTRC_K). Particularmente, las muestras sintetizadas en medio potásico mejoraron notoriamente los valores de conversión alcanzados, mostrando resultados prometedores que justifican continuar con estos estudios.

4. Referencias

- [1] Ullah F., Dong L. (2016). *Current advances in catalysis toward sustainable biodiesel production*. Journal of the Energy Institute, 89, 282-292.
- [2] Arzamendi, G., Arguiñarena, E., Campo, I., Zabala, S., Gandía, L.M. (2008). *Alkaline and Alkaline Earth metals Metal Compounds as Catalysts for the Methanolysis of Sunflower Oil*. Catalysis Today, 133-135, 305-313.
- [3] Borges, M.E., Díaz, L. (2012). *Recent Developments on Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production by Oil Esterification and Transesterification Reactions: A Review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 2839-2849.
- [4] Reyero, N., Valasco, I., Sanz, O., Montes, M., Arzamendi, G., Gamdía, L.M. (2013). *Structured catalysts based on Mg-Al hydrotalcite for the synthesis of biodiesel*. Catalysis Today, 2016, 211-219.
- [5] Gomes, J., Puna J., Gonçalves, L., Bordado, J. (2011). *Study on the use of MgAl hydrotalcites as solid heterogeneous catalysts for biodiesel production*. Energy, 36, 6770-6778.
- [6] Cavani F., Trifiro F., Vaccari A. (1991). *Hydrotalcite-type anionic clays, preparation, properties and applications*. Catalysis Today, 11, 173-301.
- [7] Xie, W., Peng, H., Chen, L. (2006). *Calcined Mg-Al hydrotalcites as solid base catalysts for methanolysis of soybean oil*. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 246, 24-32.
- [8] Silva, C.C., Ribeiro, N., Souza, M., Aranda, D. (2010). *Biodiesel production from soybean oil and methanol using hydrotalcites as catalyst*. Fuel Processing Technology, 91, 205-210.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SELECTIVIDAD DE FORMA EN LA ALQUILACIÓN DE M-CRESOL CON METANOL

Mauro D. Acevedo, Laboratorio de Procesos Químicos (LPQ), Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAus), macevedo@uncaus.edu.ar

Nora B. Okulik, LPQ, UNCAus, nora@uncaus.edu.ar

Cristina Padro, Grupo de Investigación en Ciencias e Ingeniería Catalíticas (GICIC), INCAPE (UNL- CONICET), cpadro@fiq.unl.edu.ar

Resumen— En este trabajo se estudió el efecto de la estructura porosa y el papel de los sitios ácidos en la distribución de productos de la metilación del m-cresol. Para ello hemos estudiado la reacción con zeolita NaY intercambiada con Zn^{2+} , HZSM5 y el óxido mixto $\text{Mg}/\text{Al}=1$ (HTC1) sintetizado por coprecipitación. La caracterización se realizó mediante DRX, fisisorción de N_2 , TPD de NH_3 y FTIR de piridina, TPD de CO_2 y FTIR de CO_2 . Al comparar la actividad a 523 K a igual tiempo de contacto ZnY presenta mayor conversión inicial (33%) seguida de HZSM5 (10%) y HTC1 fue poco activo (2%). Comparando los tres a una conversión de m-cresol de 30 % para una temperatura de 573 K, se observó que una mayor fuerza de sitios ácidos aumentando la densidad de sitios favorece la C-alkilación. Siendo la relación C-/O-alkilación para la ZnY = 9 y HZSM5 C-/O- = 5, mientras HTC1 fue 1.5. Con respecto a la orto selectividad HTC1 resultó ser más orto selectivo con una relación *orto-/para-* = 25.5, HZSM5 (4.9) y ZnY (2.4). Si bien HTC1 fue más orto selectivo en la distribución de dimetilfenoles, HZSM5 fue más selectiva hacia el 2,5-DMF 64%, ZnY 36% y HTC1 27%, lo que puede explicarse por las restricciones de tamaño. HTC1 presentó menor desactivación siendo activo a mayor temperatura.

Palabras clave— Alquilación, m-cresol, catálisis heterogénea.

1. Introducción

A partir de la alquilación de m-cresol con metanol (Figura 1) se pueden obtener productos dimetilados de C-alkilación (alquilación en el anillo aromático) tales como 2,3: 2,5: 3,4 xilenol por alquilación en las posiciones orto- y para- que son las más favorecidas para sustitución electrofílica y también por O-alkilación (alquilación del oxígeno del m-cresol) puede obtenerse 3-metilanisol. Por alquilación sucesiva pueden obtenerse los productos trimetilados tales como 2,3,6; 2,3,4 ó 2,4,5 trimetilfenol y los dimetilanosoles. Los productos de la C-alkilación primaria poseen importantes usos a nivel industrial. 2,3-xilenol es utilizado en la producción de pesticidas, 2,5-xilenol en la fabricación de colorantes y antisépticos y puro en la industria farmacéutica para la producción por ejemplo de reductores de lípidos como el gemfibrozil, la mezcla 2,4/2,5-xilenol constituye la materia prima para antioxidantes especialmente de gasolinas y el 3,4-xilenol es materia prima para el insecticida 3,4-dimetilfenil metilcarbamato [1]. Dentro de los trimetilados, el 2,3,6-trimetilfenol es utilizado en la producción de Vitamina E.

La reacción de metilación de m-cresol es llevada a cabo industrialmente utilizando ácidos o bases líquidas como catalizador homogéneo y halogenuros de metilo como agente alquilante [2]. La necesidad de reemplazar tecnologías que producen desechos tóxicos y provocan corrosión ha impulsado la aparición de trabajos científicos que estudian la alquilación de m-cresol utilizando catalizadores sólidos ácidos en fase gas y metanol como agente alquilante. Se han empleado catalizadores basados en mezcla de MgO y FeO informándose que el metanol es deshidrogenado a formaldehído, siendo este el agente alquilante, además se observó la descomposición de los compuestos aromáticos en compuestos más livianos [3].

Utilizando catalizadores sólidos ácidos en fase gas a 573 K y presión atmosférica se obtienen conversiones cercanas a 20 %, selectividades a 3-metilanisol de 40%, y valores menores al 20% para selectividad de los dialquilados y polialquilados [4].

El tipo de catalizador utilizado y las condiciones de reacción pueden favorecer uno u otro camino de reacción. Se conoce que los catalizadores básicos tales como los basados en MgO favorecen la orto C-alquilación, mientras que los catalizadores ácidos débiles promueven la O-alquilación y los ácidos fuertes la C-alquilación tanto en posición orto- como para- [5].

El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia de la naturaleza, densidad y fuerza de sitios ácidos y básicos de los catalizadores sólidos en las reacciones del metanol y en consecuencia en la reacción de metilación de m-cresol en fase gas.

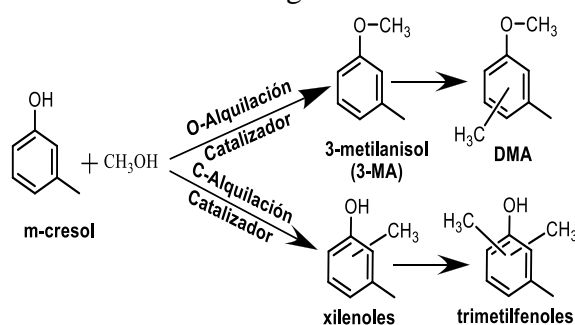


Figura 1. Alquilación de m-cresol

2. Materiales y Métodos

2.1. Síntesis de catalizadores

La zeolita comercial HZSM5 (Zeocat Pentasil PZ-2/54, Si/Al=20) fue calcinada en aire a 723 K previo a su uso. La zeolita ZnY fue obtenida mediante 3 intercambios iónicos a partir de la zeolita NaY (UOP-Y, Si/Al=2.4) a 353 K utilizando una solución 0.5 M de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Riedel de Haën, 98%). Posteriormente la muestra se secó en estufa a 373 K durante toda la noche y se la calcinó en aire a 723 K.

Los óxidos mixtos de Mg y Al de relación Mg/Al=1 y 2 (HTC1, HTC2) fueron preparados por coprecipitación, a partir de las sales de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ y una solución acuosa de ($\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{KOH}$) a pH controlado de 10, a los fines de lograr obtener en el precipitado todos los cationes en la misma estructura [6]. La coprecipitación se llevó a cabo en un reactor discontinuo de vidrio a una temperatura entre 333 – 338 K. El precipitado obtenido fue filtrado y lavado a 373 K, secado en estufa a 373 K durante 12h. Los óxidos mixtos se obtuvieron por descomposición térmica del sólido en flujo de N_2 a 673 K durante 18 h.

2.2. Caracterización de catalizadores

Las propiedades texturales de las muestras fueron medidas mediante fisisorción de N₂ a 77 K en un Sortómetro Micromeritics Modelo ASAP 2020. La estructura cristalina de los óxidos mixtos fue confirmada mediante DRX, usando un difractómetro Shimadzu XD-D1 con fuente de radiación CuK α y filtro de Ni.

La densidad y fuerza de los sitios ácidos fue estudiada por desorción a temperatura programada (TPD) de NH₃ utilizando un espectrómetro Baltzers modelo Omnistar unit. Previo a la adsorción, los catalizadores fueron pretratados en He a 773 K durante dos horas para los sólidos ácidos y 673 K por 1h para los óxidos mixtos. La adsorción se realizó a 373 K para los sólidos ácidos y 298 K para los óxidos mixtos, utilizando una corriente de 1% NH₃/He hasta saturación. El NH₃ fisisorbido es removido en flujo de He a la misma temperatura. El TPD se realizó utilizando una rampa de 10 K/min de 373 K a 1073 K y el NH₃ desorbido se analizó mediante espectrometría de masas.

La naturaleza y fuerza de los sitios ácidos fue estudiada mediante IR utilizando piridina como molécula sonda en un espectrómetro IR con transformada de *Fourier Shimadzu FTIR-Prestige-21*. La muestra fue pretratada en vacío a 723 K y 673 K durante 4 h. Se inyectó 5 μ l de piridina y se obtuvieron los espectros de IR antes de la inyección de piridina y luego de evacuar a 298 K, 373 K, 423 K y 573 K.

La densidad de sitios básicos de los catalizadores, así como también la cuantificación de los sitios de distinta naturaleza y fuerza fue determinada mediante desorción de CO₂ a temperatura programada (TPD-CO₂). La muestra fue previamente tratada en atmosfera de nitrógeno desde temperatura ambiente hasta 673 K permaneciendo 1 hora a dicha temperatura. Luego se realiza la adsorción de CO₂ alimentando una mezcla de 3% V de CO₂/N₂ hasta saturación de la superficie del catalizador. El CO₂ débilmente adsorbido se arrastró con una corriente de N₂ y el TPD se realizó calentando desde 298 K hasta 673 K con una velocidad de 10 K/min en atmósfera de N₂. El CO₂ desorbido fue convertido en metano por medio de un catalizador de metanización (Ni/Kieselghur) y analizado en un detector FID.

La naturaleza de los sitios básicos se estudió mediante Espectroscopia Infrarroja (IR) de CO₂ adsorbido. Se procedió de manera similar al IR de piridina utilizando como molécula sonda CO₂. Los espectros de IR se obtuvieron luego de evacuar la muestra y luego de adsorción de CO₂ y evacuación a diferentes temperaturas (298, 373, 473 K).

2.3. Reacción

La reacción de alquilación de m-cresol (Merck, > 99%) con metanol (Merck, 99.8%) en fase gas se llevó a cabo en un reactor tubular de lecho fijo. El catalizador fue tratado en aire a 723 K (zeolitas) y en N₂ a 673 K (óxidos mixtos) *in situ* previo a la reacción. La alimentación del reactivo (solución de metanol:m-cresol, relación molar : 5:1) se realizó mediante una bomba de jeringa en una corriente precalentada de N₂. Los productos de reacción fueron analizados on-line mediante un cromatógrafo gaseoso UNICAM 610 equipado con un detector de ionización de llama (FID) con una columna capilar Innowax de 30 m (diámetro interno: 0.32 mm, espesor del film: 0.5 μ m).

La conversión de m-cresol se calculó según (1).

$$X_{m-cresol} = [\sum Y_i / (\sum Y_i + Y_{m-cresol})] \quad (1)$$

Donde Y_i es la fracción molar de todos los productos de reacción provenientes del m-cresol y la fracción molar de m-cresol a la salida del reactor es $Y_{m-cresol}$.

La conversión de metanol se calculó según (2)

$$X_{metanol} = [(Y_{metanol}^0 - Y_{metanol}) / Y_{metanol}^0] \quad (2)$$

Donde $Y_{metanol}^0$ es la fracción molar a la entrada del reactor y $Y_{metanol}$ a la salida.

La selectividad hacia los distintos productos provenientes del *m*-cresol (S_i , mol de producto i /mol de *m*-cresol reaccionado) se definió según (3).

$$S_i(\%) = [Y_i * 100 / \sum Y_i] \quad (3)$$

3. Resultados y Discusión

3.1. Difracción de Rayos X

La técnica de difracción de rayos X (DRX) se utilizó para identificar las fases cristalinas presentes en las muestras sintetizadas por coprecipitación. En la figura 2 se muestran los espectros de DRX de las muestras de Mg-Al antes del tratamiento térmico (HT) y después del tratamiento térmico (HTC) [7]. En el caso de los precursores de óxidos mixtos (HT2 y HT1) se observó la presencia de la fase hidrotalcita (ASTM 14-191), además en HT1 se detectó la presencia de bayerita (ASTM 20-11) [8]. Los espectros de los óxidos mixtos (HTC2 y HTC1) concuerdan con los informados en bibliografía [9], pudiéndose identificar la fase espinela $MgAl_2O_4$ (ASTM 21-1152). Por otro lado no se encontró la presencia de fase AlO_x , lo que estaría indicando que el catión Al^{3+} se encontraría asociado a la estructura del MgO en las dos relaciones de óxidos sintetizados.

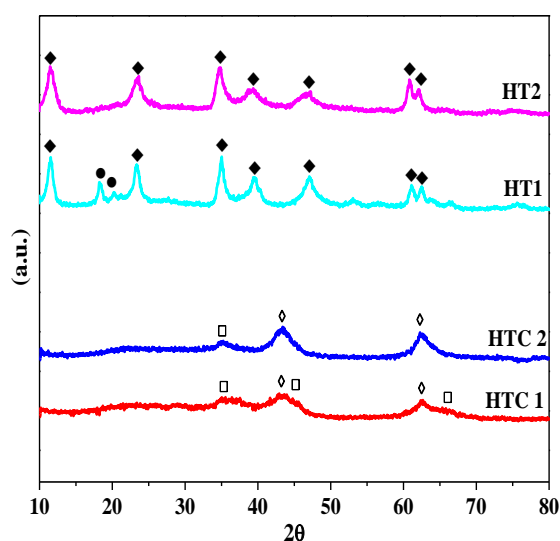


Figura 2. Espectro de difracción de rayos X de hidrotalcita (HT), hidrotalcita calcinada a 673 K (HTC) con relación molar Mg/Al de 2.0 y 1.0. (♦) hidrotalcita ASTM 14-191; (●) $Al(OH)_3$ Bayerita ASTM 20-11; (□) $MgAl_2O_4$ ASTM 21-1152; (◇) MgO Periclase ASTM 4-0829.

3.2. Propiedades Físicas

Las Isotermas de adsorción de N_2 de los óxidos HTC1 y HTC2 presentan forma similar, y en la figura 3 se muestra la isoterma obtenida para HTC1.

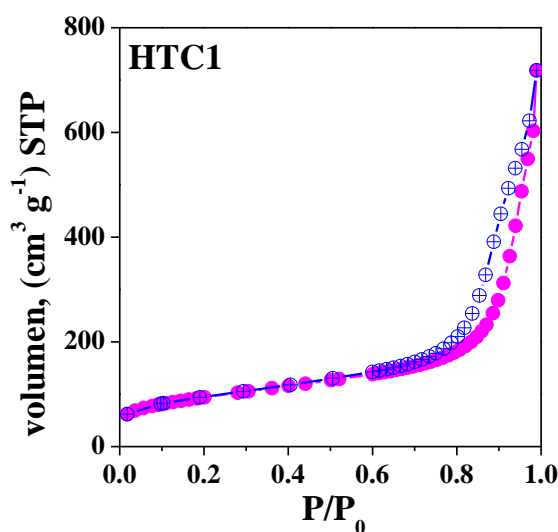


Figura 3. Isotermas de HTC1.

Dicha isoterma, presenta la forma tipo IV característica de materiales mesoporosos y macroporosos, con la presencia de un loop de histéresis. A medida que el contenido de aluminio aumenta el tamaño del loop de histéresis es mayor indicando un mayor volumen de poros.

Estos resultados se condicen con los reportados por Bologni et al. [12] para óxidos mixtos de relaciones Mg/Al entre 8 y 1.

En la tabla 1 se informan los resultados de las propiedades físicoquímicas de las muestras.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas

Catalizador	S_g ($m^2 g^{-1}$)	Diametro de poro \bar{d}_p (nm)	Si/Al	Mg/Al
ZnY	612	0,74 x 0,74	2,4	-
HZSM5	350	0,51 x 0,55; 0,53 x 0,56	20,0	-
HTC2	250	13,6*	-	2,2
HTC1	329	15*	-	0,9

*valores determinados por isoterma de N_2 a 77 K

La zeolita ZnY es la que mayor área presenta, la HZSM5 presenta un área superior a los óxidos, pero cercano a los valores encontrándose en el rango de 250 a 350 $m^2 g^{-1}$ con la diferencia que los óxidos cuentan con tamaño de poros mayores a las zeolitas.

3.3. Propiedades acidas y básicas

En la tabla 2 se observan los resultados de acidez de TPD de NH_3 y FTIR de piridina.

A partir de la integración de los perfiles de TPD de NH_3 se obtienen las densidades totales de sitios ácidos para todos los catalizadores.

Tabla 2. Propiedades Ácidas

Muestra	TPD de NH ₃ (μmol/g)	FTIR de Piridina (area g ⁻¹)			
		Sitios Lewis	Sitios Brønsted	Sitios Lewis	Sitios Brønsted
		T _{des} =423 K		T _{des} =573 K	
ZnY	1787	1200	37	880	9
HZSM5	475	341	337	232	240
		T _{des} =298 K		T _{des} =373 K	
HTC2	85*	299	-	113	-
HTC1	127*	493	-	191	-

*Saturación a 298 K

ZnY presenta la mayor densidad de sitios ácidos seguida de la zeolita HZSM5. Para los óxidos mixtos vemos que la concentración de sitios ácidos es baja aun utilizando una temperatura de saturación menor (298K) y a menor contenido de aluminio, menor es la densidad de sitios ácidos.

La naturaleza de los sitios ácidos fue determinada mediante IR utilizando piridina como molécula sonda. A partir de los espectros obtenidos luego de la adsorción de piridina y evacuación a 423 K y 573 K para las zeolitas, 298 K y 373 K para los óxidos mixtos en la región comprendida entre 1700 cm⁻¹ y 1400 cm⁻¹ se obtuvo la contribución de los sitios Lewis (banda a 1450 cm⁻¹) y sitios Brønsted (banda a 1540 cm⁻¹).

ZnY posee sitios de naturaleza Lewis fuerte ya que se observa que en la desorción a 573 K aun retiene gran parte de la piridina adsorbida. La zeolita HZSM5 presenta ambos tipos de sitios (Brønsted y Lewis) de fuerza moderada con una relación Brønsted/Lewis (B/L) de 1. Sobre los óxidos mixtos no se observaron las bandas correspondientes a la piridina adsorbida sobre sitios ácidos tipo Brønsted, lo cual ha sido informado previamente por Prescott et al. [9]. Similarmente a lo observado en los resultados de TPD de NH₃, la concentración de sitios ácidos (Lewis) se incrementa con la cantidad de aluminio en el sólido, como así también la fuerza de los mismos.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la densidad de los sitios básicos obtenidos luego de integrar los perfiles de TPD de CO₂. Los perfiles se deconvucionaron en tres zonas, débil (máximo aproximado a 400 K) medio (450 – 500 K) y fuerte (máximo a 550 K).

Tabla 3. Propiedades básicas de los catalizadores

Muestra	Sitios básicos (μmol de CO ₂ g ⁻¹)			
	Total	Débil	Medio	Fuerte
HTC2	426	158	92	175
HTC1	318	132	96	90

Comparando los resultados de TPD de CO₂ y de IR de CO₂ y teniendo en cuenta referencias bibliográficas se relacionaron los picos de desorción con las especies detectadas por IR (asociados al carbonato unidentado, bidentado y bicarbonato). En efecto, se determinó que la formación del carbonato unidentado requiere de aniones oxígeno de bajo número de

coordinación (sitios básicos fuertes). Sobre las muestras enriquecidas en magnesio, el carbonato bidentado se forma sobre sitios acido-base en pares como $\text{Mg}^{2+}\text{-O}^{2-}$ (sitios básicos de fuerza intermedia), mientras que sobre muestras con mayor contenido de aluminio la especie bidentada tiene mayor probabilidad de formarse sobre pares $\text{Al}^{3+}\text{-O}^{2-}$. La formación de la especie bicarbonato sobre los óxidos mixtos de Mg-Al involucra grupos hidroxilos superficiales que pueden ser considerados como sitios básicos débiles en las muestras enriquecidas de Mg [10].

En la figura 4 se puede observar los espectros de IR de CO_2 adsorbidos a 298 K y evacuados a diferentes temperaturas.

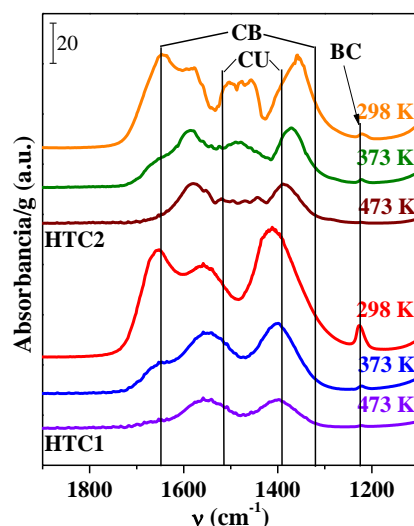


Figura 4. Espectros IR CO_2 adsorbida a 298 K y evacuada a diferentes temperaturas por 0.5 h

En dicha grafica se muestra la presencia de las bandas de carbonato bidentado (CB), carbonato unidentado (CU) y bicarbonato (BC). Luego de evacuar a 373 K, se puede observar que la especie bicarbonato asociada a los sitios básicos débiles prácticamente desaparece, mientras que las bandas del carbonato unidentado y bidentado disminuyeron su intensidad

Se puede observar a 473 K un solapamiento de las bandas que genera un corrimiento de la especies, carbonato unidentado y bidentado.

Se puede concluir del estudio de basicidad que el agregado de aluminio modificó la naturaleza, densidad y fuerza de los sitios básicos, a medida que aumenta el contenido de Al, desaparecen primero los sitios básicos fuertes y en segundo lugar los sitios básicos de fuerza media.

3.4. Resultados de Actividad catalítica

La conversión de *m*-cresol a tiempo cero de reacción y las selectividades iniciales obtenidos a 523 K, a iguales tiempo de contacto ($W/F_{m\text{-cresol}}^0 = 181 \text{ g h mol}^{-1}$) sobre los óxidos mixtos se pueden observar en la tabla 4

Tabla 4. Resultados catalíticos de la alquilación de m-cresol a igual tiempo de contacto [523 K, m-cresol : metanol = 5, $W/F_{m-cresol}^0 = 181 \text{ g h mol}^{-1}$]

Catalizador	$X_{m-cresol} (\%)$	Selectividad a $t = 0$			
	t=0h	3-MA	Xil	TMF	DMA
HTC1	2	68	32	0	0
HZSM5	10	32	68	0	0
ZnY	33	3	64	20	13

ZnY que posee sitios fuertes de naturaleza Lewis [11] presentó moderada actividad con una conversión de m-cresol inicial de 33 % mientras que HZSM5 que presenta moderada acidez tanto Lewis como Brønsted la conversión fue de 10% y en el óxido mixto HTC1 la conversión fue de 2% cuya acidez es menor y con sitios Lewis. HTC2 no presento actividad para dicha temperatura. Con el objetivo de comparar el comportamiento de los óxidos mixtos con las zeolitas, que poseen una actividad mayor en esta reacción, tratando de buscar la temperatura más baja que permita obtener actividad sobre los óxidos mixtos para poder compararlos con los catalizadores ácidos que son activos a 523 K. Se seleccionó HTC1 a la temperatura de 573 K basado en los resultados de la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de conversión inicial de m-cresol a diferentes temperaturas sobre HTC1 [$W/F_{m-cresol}^0 = 181 \text{ g h mol}^{-1}$, m-cresol : metanol = 5]

$X_{m-cresol}^0$	T [K]
2	523
15	573
94	673

Los resultados obtenidos con el óxido mixto HTC1 se comparan con los resultados de HZSM5 y ZnY para una conversión inicial de m-cresol de 30 % en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados catalíticos de alquilación de m-cresol a $X_{m-cresol}^0 = 30\%$ [573 K, m-cresol : metanol = 5,]

Muestra	$\frac{W}{F_{m-cresol}^0}$	$-d_0 \cdot 10^3$ [min ⁻¹]	Selectividad a $t = 0$					
			3-MA	DMA	2,5-xil	2,3-xil	3,4-xil	TMF
HTC1	362	1.9	38	2	27	24	2	7
HZSM5	362	14.8	17	0	64	5	14	0
ZnY	91	10.9	5	5	36	16	22	16

Entre los 3 catalizadores comparados, ZnY fue el más activo, ya que para lograr el mismo nivel de conversión en HTC1 y HZSM5, se tuvo que utilizar 4 veces más catalizador que con la zeolita ZnY. Este catalizador posee una elevada densidad de sitios ácidos Lewis fuertes, y si bien la zeolita HZSM5 posee acidez fuerte tanto de naturaleza Brønsted como Lewis la reacción se encuentra controlada por difusión intracristalina en sus pequeños canales.

Para evaluar la pérdida de actividad, se calcularon los valores del parámetro ($-d_0$) que mide la desactivación inicial del catalizador. Se puede observar que la desactivación sobre HTC1 fue aproximadamente 6 veces menor que sobre la zeolita ZnY y 8 veces menor si se compara con la zeolita HZSM5. La desactivación puede deberse a formación de residuos carbonosos formados a partir de las olefinas formadas a partir de DME sobre catalizadores ácidos. Esto podría explicar porque los catalizadores ácidos se desactivan en la reacción de alquilación con m-cresol.

Notar que la formación de productos de la O-alquilación sobre HTC1 fue mayor, en efecto la selectividad a 3-MA fue de 38% sobre este catalizador mientras que sobre la HZSM5 fue de 17% y de 5% sobre ZnY, en los tres sólidos la formación de DMA fue baja.

Si consideramos de la tabla 6 la selectividad de los xilenoles y TMF como C-alquilación y O-alquilación a 3-MA y DMA. Se puede observar que la dos zeolitas ZnY y HZSM5 fueron más selectivas hacia la C-alquilación con una relación C/O- de 9 y 5 respectivamente, siendo menor sobre HTC1 (1,5). Se ha reportado en bibliografía [12,13] que los sitios ácidos favorecen la C-alquilación y los sitios básicos de fuerza media favorecen la O-alquilación. ZnY que posee la mayor densidad de sitios ácidos de naturaleza Lewis fuerte, favorece, en consecuencia la formación de productos C-alquilados.

Sobre la HZSM5 la selectividad del 2,5-xilenol fue elevada (64%) siendo de 27 y 36% sobre HTC1 y ZnY respectivamente.

La relación orto-/para- fue mucho mayor sobre HTC1 (25,5) que los valores hallados en las zeolitas HZSM5 (5) y ZnY (2,4) Sobre los catalizadores ácido base de Mg/Al la selectividad hacia la alquilación en la posición *orto*- fue superior. Esto ha sido explicado por la adsorción del m-cresol tanto sobre los sitios ácidos-base de Lewis o ácidos de Lewis de manera perpendicular a la superficie, siendo más favorable la alquilación a la posición *orto*-, mientras que en los catalizadores con sitios ácidos de Brønsted el m-cresol se adsorbe de manera horizontal a la superficie lo cual favorece la alquilación en posición *orto*- y *para*- [14,15].

4. Conclusiones

De la comparación del óxido mixto Mg/Al=1 (HTC1) con los catalizadores ácidos a una conversión de inicial de m-cresol de 30 % para una temperatura de 573 K, se observó que los catalizadores ácidos favorecen la C-alquilación. Resultando en HZSM5 la relación C-/O-alquilación igual a 5 y ZnY (C-/O= 9), siendo que en HTC1 C-/O- fue de 1,5. En cambio la orto selectividad de los catalizadores HTC1 resultó ser más orto selectivo con una relación *orto*-/para- = 25,5, mientras que en HZSM5 y ZnY fue de 4,9 y 2,4 respectivamente. La pérdida de actividad, se evaluó mediante los valores del parámetro ($-d_0$) que mide la desactivación inicial del catalizador, se puede observar que la desactivación sobre HTC1 fue aproximadamente 6 veces menor que sobre la zeolita ZnY y 8 veces menor si se compara con la zeolita HZSM5. La desactivación puede deberse a formación de residuos carbonosos formados a partir de las olefinas formadas a partir de DME sobre catalizadores ácidos. Esto podría explicar porque los catalizadores ácidos se desactivan en la reacción de alquilación con m-cresol.

Si bien los óxidos mixtos presentan la desventaja de ser menos activos y que trabajen a mayor temperatura, la desactivación fue menor en la reacción y se logró una mayor formación de

productos trimetilados en especial el 2,3,6-trimetilfemol, dada su importancia como intermediario en la obtención de vitamina E en la industria farmacéutica.

5. Referencias

- [1] Enciclopedia de la Industria Química Ullmann sexta Edición (2002)
- [2] Y. Ono, T. Baba, Catal. Today 38 (1997) 321.
- [3] N. Ballarini, F. Cavani, L. Maselli, A. Montaletti, S. Passeri, D. Scagliarini, C. Flego, C. Perego, J. of Catal 251 (2007) 423.
- [4] V. Crocella, G. Cerrato, G. magnacca, C. Morterra, F. Cavani, S. Cochi, S. Passeri, D. Scagliarini, C. Flego, C. Perego, J. of Catal 270 (2010) 125.
- [5] M. D. Acevedo, G. A. Bedogni, N. B. Okulik, C. L. Padro, Catal. Lett. 144 (2014) 1946-1954.
- [6] G. Borekov (1976) Scientific Basis of Catalyst Preparation. In: Studies in Surface Science and Catalysis. Volume 1, 223-250. Elsevier, Amsterdam.
- [7] Piotr Kuśtrowski, Dominika Sułkowska, Lucjan Chmielarz, Alicja Rafalska-Łasocha, Barbara Dudek, Roman Dziembaj, Micropor. Mesopor. Mat. 78 (2005) 11.
- [8] J. I. Di Cosimo, V. K. Díez, M. Xu, E. Iglesia, and C. R. Apesteguía, J. Catal. 178 (1998) 499.
- [9] Hillary A. Prescott, Zhi-Jian Li, Erhard kemnitz, Annette Trunschke, Jens Deutsch, Heiner Lieske, Aline Auroux, J. Catal. 234 (2005) 119.
- [10] V. K. Díez, C. R. Apesteguía, J. I. Di Cosimo, J. Catal. 215 (2003) 220.
- [11] C.L. Padró, E.A. Rey, L.F. González Peña, C.R. Apesteguía, (2011) Micropor. Mesopor. Mater. 143 (2011) 236.
- [12] M. Bolognini, F. Cavani, D. Scagliarini, C. Flego, C. Perego, M. Saba, Microporous and Mesoporous Materials 66 (2003) 77 – 89.
- [13] M. Bolognini, F. Cavani, D. Scagliarini, C. Flego, C. Perego, M. Saba, Catal. Today 75 (2002) 103 – 111.
- [14] K. Tanabe, T. Nishizaki, Proc. 6th Int. Congress Catal., (1976) 863.
- [15] E. Santacesaria, D. Graso, D. Gelosa, S. Carra, Appl. Catal. 64 (1990) 83.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE WEIBULL EN LA TRANSICIÓN DÚCTIL-FRÁGIL DE ACEROS

Carlos Berejnoi, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta / CIUNSa,
berejnoi@unsa.edu.ar

Javier Moya, Grupo Interdisciplinario en Materiales-IESIING, Universidad Católica de
Salta, INTECIN UBA-CONICET, jmoya.fi.uba@gmail.com

Soledad Gamarra, Grupo Interdisciplinario en Materiales-IESIING, Universidad Católica de
Salta, INTECIN UBA-CONICET, gamarrasoledad@gmail.com

Juan Perez Ipiña, CONICET / Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue,
juan.perezipina@fain.uncoma.edu.ar

Resumen— La distribución de probabilidad de Weibull se utiliza en diversas áreas de la Ingeniería. Originalmente fue propuesta por Waloddi Weibull, quien presentó la ventaja de esta distribución para tratar eventos donde la falla se produce por el eslabón más débil (weakest link). En Mecánica a la Fractura se utiliza la distribución de Weibull, principalmente de tres parámetros, para ajustar los datos experimentales de tenacidad de aceros ferríticos en la zona de transición dúctil-frágil. La estimación de los tres parámetros de la distribución implica la realización de una cantidad importante de ensayos. Por ello la Norma ASTM E1921 establece un método para el tratamiento estadístico de resultados basado en una distribución de Weibull con dos parámetros fijos. Existen diferentes métodos para estimar los parámetros de la distribución, entre ellos regresión lineal y máxima verosimilitud. La estimación realizada por el primero depende también de las estimaciones de los valores de probabilidad acumulada. En este trabajo se analiza la estimación, por ambos métodos, de los parámetros de una distribución de Weibull conocida con valores típicos de tenacidad a la fractura, y se los compara con los establecidos según Norma.

Palabras clave— *Weibull, regresión lineal, máxima verosimilitud.*

1. Introducción

Los ensayos de tenacidad a la fractura de aceros ferríticos realizados en la zona de transición dúctil-frágil presentan gran dispersión y efectos de tamaño de probeta.

En 1980 Landes y Shaffer [1] plantearon que la tenacidad de un acero ferrítico en esta zona está controlada por el punto de mínima tenacidad (weakest link) en el frente de fisura. Ellos asociaron este modelo a una distribución de Weibull de dos parámetros. Posteriormente, Landes y McCabe [2] incorporaron el parámetro umbral a la distribución anterior.

La Ec. (1) muestra la distribución de Weibull de tres parámetros (3P-W) cuando se trabaja con el parámetro de fractura K .

$$P = 1 - \exp \left(- \left(\frac{K - K_{\min}}{K_0 - K_{\min}} \right)^m \right) \quad (1)$$

En la Ec. (1), K_{\min} es el parámetro umbral, $K_0 - K_{\min}$ es el parámetro de escala y m es el parámetro de forma.

La ventaja de la distribución de Weibull, planteada por Widdobi Weibull [3] y retomada por Landes y Shaffer [1], es que en principio podría predecir el efecto del espesor o tamaño de probeta.

Si la Ec. (1) es la probabilidad de falla para una probeta de espesor B_1 , la probabilidad de no falla para el mismo espesor estará dada por Ec. (2).

$$1 - P = \exp \left(- \left(\frac{K - K_{\min}}{K_0 - K_{\min}} \right)^m \right) \quad (2)$$

Si consideramos una probeta de espesor N veces el anterior, es decir $B_N = N \cdot B_1$, la probabilidad de no falla, siguiendo el modelo de weakest link será:

$$[1 - P_N] = [1 - P]^N = \exp \left(- N \left(\frac{K - K_{\min}}{K_0 - K_{\min}} \right)^m \right) \quad (3)$$

$$P_N = 1 - \exp \left(- N \left(\frac{K - K_{\min}}{K_0 - K_{\min}} \right)^m \right) \quad (4)$$

Por lo que, conociendo los parámetros de la distribución para espesor B_1 , se podría conocer la distribución para espesores mayores. O inclusive, trabajando las ecuaciones anteriores, es posible llegar a una fórmula para convertir datos de un espesor a otro. Con un subíndice se identifica en la Ec. (5) los parámetros con el correspondiente tamaño de probeta.

$$K_{(B_N)} = K_{\min(B_1)} + \left(K_{(B_1)} - K_{\min(B_1)} \right) \left(\frac{B_1}{B_N} \right)^{1/m_{(B_1)}} \quad (5)$$

Wallin [4-7] propone una distribución de Weibull con parámetros umbral (K_{\min}) y de forma fijos (m), Ec. (6). Según Wallin, de una deducción teórica surge que el parámetro de forma es igual a 4, pero para poder estimar este parámetro con precisión se necesitarían muestras de más de 100 datos. Es así como propone, con el objetivo de reducir el tamaño de la muestra, tomar fijo e igual a 20 MPa.m^{0.5} al parámetro umbral.

$$P = 1 - \exp \left(- \left(\frac{K - 20}{K_0 - 20} \right)^4 \right) \quad (6)$$

Y propone como fórmula para convertir espesores la Ec. (7). La Norma ASTM E1921 [8] adopta la propuesta de Wallin [7].

$$K_{(B_N)} = 20 + (K_{(B_1)} - 20) \left(\frac{B_1}{B_N} \right)^{0.25} \quad (7)$$

Sin embargo, en trabajos recientes [9, 10] se cuestiona la validez de las fórmulas dadas por las Ecs. (5) y (6) para convertir espesores.

Debido a que es posible ajustar los datos de muestras con distribuciones de Weibull con diferentes valores de los parámetros, resulta importante también calcular un valor de tenacidad K para un nivel de probabilidad de falla determinado, por ejemplo 3%. Este valor, definido como $LB_{3\%}$, surge de las Ecs. (8) y (9), ambas obtenidas considerando $P=0.03$ en las ecuaciones (2) y (6), respectivamente. La Ec. (9) corresponde al $LB_{3\%}$ considerando la propuesta de parámetros fijos de Wallin.

$$LB_{3\%} = \left(\ln \left(\frac{1}{0.97} \right) \right)^{\frac{1}{m}} (K_0 - K_{\min}) + K_{\min} \quad (8)$$

$$LB_{3\%}(Wallin) = \left(\ln \left(\frac{1}{0.97} \right) \right)^{\frac{1}{4}} (K_0 - 20) + 20 \quad (9)$$

Existen diferentes métodos para estimar los parámetros de la distribución de Weibull, entre ellos el de Regresión Lineal y el de Máxima Verosimilitud. En este trabajo, a partir de una distribución conocida de antemano, se obtienen valores de tenacidad al azar y se estiman los parámetros con los dos métodos mencionados. Se calculan también los valores de probabilidad de falla del 3% ($LB_{3\%}$) para compararlos entre sí, y con el correspondiente a la distribución de Wallin y al teórico del cual se sacan los datos.

Este trabajo se enfoca a la estimación de los parámetros de la distribución de Weibull, desde el punto de vista de ajuste de datos, sin analizar la validez del modelo de weakest link y de las fórmulas de conversión de espesores, ya que resulta importante analizar las estimaciones de los parámetros de la distribución de Weibull para luego avanzar sobre la validez de las fórmulas de conversión.

2. Métodos de estimación de parámetros

2.1 Regresión lineal

Para aplicar este método, se deben tabular los valores de la variable en forma ascendente, asignándole a cada uno de ellos un valor de orden i (*ranking*). Este valor varía desde 1 hasta el número total de datos de la muestra (N).

Se estima, para cada elemento considerado, la probabilidad acumulada, P en la Ec. (10) [11]. Según el valor de la constante c , resulta el valor del estimador de P .

$$P = \frac{i - c}{N + 1 - 2c} \quad 0 \leq c < 1 \quad (10)$$

Según Wallin [12], el mejor estimador para la descripción de la probabilidad media de *ranking* es el dado en la Ec. (11), considerando $c = 0.3$.

$$P = \frac{i - 0.3}{N + 0.4} \quad (11)$$

Para realizar la estimación de los parámetros de la distribución de Weibull se considera que el valor umbral inicial será nulo.

Partiendo de la Ec. (2), tomando dos veces logaritmo en ambos miembros y trabajando algebraicamente, se llega a:

$$\ln\left(\ln\frac{1}{(1-P)}\right) = m \ln(K - K_{\min}) - m \ln(K_0 - K_{\min}) \quad (12)$$

Haciendo un cambio de variables,

$$y = \ln\left(\ln\frac{1}{(1-P)}\right) \quad (13)$$

$$x = \ln(K - K_{\min}) \quad (14)$$

Se llega a la expresión lineal:

$$y = m x - m \ln(K_0 - K_{\min}) \quad (15)$$

Tomando diferentes valores de K_{\min} , se obtendrán diferentes rectas. Se hace variar K_{\min} desde 0 hasta el valor mínimo de la muestra. Se calcula el coeficiente de regresión lineal R^2 , y se elige el K_{\min} que arroja el mayor R^2 .

Los parámetros que se obtienen de ajustar los datos con una recta son la pendiente o parámetro de forma (m) y el parámetro de escala ($K_0 - K_{\min}$). El parámetro umbral (K_{\min}) corresponde al valor que da la mejor linealidad de los datos.

Este método depende del estimador de P , es decir del valor de c elegido para usar la Ec. (10).

2.2 Máxima verosimilitud

La función de densidad de Weibull está dada por la Ec. (16).

$$f(x) = \frac{m}{(K_0 - K_{\min})^m} (K - K_{\min})^{m-1} \exp\left[-\left(\frac{K - K_{\min}}{K_0 - K_{\min}}\right)^m\right] \quad (16)$$

La función verosimilitud de esta distribución será:

$$L(m, K_0, K_{\min}) = \left[\frac{m}{(K_0 - K_{\min})^m}\right]^N \prod_{i=1}^N \left\{ (K_i - K_{\min})^{m-1} \exp\left[-\left(\frac{K_i - K_{\min}}{K_0 - K_{\min}}\right)^m\right] \right\} \quad (17)$$

Las estimaciones de los parámetros serán aquellos valores que maximicen la función verosimilitud dada en Ec. (17).

El procedimiento habitual es tomar logaritmo a la función y derivar esta última expresión respecto a los tres parámetros. De esta manera, con las derivadas parciales igualadas a cero se obtienen los posibles valores de parámetros que maximizan la función verosimilitud.

3. Materiales y Métodos

Se tomaron distribuciones de Weibull con parámetros conocidos.

Se generaron valores de tenacidad que se ajustaban a tres distribuciones teóricas diferentes, siendo sus parámetros:

- $K_{\min}=20$, $m=4$ y $K_0=100$
- $K_{\min}=40$, $m=2$ y $K_0=100$
- $K_{\min}=40$, $m=2$ y $K_0=80$

En cada caso, se generaron 1000 datos. Luego, se tomaron al azar muestras de 6, 12, 18, 24, 36, 50 y 100 valores. Se realizaron 300 combinaciones de cada muestra.

Para cada muestra, se estimaron los parámetros usando los métodos de máxima verosimilitud y de regresión lineal.

Para estimar los parámetros por el método de regresión lineal se buscó maximizar el R^2 de la regresión lineal variando el valor estimado del parámetro K_{\min} desde cero hasta el mínimo valor K de cada muestra con pasos de $0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$.

Para estimar los parámetros por máxima verosimilitud, se buscó maximizar dicha función (Ec. (17)). Para ello se variaron los tres parámetros K_{\min} (paso= $0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$), m (paso= 0.01) y K_0-K_{\min} (paso= $0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$), de modo que el máximo de la función fue obtenido computacionalmente y no resolviendo ecuaciones diferenciales.

Se compararon los resultados de los parámetros obtenidos por los diferentes métodos.

También, se compararon los valores de tenacidad correspondiente a un 3% de falla ($LB_{3\%}$).

4. Resultados y Discusión

La Figura 1 muestra los valores medios de los parámetros de la distribución de Weibull (Ec. (2)), y la dispersión en las estimaciones, obtenidas para los casos considerados, según los métodos de máxima verosimilitud y de regresión lineal, en función del tamaño de cada muestra (cantidad de datos en la muestra).

4.1 Parámetro umbral (K_{\min})

En la estimación de los valores de K_{\min} , se observa que el método de máxima verosimilitud arroja valores medios de las estimaciones superiores al método de regresión lineal, principalmente cuando la muestra es pequeña y cuando la distribución original tiene pendiente $m=4$.

La dispersión de resultados es similar según ambos métodos, reduciéndose a medida que se incrementa el tamaño de muestra, aunque es de destacar que es considerablemente elevada para $N=100$ cuando $m=4$.

En los casos de datos generados a partir de $K_{\min}=40$, el valor medio obtenido para 300 muestras es cercano al teórico de la población que dio origen a las muestras, manteniéndose este valor medio prácticamente constante al variar el tamaño de la muestra, desde $N=6$.

4.2 Parámetro de escala (K_0-K_{\min})

En la Figura 1 se muestra la variación del valor medio del parámetro de escala $b=K_0-K_{\min}$ en función del tamaño de muestra.

La tendencia es similar a la detallada para el parámetro K_{\min} . Buenas estimaciones, con valores prácticamente constantes (sin importar el método de estimación usado) cuando la población de origen tiene valores de pendiente $m=2$, mientras que el caso en que la población

original tiene pendiente $m=4$, se observa gran dispersión y un aumento del parámetro b a medida que aumenta N .

En este caso, se observa que en general las estimaciones de b son mayores cuando se usa el método de regresión lineal.

4.3 Parámetro de forma (m)

De la Figura 1 no se observa con claridad una ventaja en la estimación de la pendiente de Weibull trabajando con un método de estimación determinado. En algún caso parece ser mejor el método de máxima verosimilitud mientras que otros parece mejor el de regresión lineal.

Sí se aprecia una mayor dispersión de resultados cuando se trabaja con datos obtenidos de la combinación de valores $K_{\min}=20$, $m=4$ y $K_0=100$.

Pero, en general, desde tamaños de muestras pequeñas, el valor medio del parámetro estimado es cercano al teórico de la población considerada.

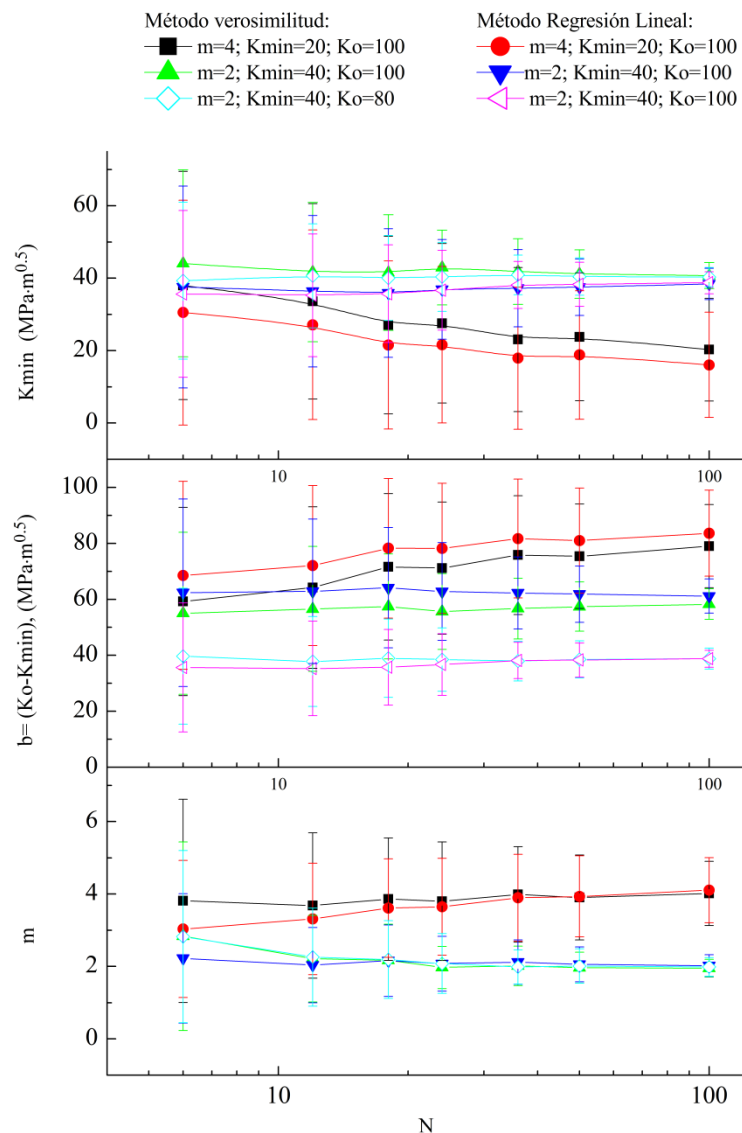


Figura 1. Parámetros estimados vs. tamaño de la muestra

4.4 Valores de tenacidad para una probabilidad de falla de 3% ($LB_{3\%}$)

La Figura 2 muestra los valores de tenacidad para una probabilidad de falla de 3% ($LB_{3\%}$), para los diferentes casos considerados, y en función del tamaño de muestra.

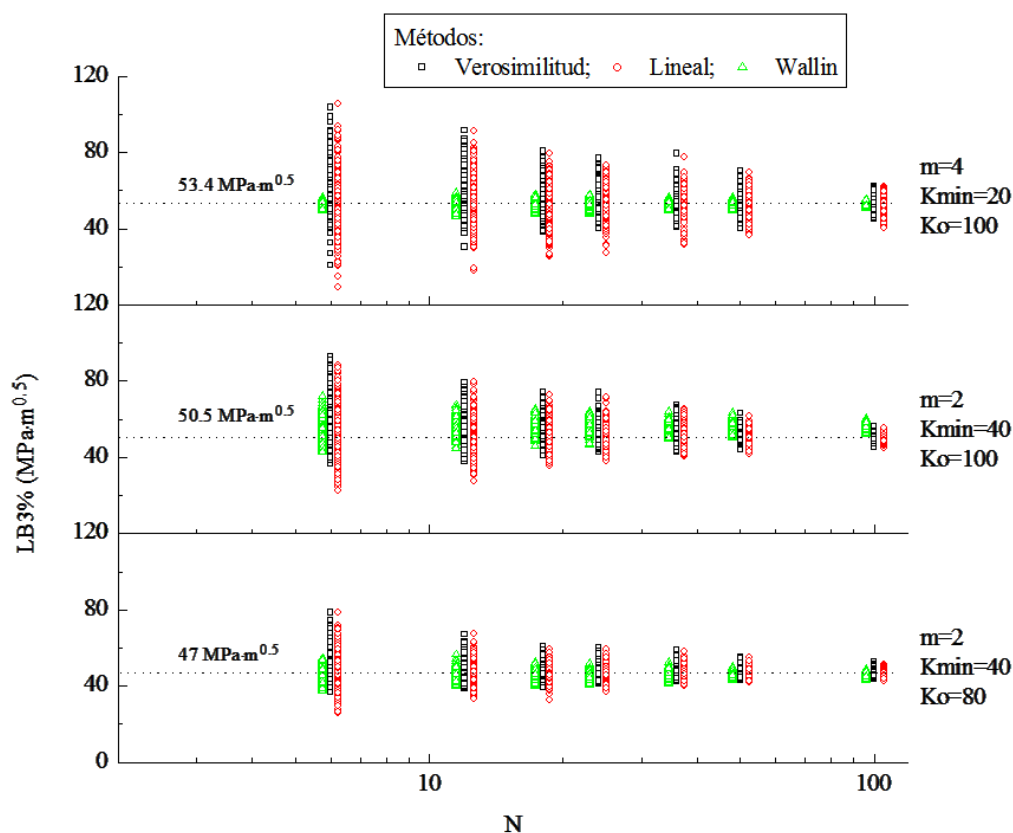


Figura 2. $LB_{3\%}$ vs. tamaño de muestra N

Se observa que los valores de $LB_{3\%}$ son menores, en general, cuando se estiman usando regresión lineal frente a máxima verosimilitud.

Los $LB_{3\%}$ obtenidos usando parámetros fijos (propuesta de Wallin), como se esperaba presentan menor dispersión, y resultados muy cercanos a los teóricos, aunque en el caso de $K_{\min}=40$, $m=2$ y $K_0=100$ los valores $LB_{3\%}$ obtenidos con esta propuesta resultan superiores (no conservativos) frente al valor teórico. Esto también sucede cuando se usa el método de Máxima Verosimilitud. En cambio, cuando se estima el $LB_{3\%}$ usando Regresión Lineal, y a pesar de tener una dispersión mayor, los valores medios coinciden con el valor teórico.

5. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se analizaron las estimaciones de los parámetros de Weibull según los métodos de Máxima Verosimilitud y de Regresión Lineal, para diferentes tamaños de muestras. No se puede concluir sobre la ventaja de un método de estimación sobre otro, en cuanto a los parámetros obtenidos. Existe un indicio de que no tiene tanta incidencia el método de estimación, sino las poblaciones que dan origen a las muestras, es decir los valores teóricos de los parámetros a estimar. Este aspecto merece un estudio más profundo.

También se obtuvieron las estimaciones de la tenacidad para un nivel de falla de 3%. Si bien en principio trabajar con parámetros fijos (propuesta de Wallin) arroja menor dispersión de

resultados, en algunos casos se obtienen valores no conservativos. En este sentido, a pesar de necesitar mayor cantidad de datos por muestra, resultaría conveniente trabajar con una distribución estimando los tres parámetros, y en este caso, los resultados obtenidos con el método de Regresión Lineal (de obtención más sencilla) son mejores que con el método de Máxima Verosimilitud.

Agradecimientos

Al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

6. Referencias

- [1] LANDES, J.D.; SHAFFER, D.E. (1980). Statistical Characterization of Fracture in the Transition Region. *Fracture Mechanics*, 12th Conference, ASTM STP 700, p.368-382.
- [2] LANDES, J.D.; MCCABE, D.E. (1982). Effect of Section Size on Transition Behavior of Structural Steels. *Scientific paper 81-1D7-Metal-P2*, Westinghouse R&D Center.
- [3] WEIBULL, W (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, Trans. ASME. 1951, p.293-297.
- [4] WALLIN, K (1984). The scatter in K_{IC} results. *Engineering Fracture Mechanics*, v.6, p.1085–1093.
- [5] WALLIN, K (1989). A simple theoretical charpy-V- K_{IC} correlation for irradiation embrittlement. In: *Proc. ASME pressure vessels and piping conference, innovative approaches to irradiation damage and fracture analysis*, PVP-Vol. 170, American Society of Mechanical Engineers, New York, p.93–100.
- [6] WALLIN, K (1989). The effect of ductile tearing on cleavage fracture probability in fracture toughness testing. *Engineering Fracture Mechanics*, v.32, n.4, p.523–531.
- [7] WALLIN, K (1992). Recommendations for the application of fracture toughness data for structural integrity assessments. In: *Proceedings of the joint IAEA/CSNI specialists meeting on fracture mechanics verification by large-scale testing*, NUREG/CP-0131 (ORNL/TM-12413), Oak Ridge, p.465–494.
- [8] ASTM E1921-15a¹ (2015). Standard Test Method for Determination of Reference Temperature, T_0 , for Ferritic Steels in the Transition Range. *ASTM book of Standards*.
- [9] BEREJNOI, C.; PEREZ IPIÑA, J.E. (2015). Analysis of size and temperature effects in the ductile to brittle transition region of ferritic steels. *Engineering Fracture Mechanics*, v.148, p.180–191.
- [10] PEREZ IPIÑA, J.E.; BEREJNOI, C. (2016). Analysis of specimen size conversion in the ductile to brittle transition region of ferritic steels. *21st European Conference on Fracture*, ECF21, 20-24 June 2016, Catania, Italy.
- [11] WALLIN, K (1993). Statistical Aspects of Constraint with Emphasis on Testing and Analysis of Laboratory Specimens in the Transition Region. *Constraint Effects in Fracture*, ASTM STP 1171, p.264-288.
- [12] WALLIN, K (2011). *Fracture toughness of engineering materials, estimation and application*. United Kingdom: EMAS Publishing, 543 p. ISBN: 0-9552994-6-2



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Pretratamiento de un mineral de oro refractario

Roger Gustavo Aragón, UNCa, ro.aragon@tecno.unca.edu.ar

Fernando Torres, UNCa, ftorres@tecno.unca.edu.ar

Resumen

En menas sulfurosas refractarias que contienen oro, las partículas muy pequeñas, típicamente entre 10 micrones y 1 micrón, representan una problemática especial en el procesamiento para la recuperación del oro, ya que se encuentra generalmente finamente diseminado en capas ó fracturas de los minerales sulfurados, generalmente en pirita y arsenopirita. De esta manera, para lograr separar oro de este tipo de menas, se debe descomponer los sulfuros para liberar el oro. Muchos métodos se han investigado la tostación, la oxidación bajo presión y la oxidación bacteriana son algunos de los métodos empleados para la oxidación de los sulfuros portadores de oro. El tratamiento previo de la mena con la aplicación de hidróxido de sodio como oxidante previo a la cianuración, es una alternativa a las menas arseniacales de oro ya que reduce su concentración además de contribuir a la eliminación de finos y arcillas (lamas). En este trabajo se exponen ensayos a un pórfido que se ha manifestado refractario a la cianuración, aplicando hidróxido de sodio y analizando las variables que influyen en la recuperación de oro, con el fin de analizar su aplicación a nivel industrial de este tratamiento.

Palabras clave: oro-menas sulfurosas refractarias

1. Introducción

El mineral sobre el cual se realizaron los estudios es un mineral, caracterizado como pórfido diorítico, depositado en un stock de mina a cielo abierto. La mineralogía de la muestra indica que el 64% del oro tiene un tamaño inferior a 5 micrones y se presenta ocluido en la ganga. ensayos previos, han determinado que el mineral tiene finos en porcentajes mayores al 20% y presencia de arcillas, así como arsénico, en forma de oropimente, rejalgá y arsenopirita, razón por la que se compactan las columnas y en los ensayos en frascos se han obtenido extracciones menores al 25%.

Se investigaron posibles vías de pretratamiento del mineral, enfocándose en los dos problemas principales: La presencia de arsénico, material fino y arcillas.

Para el pretratamiento del arsénico se encontraron los siguientes métodos:

- Tostación.
- Tratamiento alcalino.
- Ozono.
- Microondas.

La tostación se realiza a temperaturas que aseguren la oxidación de los sulfuros. Este proceso necesita temperaturas entre 600° y 800°C, generando gases que deben ser recolectados apropiadamente, para evitar su escape al medio ambiente. ^[8]

El tratamiento alcalino previo a la disolución, tiene ventajas sobre la tostación, porque se lleva a cabo a temperaturas más bajas (menos de 100°C). Los reactivos oxidantes que se utilizan son: hidróxido de sodio/potasio, cloruro férrico, peróxidos, cloratos.^[2,4,5,7,9]

Para los ensayos se seleccionaron dos métodos: Tratamiento alcalino con hidróxido de sodio, la razón principal de su elección se debe a que es un reactivo que se utiliza habitualmente en la planta de procesos. El otro método seleccionado es la aplicación de microondas, debido que según ensayos a escala laboratorio, se obtienen altas extracciones con un tiempo de exposición de pocos minutos.^[13,14]

Los efectos negativos de la presencia de arcillas y materiales finos se traducen en inestabilidad de pilas, inundaciones, deficiente extracción, etc., y se resuelven aglomerando el mineral frecuentemente con cianuro, cal y cemento, para luego lixiviarlo.

2. Materiales y Métodos

Los ensayos se dirigieron a pasar a solución el arsénico, y de esta manera evitar que afecte a la lixiviación, por su capacidad de consumir cianuro y oxígeno. La primer serie de ensayos se realizó por medio de quick test, para determinar la influencia de las siguientes variables: concentración de NaOH, tiempo de tratamiento con NaOH y microondas, granulometría.

En base a los resultados de los quick test, de los cuales se obtuvieron las concentraciones de NaOH y tiempos de pretratamiento, se diseñó el protocolo para los ensayos en columnas.

2.1 Quick Test

Antes de ejecutar los ensayos de lixiviación, se hicieron ensayos rápidos en frascos para aplicar los métodos seleccionados: Tratamiento alcalino y Tratamiento con microondas del mineral.

2.1.1 Tratamiento Alcalino

Se realizaron ensayos en frascos con un peso de mineral de 500g y un volumen de solución de 1.000ml. Las variables que se tuvieron en cuenta son las siguientes:

- Concentración de NaOH= 1% y 6%
- Granulometría del mineral: 100% -#10, 100% -#200, 90% -#400, 90% -#635.
- Tiempo de agitación: 10h y 24h

Una vez finalizado el proceso se detuvo el ensayo, y se eliminó la solución de NaOH, se lavó el mineral con un volumen de agua igual al doble que el utilizado en el ensayo. El mineral quedó en condiciones para el proceso de lixiviación.

2.1.2 Tratamiento con Microondas

Para el pretratamiento con microondas, se mantuvieron constantes la potencia, intensidad y frecuencia. Las variables que se consideraron para el estudio fueron: la granulometría, y el tiempo de exposición. Los valores de las variables analizadas fueron los siguientes:

- Granulometría del mineral: 100% <#10 y 100% <#200
- Tiempo de exposición a las microondas: 2 y 10 minutos

2.1.3 Lixiviación en frascos

La lixiviación se realizó sobre el mineral obtenido del pretratamiento alcalino y microondas, usando frascos de 4L de capacidad.

Condiciones de los ensayos en frascos:

Peso de mineral: 500g

Volumen de Solución: 1.000ml

[CN]= 1.000ppm

Tiempo de lixiviación: 48h

Toma de muestras: 1, 3, 6, 12, 24 y 48h

2.2 Ensayos en Columnas de Lixiviación

En base a los ensayos realizados en los quick test se determina la concentración de NaOH y el tiempo del tratamiento previo de la mena para llevar a cabo los ensayos en columnas de lixiviación.

2.2.2 Aglomeración

El mineral se aglomera por medio de un equipo homogeneizador, agregándolo junto con los agentes aglomerantes (cal y cemento) y mezclando por 5 minutos. Luego se procedió a completar el proceso adicionando la solución aglomerante, para lo cual se utilizaron tres concentraciones de cianuro: 250ppm, 1.000ppm, 5.000ppm y una solución aglomerante sin cianuro (ensayo en blanco). El tratamiento alcalino se realizó en forma conjunta con el proceso de aglomeración, de tal manera que el curado y el tratamiento alcalino ocurran al mismo tiempo, y no de forma consecutiva, esto es para reducir tiempos de operación. Una vez finalizado el proceso de aglomeración, se procedió a cargar las columnas y dejar curar el mineral dentro de las mismas durante 24 horas.

Las condiciones experimentales en que se realizó el proceso de aglomeración fueron:

Peso de mineral: 50kg

Dosificación de cal: 250g/t

Dosificación de cemento: 10kg/t

Solución de aglomeración: en función de las condiciones de los ensayos

- Ensayo blanco sin tratamiento químico: 3L de agua.
- Ensayos con pretratamiento alcalino: 3L de solución de 1% de NaOH.
- Ensayos con pretratamiento alcalino y cianuro en aglomeración: solución de NaOH al 1% y una concentración de cianuro de 250, 1.000 y 5.000ppm.

2.2.3 Lixiviación en columnas

El proceso de lixiviación se realizó en columnas de 8" de diámetro por 2m de altura, con una carga de mineral de 50kg. La tasa de riego utilizada en los ensayos en columnas fue la utilizada industrialmente en la lixiviación en pilas, 10 L/hxm², y la granulometría fue de 100% < 1 pulgada.

Las condiciones de los ensayos de lixiviación en columnas fueron las siguientes:

Peso de mineral: 50kg

Tiempo de curado: 24h

Solución cianurada: 250ppm
Tasa de riego: 10 L/hxm²
Caudal de alimentación: 5,4ml/min.
Granulometría: 100% < 1"

3. Resultados y Discusión

3.1 Quick test

Influencia de la Concentración de NaOH

La Figura 1 muestra la influencia de la concentración de NaOH. Se observa que las mejores recuperaciones (70,41%), se obtienen con una concentración de 1% de NaOH. Al utilizar una concentración de 6% de NaOH, se obtiene una recuperación del 53,17%. Se concluye que el incremento de la concentración de NaOH, tiene un efecto inverso sobre la extracción de oro.

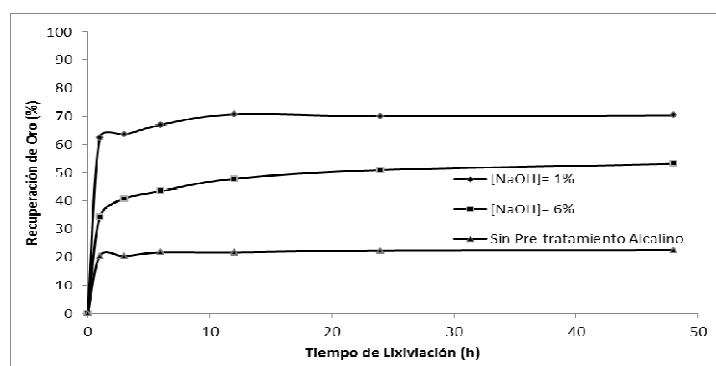


Figura 1. Recuperación de oro con diferentes concentraciones de NaOH. ^[12]

3.1.1 Influencia de la Granulometría

Para determinar la influencia de la granulometría se realizaron ensayos con cuatro tamaños diferentes: 100% -#10, 100% -#200, 90% -#400 y 90% -#635. Para cada granulometría se realizó un ensayo sin tratamiento alcalino y otro con tratamiento alcalino.

3.1.2 Ensayo sin tratamiento alcalino

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados de la recuperación de oro en cada granulometría.

Tabla 1. Ensayos sin pretratamiento alcalino. ^[12]

Tiempo (h)	Recuperación de Oro (%) en granulometría			
	#10	#200	#400	#635
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	19,11	21,66	31,11	38,54
3	19,11	21,66	34,07	45,19
6	20,38	22,93	40,00	47,84
12	20,38	24,20	41,48	50,50
24	21,66	22,93	42,96	51,83
48	21,66	25,48	41,48	51,83

En la Figura 2 se observa la recuperación de oro para un mineral que fue lixiviado sin tratamiento alcalino. La reducción de tamaño genera un aumento en la extracción de oro, pasando de 21,66%, para la granulometría 100% -#10, a 51,83% para el tamaño 90% -#635.

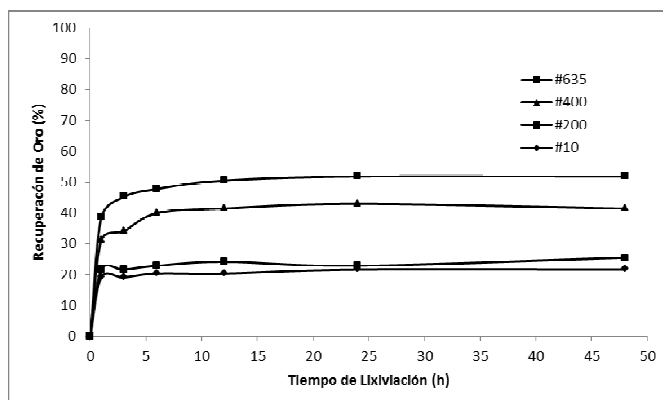


Figura 2. Ensayos sin pretratamiento alcalino. ^[12]

3.1.2.1 Ensayos con tratamiento alcalino

En la Tabla 2 se observa la recuperación de oro cuando se realiza el pretratamiento alcalino.

Tabla 2. Recuperación de oro en mena con pretratamiento alcalino. ^[12]

Tiempo (h)	Recuperación de Oro (%) en granulometría			
	#10	#200	#400	#635
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	43,86	52,85	61,78	72,38
3	48,22	55,91	66,53	81,59
6	52,09	58,30	74,46	82,91
12	55,97	62,62	77,62	88,17
24	57,67	63,37	79,21	90,80
48	58,55	65,04	79,21	89,49

La Figura 3 muestra que la recuperación de oro se incrementa en la medida que reducimos la granulometría, para un mineral que fue tratado con hidróxido de sodio.

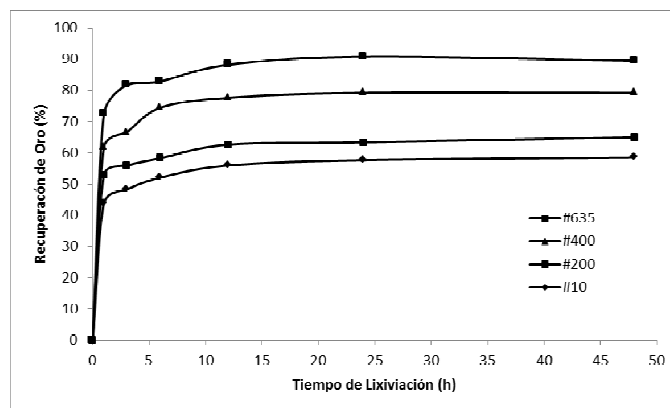


Figura 3. Recuperación de oro en mineral pretratado con Na OH. ^[12]

En la Figura 4 se puede observar que la diferencia de la recuperación se mantiene en un rango de valores entre 36,90% y 39,56%, independientemente de la granulometría analizada.

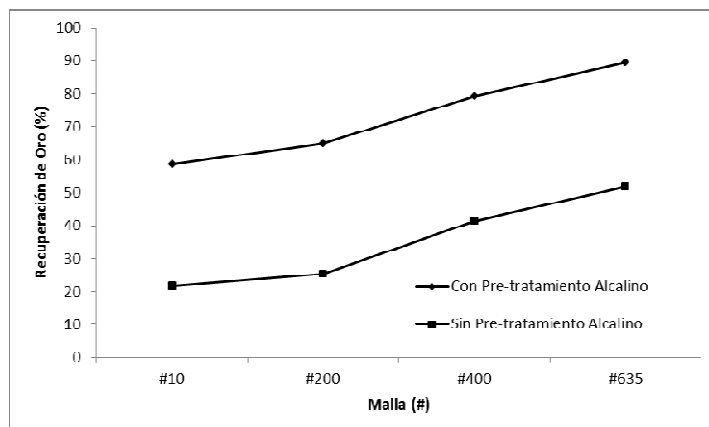


Figura 4. Gráfico comparativo para mena tratada y blanco vs granulometría. ^[12]

3.1.2.2 Influencia del tiempo del tratamiento alcalino con NaOH

La Figura 5 muestra la influencia del tiempo de pretratamiento de la mena con NaOH en la extracción de oro. Se puede observar que la recuperación de oro es 58,96% para un tiempo de 10 horas, pero incrementando el tiempo a 24 horas, la extracción se eleva a 64,63%. Es decir, que la extracción de oro es proporcional al tiempo de pretratamiento de la mena, produciéndose una variación positiva en la recuperación del 5,68%.

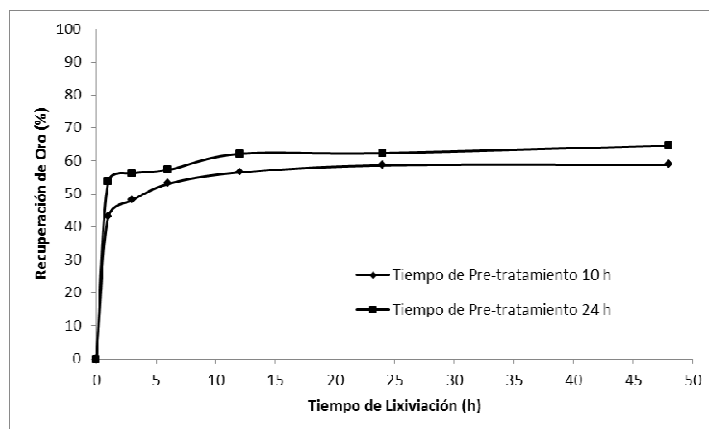


Figura 5. Influencia del tiempo de pretratamiento alcalino con NaOH en la recuperación de oro. ^[12]

3.1.3 Tratamiento de la mena con aplicación de microondas

3.1.3.1 Influencia de la Granulometría.

La Figura 6 indica la influencia de la granulometría cuando la mena se trata previamente con microondas. La extracción de oro es del 26,67%, para el mineral con una granulometría 100% <#200. Pero la extracción de oro se reduce a 24,12%, cuando el mineral tiene una granulometría 100% <#10.

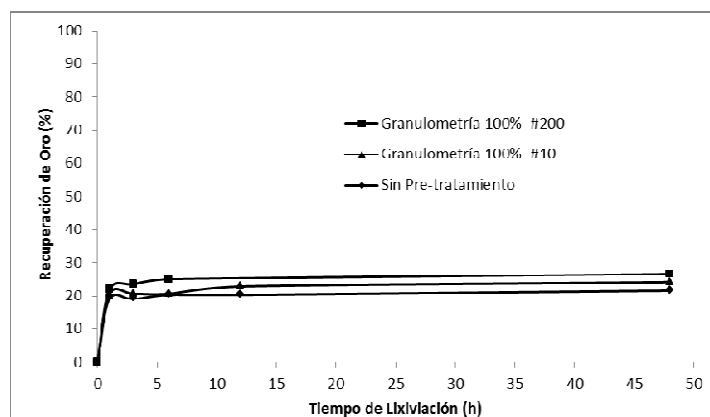


Figura 6. Influencia de la granulometría para una mena de oro. ^[12]

3.1.3.2 Influencia del tiempo de tratamiento con microondas

En la Figura 7 se indica la influencia en la recuperación de oro al aplicar distintos tiempos de pretratamiento de la mena con microondas. La recuperación de oro alcanzando 24,59%, para 2 minutos de exposición, se incrementa a 26,11% a los 10 minutos, y luego se reduce a valores de 25,48%, cuando el tiempo de exposición a las microondas es 20 minutos.

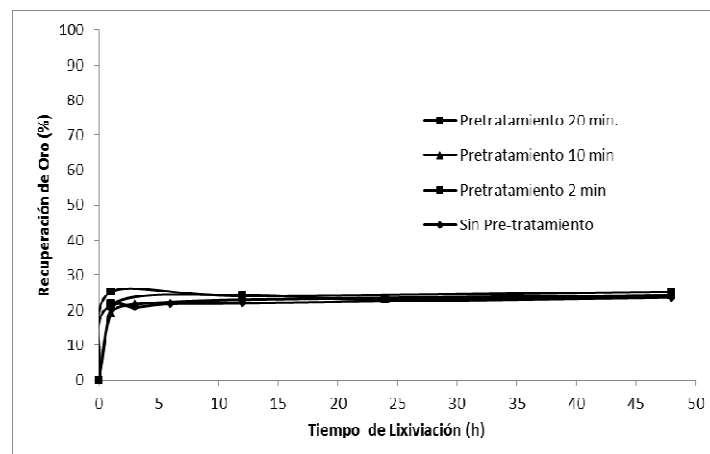


Figura 7. Influencia del tiempo de pretratamiento con microondas en la recuperación de oro. ^[12]

3.2 Discusión de los resultados de los quick test

Los ensayos quick test fueron realizados con el fin de proveer información sobre las variables: [NaOH], tiempo de pretratamiento y granulometría. Para poder llevar a cabo los ensayos en columnas y luego poder escalar a nivel industrial.

Se ha verificado que la concentración de NaOH produce un efecto inverso sobre la extracción de oro: para una concentración de 1% de NaOH, se obtuvo una recuperación de 70,41%, pero si la concentración de NaOH se incrementa a 6%, la extracción se reduce a 53,17%.

En el caso del pretratamiento con microondas no se observan mejoras o incrementos significativos en la extracción de oro.

Por todo esto para los ensayos en columnas se decide utilizar 1% NaOH, tiempo de tratamiento de 24 horas y la granulometría industrial.

3.3 COLUMNAS DE LIXIVIACIÓN

Las columnas de lixiviación se regaron durante 9 días, deteniéndose la lixiviación en el momento en el cual se reportaron leyes menores a 0,01ppm de oro, en la solución rica. Se deja escurrir la solución y se extrae una muestra. Se descarga el mineral, se deja secar y luego se toma una muestra de mineral para determinar la ley del ripio o colas.

3.3.1 Aglomeración

Para evaluar la eficacia del proceso de aglomeración se realizó un análisis granulométrico en las siguientes etapas del proceso de aglomeración: a) antes de aglomerar, b) luego del proceso de aglomeración, y c) cuando finaliza el proceso de lixiviación del mineral.

En la Figura 8 se observa que la fracción fina en la alimentación (<#100) es de 22,43% y luego del proceso de aglomeración, el mineral posee una granulometría > a #18.

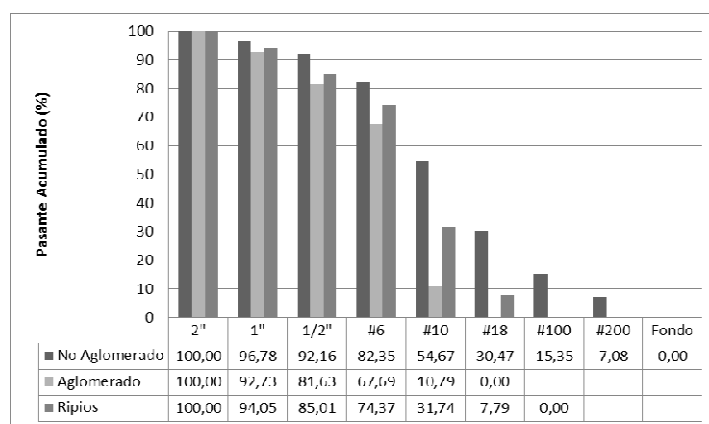


Figura 8. Análisis granulométrico del mineral aglomerado y sin aglomerar. ^[12]

3.3.2 Ensayos de aglomeración en mena no tratada previamente

Se puede observar en la Figura 9 la influencia de la concentración de cianuro en la extracción de oro, para un mineral que no fue expuesto a un pretratamiento alcalino. La extracción de oro es 19,04% para un mineral que fue aglomerado con una concentración de 250ppm de cianuro. Cuando el mineral es aglomerado sin cianuro, se obtiene una recuperación de oro de 17,94%.

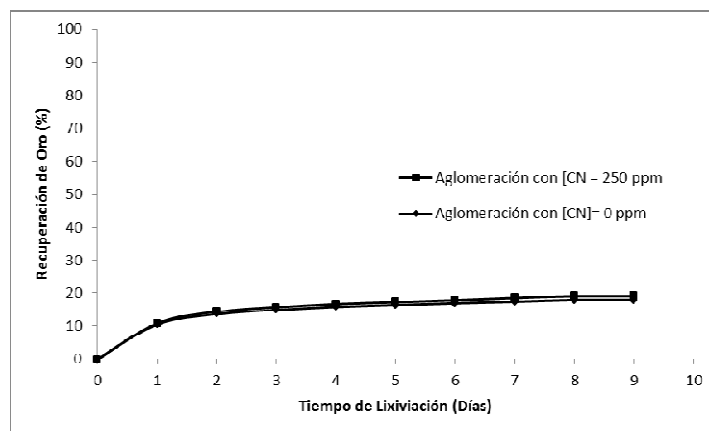


Figura 9. Influencia de la concentración de cianuro en aglomeración en la recuperación de oro. ^[12]

3.3.3 Influencia del pretratamiento alcalino en aglomeración sin cianuro.

La Figura 10 indica la influencia del tratamiento alcalino en la recuperación de oro, cuando no se emplea cianuro en la aglomeración. La extracción de oro es 34,55%, cuando se realiza un tratamiento alcalino y 17,94% si la mena no es tratada previamente, es decir que el pretratamiento alcalino incrementó la extracción de oro en 16,61%. También se incrementa la cinética de lixiviación de oro.

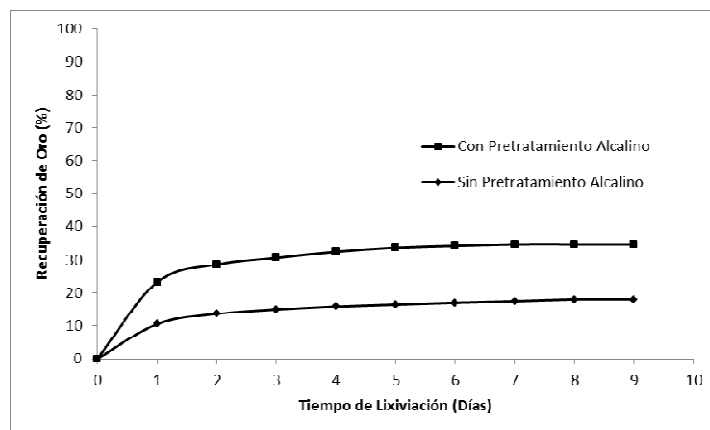


Figura 10. Recuperación de oro para mineral con tratamiento alcalino y sin él. ^[12]

3.3.4 Comparación de diferentes concentraciones de cianuro en aglomeración.

Podemos observar en la Figura 11 la variación de la recuperación de oro, cuando se modifican las concentraciones de cianuro en la aglomeración, para un mineral tratado con NaOH. Los resultados indican que la extracción de oro es proporcional al incremento de la concentración de cianuro en la aglomeración. También se puede observar que la cinética mejora cuando se incrementa la concentración de cianuro, para las concentraciones de cianuro de 250ppm, 1.000ppm y 5.000ppm, se obtuvieron extracciones de 35,01%, 36,63% y 37,96%, respectivamente.

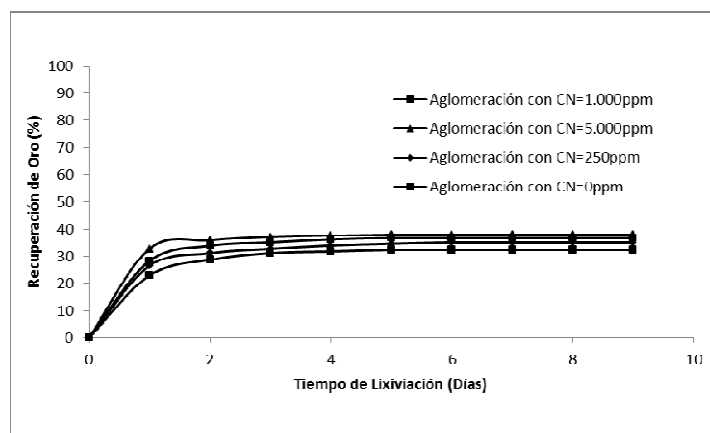


Figura 11. Recuperación de oro a diferentes concentraciones de cianuro. ^[12]

3.3.5 Influencia del cianuro en la aglomeración con pretratamiento alcalino

La Figura 12 muestra que la extracción de oro alcanza 37,96%, cuando el mineral es aglomerado con cianuro y con pretratamiento alcalino. Pero si el mineral es aglomerado sin cianuro la extracción de oro es 34,55%. También se puede observar que la cinética de extracción mejora considerablemente cuando se utiliza cianuro en la aglomeración.

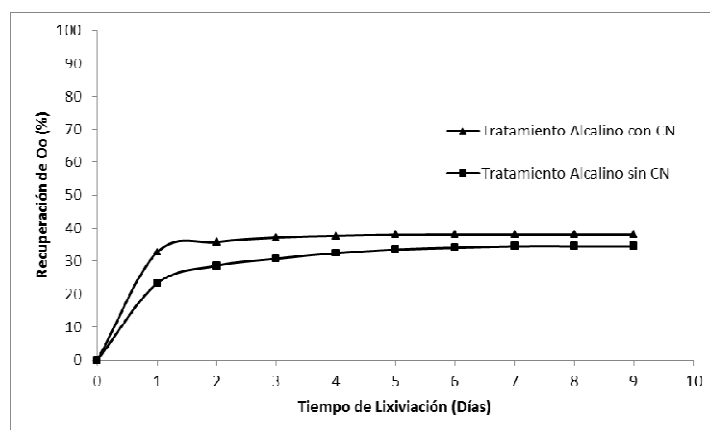


Figura 12. Recuperación de oro cuando se realiza tratamiento alcalino con cianuro y sin él. ^[12]

3.3.6 Ley de oro en la solución rica (PLS).

En la Figura 13 podemos observar que al utilizar altas concentraciones de cianuro en la aglomeración, se producen incrementos de las leyes de la solución rica que se reportan en los primeros días de lixiviación. Para un mineral con una ley de alimentación de 1,55g/t, la concentración de oro en la solución se eleva de 3,55g/t sin aglomerar con cianuro, mientras que la ley es de 4,97g/t para el mineral aglomerado con cianuro.

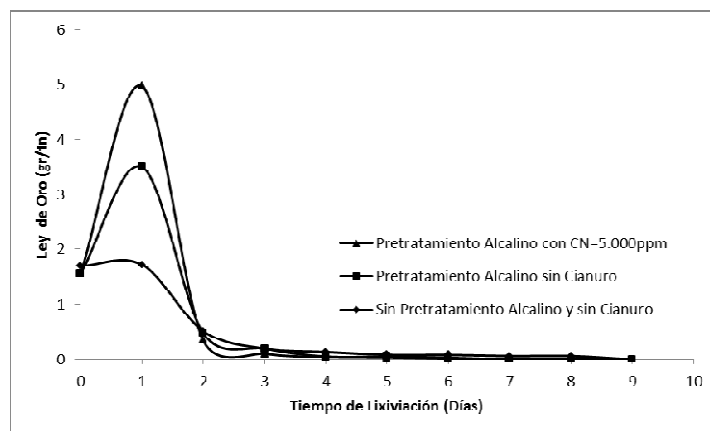


Figura 13. Comparación de leyes de oro en mineral tratado con NaOH, blanco y aglomerado con cianuro y sin cianuro. ^[12]

4. Conclusiones

- Al aplicar el tratamiento alcalino en muestras de pórfidos portadores de oro, que se han manifestado refractarios en la cianuración, se ha encontrado que las mejores condiciones de aplicación de este método son: $[\text{NaOH}] = 1\%$; $\text{pH} = 11,55$; granulometría: 90% $< \#635$; 1.000 ppm de solución cianurada y 48h de lixiviación, obteniéndose para este caso una recuperación de 89,49%.
- Si bien el crecimiento de la recuperación de oro mediante el tratamiento alcalino con NaOH se verifica para todas las granulometrías ensayadas (100% $-\#10$, 100% $-\#200$, 90% $-\#400$ y 90% $-\#635$), que el tamaño tiene una importancia relevante en la recuperación de oro, ya que por ejemplo para la granulometría 100% $-\#10$ y 100% $-\#200$ se obtienen recuperaciones de 58,55% y 65,04%. Para el mineral con granulometría 90% $-\#400$ y 90% $-\#635$ las recuperaciones fueron de 79,21% y 89,49%, respectivamente. Estos resultados están en total acuerdo con los estudios mineralógicos, en los cuales se menciona que el oro está alojado en un 65% por debajo de la $\#2400\text{Ty}$, tamaño de partícula de $6\mu\text{m}$.
- Se ha verificado que altas concentraciones de NaOH producen un efecto inverso sobre la extracción de oro: para una concentración de 1% de NaOH, se obtuvo una recuperación de 70,41%, pero si la concentración de NaOH se incrementa a 6%, la extracción se reduce a 53,17%.
- El tiempo del tratamiento previo mejora levemente la extracción de oro, se obtuvo una recuperación de 58,69% para 10 horas, mientras que a 24 horas alcanzó una recuperación de 64,63%.
- Se ha estudiado como pretratamiento alternativo, la aplicación de microondas, verificándose que no tiene una influencia apreciable sobre la extracción de oro, en relación al mineral sin tratar. Para el mineral con la granulometría 100% $-\#10$, la recuperación alcanzó 24,12% y para el mineral 100% $-\#200$, el incremento la extracción de oro fue 26,67%.
- El ensayo con una aglomeración previa al tratamiento alcalino, y luego lixiviación con cianuro con las siguientes condiciones: P80: 11,43mm; Cal: 250g/t y Cemento: 10kg/t, verificó una recuperación de 34,55% mientras que el mineral sin tratamiento alcalino obtuvo una recuperación 17,94%.
- El proceso de aglomeración elimina los problemas de percolación, generados por la presencia de finos y arcillas.
- Cuando se usan altas concentraciones de cianuro, por ejemplo, 5.000ppm, en la aglomeración se observan incrementos de las leyes de la solución rica (PLS) que se reportan en los primeros días de lixiviación. Para un mineral con una ley de alimentación de 1,55g/t, la concentración de oro en la solución se eleva de 3,55g/t, para el mineral sin cianuro, a 4,97g/t, para el mineral aglomerado con cianuro.
- El tratamiento de biooxidación en muestras de similares características (un mineral refractario de la misma mina), encontró que el pretratamiento con bacterias, obtiene recuperaciones de 77,6% y 82,5%, para un periodo de biooxidación de 21 y 40 días, respectivamente. El NaOH tiene un tiempo de pretratamiento mucho menor (1 día vs 21 o 40 días), la cinética es mucho más rápida y el reactivo para el pretratamiento alcalino, se utiliza habitualmente en la planta de procesos.^[13]

5. Bibliografía

- [1] MARSDEN, J. y HOUSE, I. *The Chemistry of Gold Extraction*. Ed. Ellis Horwood Series. Nueva York, 1990: 60-71.
- [2] NAGY I., MRKUSICH, P., MCCULLOCH, H. W.(1966). *Chemical Treatment of Refractory Gold Ores*. Research Report N.º 38, Randburg. South Africa, 9th June.
- [3] PARGA, J.R. (1995). *Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios*. *Revista de Metalurgia Madrid* 32(4) 1996, pp.254-261.
- [4] CABRI, L., 2000. *Chemical speciation of gold in arsenopyrite*. *Can. Mineral.* 38, p. 1265–1281.
- [5] BHAKTA, P., Langhans, J., Lei, K., 1989. *Alkaline oxidative leaching of gold-bearing arsenopyrite ores*. Bureau of Mines, Report of Investigations 9258.
- [6] SHOEMAKER, R.S. *Refractory Gold Ore Processing. Advances in Gold and Silver Processing*. Proc. Symp. AtGOLDTech 4.SME-AIME. Reno, NV (EE.UU.), Sep. 1990. p. 113-118.
- [7] BHAKTA, P.N.H. y LEÍ, K. P. V. *Alkaline Oxidative Pretreatment of a Low Grade sulfidic Gold Ore. Advances in Gold and Silver Processing*. Proc. Symp. At Gold Tech4.SME-AIME. Reno, NV (EE.UU.), Sept. 1990. pp 91-95.
- [8] CHEN, B. y REDDY, R.G. *Roasting Characteristics of Refractory Gold Ores. Advances in Gold and Silver Processing*. Proc. Symp. At Gold Tech 4. SME-AIME. Reno, NV (EE.UU.), Sep. 1990: 201-214.
- [9] DARBAN, A., Aazami, M., Meléndez, A., Abdollahy, M., Gonzalez, I., 2011. *Electrochemical study of orpiment (As₂S₃) dissolution in a NaOH solution*. *Hydrometallurgy* 105, p. 296–303.
- [10] HAQUE, K. E., (1987). *Microwave irradiation treatment of a refractory gold concentrate*. In: Salter, R. S., Wyslouzil, D. M. and McDonald, G. W. (eds.) Proc. Int. Symp. on 'Goldmetallurgy', 327–339, Winnipeg, Canada.
- [11] PICKLES, C.A., (2009). *Microwaves in extractive metallurgy: Part 1 - A Review of Fundamental*. *Mineral Engineering - Elsevier Journal*, pp1102-1111.
- [12] ARAGON R.G., "Pretratamiento de un mineral de oro refractario". Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería de Minas. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca, 2.015.
- [13] TORRES, F. TUA, A.S. RIQUELME D. MARCHEVSKY, E., Estudio de recuperación de oro desde una muestra sulfurada. *Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales*, XII JATRAMI, 2.014, 229-234 pp.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN CATALÍTICA DE ETILENO A PARTIR DE BIOETANOL

Matías Braian Michaluk, Laboratorio de Procesos Químicos (LPQ), Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAUS), matiasmichaluk@gmail.com

Walter Adrián Frank, LPQ, UNCAUS, walterfrank@uncaus.edu.ar

Graciela del Valle Morales, Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta (UNSa), gmorales@unsa.edu.ar

Nora Beatriz Okulik, LPQ, UNCAUS, nora@uncaus.edu.ar

Edgardo Ling Sham, INIQUI. Facultad de Ingeniería, UNSa, sham@unsa.edu.ar

Resumen— El etileno es una de las materias primas esenciales para la industria petroquímica. Con el fin de producir etileno a partir de bioetanol (producción verde) a escala laboratorio, se analizaron los rendimientos utilizando un catalizador constituido por una mezcla de alúmina y 10% de óxido de titanio, variando el porcentaje de bioetanol como materia prima. Se presentan algunas caracterizaciones como difracción de rayos X (DRX), espectroscopia de FT-IR de absorción de piridina, fisisorción de nitrógeno, desorción a temperatura programada de amoníaco, y microscopia electrónica de barrido para mostrar las propiedades físico-químicas del catalizador sintetizado. En trabajos anteriores, realizados con etanol absoluto, se puso a punto el equipo experimental y se seleccionaron las variables independientes del sistema (temperatura de reacción, caudal de alimentación de etanol y composición del catalizador). Las experiencias realizadas utilizando los valores óptimos de estos factores (380 °C, 1000 µl etanol/h y 10% titania) y mezclas acuosas de etanol (entre 50 y 100%) mostraron que la conversión de etanol es significativa (~70%) y que la selectividad hacia etileno es superior al 90% aún en mezclas acuosas de baja concentración de etanol (50%). Estos resultados muestran que el catalizador utilizado posee buen comportamiento con soluciones acuosas de etanol y a temperaturas relativamente bajas.

Palabras clave— *bioetanol, deshidratación catalítica, alúmina-titania.*

1. Introducción

La creciente conciencia ambiental ha centrado el interés en el uso de materias primas renovables. Así, el proceso denominado Bioetanol-a-Etileno (BioEthanol-to-Ethylene, BETE) ha cobrado importancia por la posibilidad de uso de bioetanol, obtenido por fermentación de la biomasa (caña de azúcar, maíz, etc.) [1]. La deshidratación de etanol puede tener lugar por dos caminos [2]: la deshidratación intramolecular de etanol para dar etileno, que es endotérmica (1) y la deshidratación intermolecular de etanol para dar dietiléter (DEE), que es exotérmica (2):



En la reacción también pueden generarse subproductos como acetaldehído (ACA) e hidrocarburos como propileno y butileno. Así, la deshidratación catalítica de bioetanol para producir etileno es la primera etapa en el proceso de producción de hidrocarburos y combustibles [3, 4].

En la deshidratación de etanol se han utilizado diversos sistemas catalíticos, entre los que se destacan las zeolitas [5] y los óxidos metálicos [6]. En este último caso, catalizadores formados por mezclas de alúmina y óxido de titanio ($\text{TiO}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) produjeron alta selectividad a etileno (> 97%) a 500°C alimentando el reactor con etanol puro. Sin embargo, el uso de mezclas acuosas en distintas proporciones mostró que se requieren altas temperaturas para mantener el valor de selectividad [2].

A pesar de los importantes avances realizados el proceso de producción de etileno a partir de bioetanol, aún no resulta económico por sí mismo como para reemplazar al derivado de los combustibles fósiles. Si bien se han reportado diversas modificaciones en los catalizadores para ser usados a escala industrial, así como en la tecnología usada con el fin de reducir costos, el bioetileno no es aún lo suficientemente rentable para la industria [7] al menos en pequeña escala. Probablemente el objetivo deba ser tratar de disminuir la temperatura de reacción en vez de intentar aumentar los rendimientos, lo cual dirige las miradas nuevamente al catalizador.

En trabajos previos se estudió la influencia de distintos parámetros sobre la deshidratación de etanol usando catalizadores de óxidos mixtos $\text{TiO}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ [8, 9] en la deshidratación de etanol. Los resultados mostraron altos rendimientos de etileno con catalizadores formados por mezclas de alúmina y 10% de óxido de titanio cuando se trabaja a temperatura de 380 °C.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en reacciones de deshidratación utilizando soluciones acuosas de etanol evaluando el efecto del agua sobre el catalizador y, en consecuencia, sobre el rendimiento de la reacción.

2. Materiales y Métodos

2.1 Síntesis

La preparación del óxido mixto $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ con 10 % en peso de TiO_2 se realizó por el método Sol-Gel, utilizando isopropóxido de titanio como precursor del óxido de titanio TiO_2 (titania) y como soporte un óxido de aluminio, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (alúmina) comercial. Para la síntesis se eligió un medio ácido, que favorece el crecimiento de las partículas de anatasa y rutilo [10]. En la preparación se agregó etanol en una cantidad que es tres veces la humedad incipiente del sólido. Se adicionó ácido nítrico al 65% v/v, quedando una solución de aspecto lechoso que se agitó durante 24 horas. Por separado se preparó un gel formado por una mezcla de etanol, ácido nítrico 1 M, agua destilada y el agregado gota a gota de isopropiltitanio hasta formar el sol, y se lo agregó a la solución anterior. Se agitó durante 24 horas, se centrifugó, se secó en estufa a 80°C durante 24 horas y se calcinó a 500°C por 1 hora.

2.2 Caracterizaciones

La medición de superficie específica, S_g , y el tamaño de poros, d_p , se realizó mediante fisisorción de nitrógeno en un equipo marca Micromeritics Flow Sorb II.

El análisis morfológico de las partículas se efectuó con microscopio electrónico de barrido (MEB-AEM) y un micro-análisis por medio de microscopía electrónica analítica - EDS.

Los cambios estructurales se estudiaron por difracción de rayos X con un equipo DRX SHIMADZU XD-D1 operando a 30 kV y 40 mA, con fuente de Cu K α y los espectros se registraron con una velocidad de barrido de 2°/min, en un rango 2 θ de 20 a 60°.

Los termogramas correspondientes a análisis termogravimétricos (ATG) y a análisis térmicos diferenciales (DTA) se registraron en un equipo marca Rigaku TAS 1100. Se trabajó bajo atmósfera estática de aire, cubriendo el intervalo desde temperatura ambiente hasta 1.200 °C, con una velocidad de calentamiento de 20 °C/min.

Para la determinación de la acidez se utilizó piridina como molécula sonda desorbiendo a diferentes temperaturas midiendo mediante un equipo de infrarrojo (FTIR) marca SHIMADZU IR Prestige-21.

2.3 Reacciones catalíticas

En la Figura 1 se presenta el esquema detallado del equipo de reacción utilizado que consta de un reactor tubular de cuarzo (8 mm de diámetro interno y 300 mm de largo). La inyección de etanol se realiza mediante una bomba de jeringa (Harvard Pump 11 Plus) y se diluye en un flujo de nitrógeno, controlado por un controlador de flujo másico (M+W Instruments GmbH modelo MASS-STREAM™ D-6300). Dicha alimentación se mantiene en fase gas mediante un precalentamiento antes de entrar al reactor. La masa de catalizador del lecho catalítico fue entre (0,001-0,056 g) con tamaño de partícula homogéneo entre 60-80 mesh.

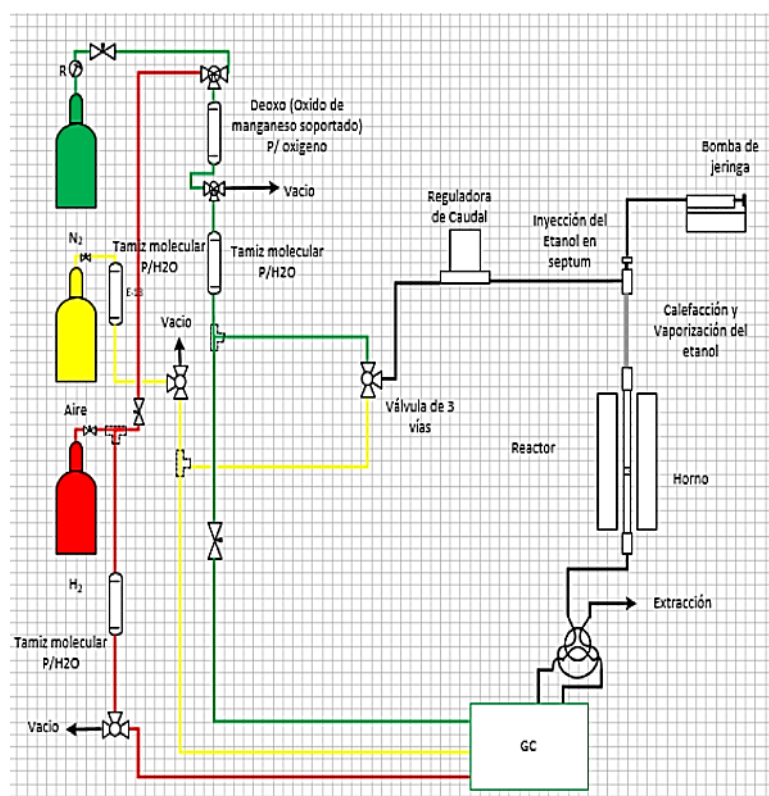


Figura 1. Esquema del equipo experimental

El reactor es calefaccionado a través de un horno y la temperatura se mide a la altura en que se coloca la masa catalítica con una precisión de $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Antes de la reacción, se hace pasar aire al catalizador a una temperatura de 120 °C para secarlo durante una hora. Los productos que salen del reactor se enfrían con un condensador en baño de agua fría, antes de expulsarlo. Se

trabaja con un arrastre de nitrógeno de 50 ml/min, una inyección de etanol de 1000, 1308 y 1737 $\mu\text{l/h}$, y una temperatura de 380 °C preseleccionada de un estudio previo realizado.

Los productos se envían mediante una válvula de seis vías hacia un cromatógrafo de gases (Agilent 7820) con detector de ionización por llama (FID). La identificación y cuantificación de los productos de la reacción se realiza usando una columna capilar HP1 de 30 m (diámetro interno: 0.32 mm, espesor del film: 0,5 μm).

Se alimentó etanol con las siguientes concentraciones de alimentación: ~100; 70 y 50% P/P.

La conversión de etanol (X_{etanol}), definida como la relación entre el número de moles de productos obtenidos y el número de moles de productos y etanol sin reaccionar, se calculó según la ecuación (3).

$$X_{\text{etanol}} = \sum Y_i / (\sum Y_i + Y_{\text{etanol}}) \quad (3)$$

donde Y_i es la fracción molar de productos y Y_{etanol} es la fracción molar de etanol a la salida del reactor.

La selectividad (S_i) hacia los distintos productos formados, se calculó como la fracción molar de producto i respecto de la fracción molar de todos los productos obtenidos, según la ecuación (4).

$$S_i = [Y_i \cdot 100 / \sum Y_i] \quad (4)$$

El rendimiento hacia los distintos productos (η_i) se definió como el producto entre la selectividad del producto i y la conversión obtenida, y se calculó según la ecuación (5).

$$\eta_i(\%) = S_i \cdot X_{\text{etanol}} \quad (5)$$

3. Resultados y Discusión

3.1 Caracterizaciones

La superficie específica del catalizador fue de 123,92 m^2/g , estimando un valor de volumen de poro de 60 cm^3/g para poros de 6 nm de tamaño promedio. El análisis morfológico de las partículas mostró un cambio ligero en la estructura de la alúmina comercial atribuido al dopaje de TiO_2 , lo que puede observarse en la Figura 2.

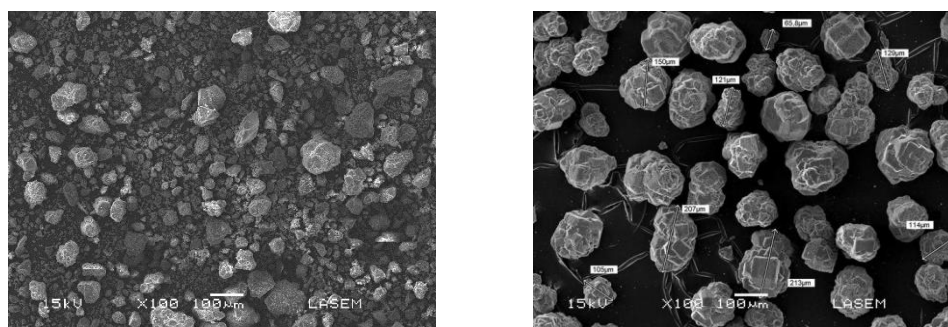


Figura 2. Micrografías MEB del catalizador Al_2O_3 -10 % TiO_2 (izquierda) y de Al_2O_3 (derecha).

El análisis térmico sólo mostró pérdidas de masa a temperaturas menores a ~150 °C, las que pueden ser atribuidas a la remoción de especies fisisorbidas (agua y disolvente) [11] y no se observaron pérdidas de masa importantes a mayores temperaturas. Al aumentar la temperatura

se registró la transformación del hidróxido mixto a óxido mixto, con la correspondiente eliminación de hidroxilos superficiales y estructurales. Los sólidos se estabilizaron a temperaturas superiores a $\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$. El catalizador sintetizado presentó pérdidas totales mayores que las propias de la alúmina pura (28%).

Los espectros de *difracción de Rayos X* muestran picos característicos de fase cristalina anatasa de TiO_2 .

En cuanto a la acidez superficial, los resultados revelan la existencia de sitios ácidos de Lewis. En la Figura 3 se muestra un espectro IR de piridina adsorbida sobre el óxido mixto $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ a temperatura ambiente y desorbido a diferentes temperaturas, en el que puede verse que después de la evacuación a 150, 300 y $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ persisten las bandas a 1455 y 1625 cm^{-1} , típicas de este tipo de sitios.

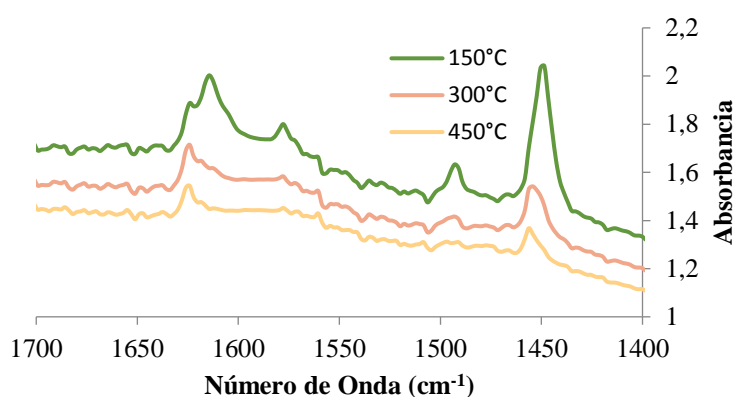


Figura 3. Espectroscopia infrarrojo de piridina absorbida sobre Al_2O_3 -10 % TiO_2 a diferentes temperaturas

En el perfil de desorción de amoníaco a temperatura programada (TPD) se observó un pico máximo a una temperatura cercana a los 360°C (Figura 4), lo que indica que el catalizador posee sitios ácidos moderados [12].

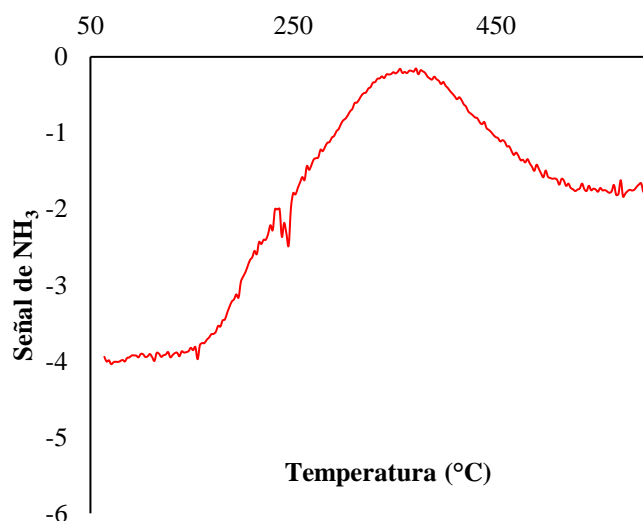


Figura 4. Perfil de desorción de NH_3 a temperatura programada.

3.2 Ensayos preliminares

Se realizaron ensayos de la reacción en fase homogénea con el fin de evaluar si ésta procede sin catalizador. Para ello se colocó lana de cuarzo en el reactor y se ensayó a 380°C alimentando con etanol absoluto en condiciones similares a las utilizadas en las pruebas experimentales. No se observó formación de productos de la reacción lo que prueba que la reacción no ocurre sin catalizador.

En la Figura 5 se muestra un cromatograma típico de una corrida de la reacción catalizada, en el que se aprecia que el etileno es el principal producto y sólo se obtienen pequeñas cantidades de acetaldehído (ACA) y dietiléter (DEE), no observándose la formación de otros hidrocarburos.

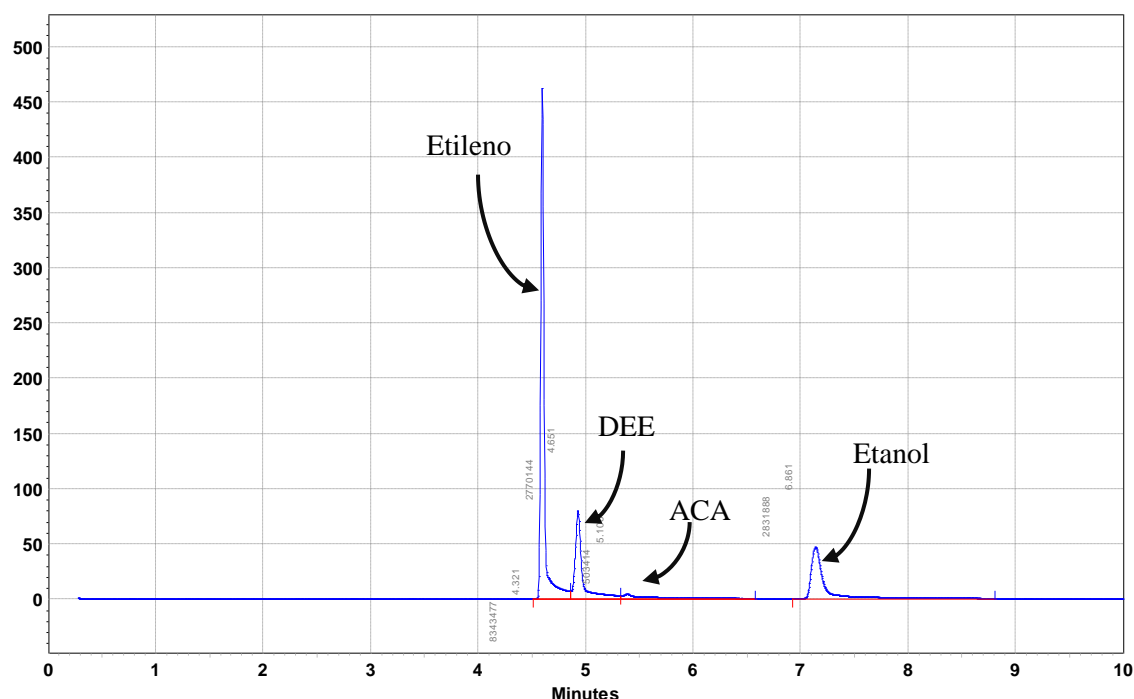


Figura 5. Separación cromatográfica de los productos de la deshidratación de etanol

Estos resultados son coincidentes con los reportados utilizando diferentes catalizadores, según los cuales la reacción de formación de dietiléter predomina a bajas temperaturas y conversiones mientras el etileno es el producto que predomina a altas temperaturas y conversiones [13]. A efectos de evaluar la estabilidad del sistema se realizaron inyecciones sucesivas, con muy buena reproducción de los resultados. En la Figura 6 se muestran los resultados de la conversión de etanol (X_{etanol}) y de las selectividades (S_i) hacia los distintos productos de la reacción a 380 °C, en función del tiempo.

Se observa que tanto la conversión de etanol como las selectividades de los diferentes productos se mantienen aproximadamente constantes luego de sucesivas inyecciones, demostrando tanto la ausencia de desactivación del catalizador en el tiempo ensayado (90 minutos) como la estabilidad del sistema. Por esta razón, los valores correspondientes a las repeticiones en cada corrida fueron promediados mediante una línea de tendencia.

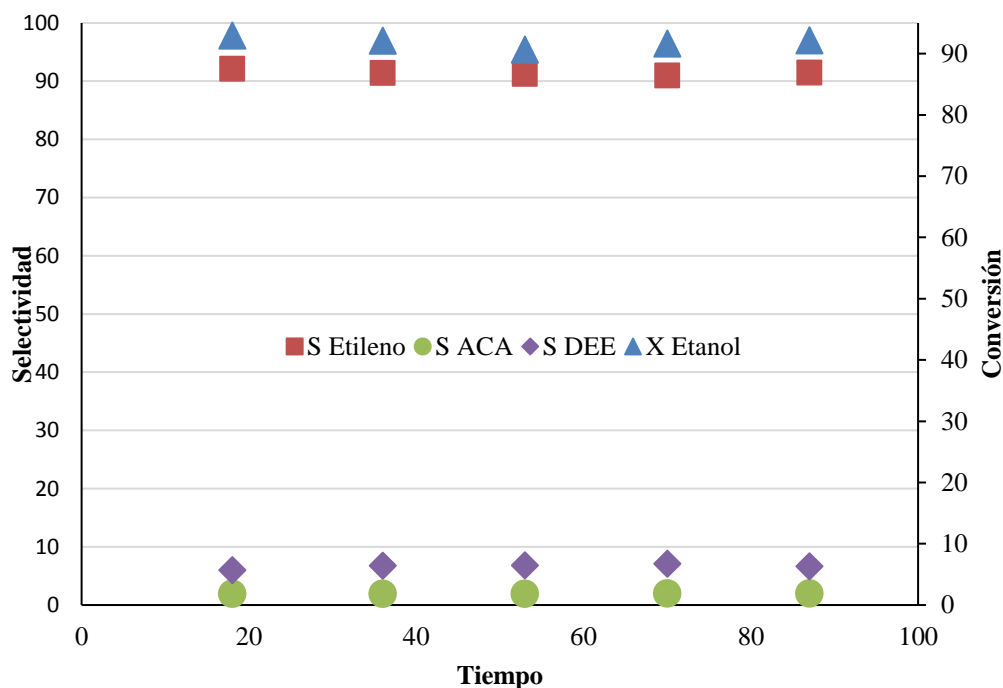


Figura 6. Conversión de etanol y selectividades en función del tiempo de reacción (380 °C, $W/F_{etanol}^0 = 3.27 \text{ g h mol}^{-1}$, Alimentación: etanol puro).

3.3 Ensayos catalíticos

En primer lugar se estudió el efecto del tiempo de contacto (W/F_{etanol}^0) sobre la distribución de productos, lo que se realizó variando el valor de W/F , donde W es la masa de catalizador (g) y F el flujo molar de etanol (h.mol^{-1}). Los resultados de la variación de la conversión de etanol y de los rendimientos hacia los distintos productos de la reacción catalizada a 380 °C en función del tiempo de contacto se muestran en la Figura 7. Si bien para poder determinar la velocidad inicial de cada producto sería necesario realizar determinaciones a valores menores de W/F , se observa que a medida que aumenta el tiempo de contacto se incrementa la conversión de etanol y que el rendimiento en etileno aumenta en el mismo sentido, mientras disminuye el rendimiento en dietiléter. Esta tendencia de variación de la selectividad paralela e inversa respecto de la tendencia en la variación de la conversión de etanol es similar a la reportada por otros autores en reacciones catalizadas por óxidos de metales de transición [13]. La formación de acetaldehído permaneció prácticamente despreciable a lo largo de todo el estudio.

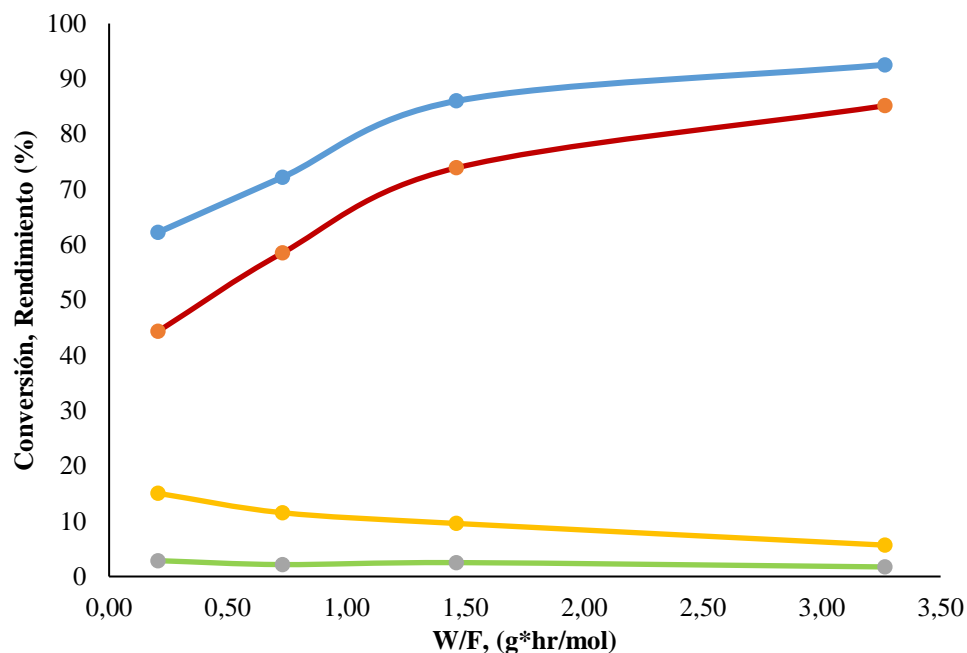


Figura 7. Conversión de etanol en función del tiempo de contacto. Alimentación = Etanol puro. Conversión de etanol (●), rendimiento de etileno (●), de dietiléter (●) y de acetaldehído (●).

El comportamiento del catalizador cuando se utilizan diferentes relaciones de etanol-agua se evaluó para un tiempo de contacto $W/F^{\circ}_{\text{etanol}} = 3,27 \text{ g.h.mol}^{-1}$. Los resultados obtenidos (Tabla 1) muestran que al aumentar el contenido de agua disminuye la conversión de etanol.

Tabla 1. Conversión de etanol para mezclas

Etanol (%)	Conversión (%)
100	92
70	85
50	69

Fuente: elaboración propia.

Con fines de evaluar el efecto del agua sobre la selectividad, se realizaron experiencias a conversión de etanol similares, para los cuales se debió variar además de la concentración del etanol, su flujo a la entrada. Los resultados de las selectividades de los productos de la deshidratación se pueden apreciar en la Figura 8. Como puede observarse, mientras la selectividad hacia acetaldehído se mantiene muy baja y aproximadamente constante, la selectividad a etileno varía de manera inversa a la de dietiléter. La mayor selectividad hacia etileno en mezclas de baja concentración de etanol puede explicarse teniendo en cuenta dos

aspectos: i) la formación de ambos compuestos es simultánea y ii) a medida que varía la concentración de etanol en la alimentación se favorece menos la formación de dietiléter.

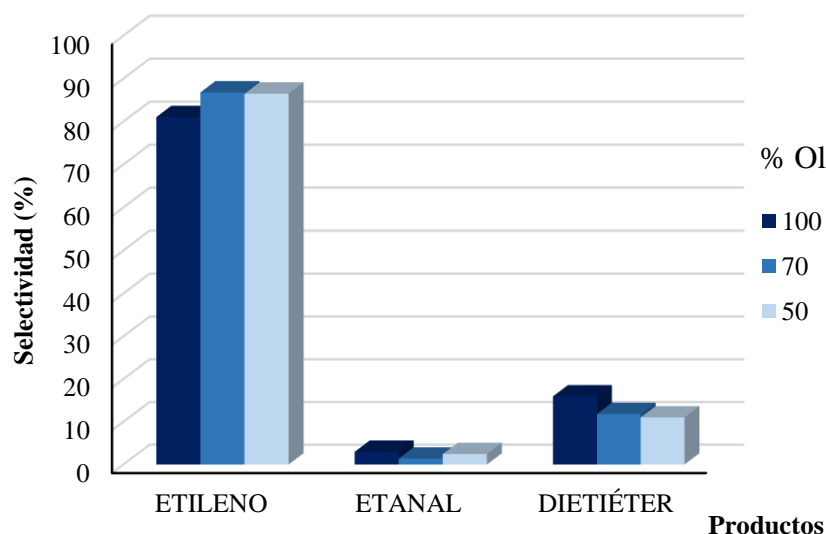
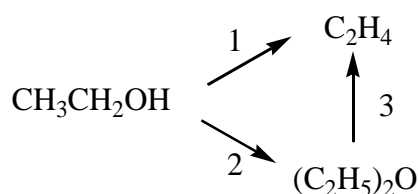


Figura 8. Selectividades de los productos de deshidratación de mezclas de bioetanol

Los resultados sugieren que la formación de etileno se produce por dos caminos (Esquema 1, camino 1) y de DEE a etileno (Esquema 1, camino 3), mientras que la de la reacción de etanol a DEE (Esquema 1, camino 2) es menor. La formación de DEE y su consecuente descomposición para dar etileno fue confirmada sobre otros catalizadores [14].



Esquema 1. Posibles caminos de reacción en la deshidratación de etanol

Asimismo, el mayor orden de la reacción de formación de dietiléter (2) en comparación con el orden de reacción de formación de etileno (1) también provee una explicación de la menor velocidad de formación de dietiléter. Los valores bajos observados para acetaldehído sugieren que es un producto directo del etanol o que se forma en las primeras etapas de las cadenas de reacciones que tienen lugar.

En cuanto a la influencia del agua sobre el catalizador, no se observa inhibición en la actividad del catalizador, por el contrario, los resultados sugieren que la presencia de agua incrementa la formación de etileno, tal como había sido observado previamente [15]. Este hecho puede interpretarse de que la presencia de agua produce una moderación de la acidez superficial del catalizador suprimiendo posibles reacciones secundarias de etileno hacia hidrocarburos de cadena más larga, razón por la que se observa un incremento en la selectividad.

Aun cuando los resultados obtenidos son promisorios, es necesario destacar que el bioetileno no resulta todavía un producto rentable como para ser producido industrialmente [7]. Además de la optimización del catalizador utilizado, es necesario continuar con la investigación de otras fuentes de materia prima para la fermentación y el propio proceso fermentativo, la tecnología

de reactores empleada y otros aspectos que permitan reducir los costos energéticos como la integración con otros procesos productivos, tal como se propone en las biorefinerías.

4. Conclusiones y recomendaciones

La deshidratación catalítica heterogénea de etanol para producir etileno se ha estudiado utilizando diferentes catalizadores siendo la alúmina la que ha mostrado mejor desempeño. El proceso de producción de etileno a partir de bioetanol no resulta económico por sí mismo como para reemplazar al derivado de los combustibles fósiles dado que se requieren altas temperaturas por lo que la búsqueda de un proceso rentable para la producción de bioetileno está dirigida a obtener un catalizador que permita disminuir la temperatura de reacción.

El uso de catalizadores de óxidos mixtos $\text{TiO}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ en la deshidratación de etanol permitió obtener altos rendimientos de etileno cuando se utilizan mezclas con 10% de óxido de titanio a temperaturas relativamente bajas (380 °C).

En las condiciones experimentales que se describen en este trabajo se encontraron significativas conversiones de etanol (~70%) y buenas selectividades hacia etileno (>90%) aún en mezclas acuosas de baja concentración de etanol (50%). Estos resultados muestran la eficacia del catalizador utilizado, que posee buen comportamiento a temperaturas inferiores a 400 °C. Por otra parte, el hecho de que no se observen subproductos como propileno y butileno revela que el catalizador ensayado es útil para la producción de etileno a partir de bioetanol. No obstante, es necesario continuar con las investigaciones acerca de otros aspectos involucrados en el proceso de deshidratación de bioetanol, que complementen los estudios sobre el catalizador y las variables operativas, de modo de hacer rentable la obtención de bioetileno.

5. Referencias

- [1] MORSCHBACKER, A. (2009). Bio-Ethanol Based Ethylene. *Polymer Reviews*, Philadelphia, v.49, n.2, p.79-84.
- [2] CHEN, G.; LI, S.; JIAO, F.; YUAN, Q. (2007) Catalytic dehydration of bioethanol to ethylene over $\text{TiO}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalysts in microchannel reactors. *Catalysis Today*, Amsterdam, v.125, n.1-2, p.111-119.
- [3] ALDRIDGE, G.A.; VERYKIOS, X. E. (1984) Recovery of Ethanol from Fermentation Broths by Catalytic Conversion to Gasoline. 2. Energy Analysis. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Washington, v.23, p.733-737.
- [4] WHITCRAFT, D. R.; VERYKIOS, X. E.; MUTHARASAN, R. (1983) Recovery of Ethanol from Fermentation Broths by Catalytic Conversion to Gasoline. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*, Washington, v.22, p.452-457.
- [5] ZHANG, X.; WANG, R.; YANG, X.; ZHANG, F. (2008) Comparison of four catalysts in the catalytic dehydration of ethanol to ethylene. *Microporous and Mesoporous Materials*, Amsterdam, v.116, n.1-3, p.210-215.
- [6] ABD EL-SALAAM, K. M.; HASSAN, E. A. (1982) Active surface centres in a heterogeneous CdO catalyst for ethanol decomposition. *Surface Technology*, Amsterdam, v.16, n.2, p.121-128.
- [7] FAN, D., DAI, D-J., WU, H. (2013). Ethylene Formation by Catalytic Dehydration of Ethanol with Industrial Considerations. *Materials*, on line, v.6, n.1, p.101.

- [8] FRANK, W.A.; MORALES, G.V.; OKULIK, N.B.; SHAM, E.L. (2015) Catalizadores de óxidos metálicos de transición: caracterización y su aplicación a la deshidratación catalítica de bioetanol. *X Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades del NOA*. Salta, p. 196.
- [9] FRANK, W.A.; MORALES, G.V.; OKULIK, N.B.; SHAM, E.L. (2015) Modelado cinético de la deshidratación catalítica de bioetanol. *XIX Congreso Argentino de Catálisis. VIII Congreso de Catálisis del Mercosur*. Bahía Blanca. p. 919-924.
- [10] WU, M.; G. LIN; D. CHEN; G. WANG; D. HE; S. FENG; XU, R. (2002) Sol hydrothermal synthesis and hydrothermally structural evolution of nanocrystal titanium dioxide, *Chemistry of Materials*, Washington, v.14, p.1974-1980.
- [11] VARGAS, A.; MONTOYA, J.A.; MALDONADO, C.; HERNANDEZ-PEREZ, I.; ACOSTA, D.R.; MORALES, J. (2004) Textural properties of Al₂O₃-TiO₂ mixed oxides synthesized by the aqueous sol method. *Microporous and Mesoporous Materials*, Amsterdam, v.74, p.1.
- [12] BERTEAU P. and B. DELMON. (1989) Modified Aluminas: Relationship between activity in 1-butanol dehydration and acidity measured by NH₃ TPD, *Catalysis Today* Amsterdam, v.5, p.121-137.
- [13] PHUNG, T.; PROIETTI HERNANDEZ, L.; BUSCA, G. (2015) Conversion of ethanol over transition metal oxide catalysts: Effect of tungsta addition on catalytic behaviour of titania and zirconia. *Applied Catalysis A: General*, Amsterdam, v.489, p.180-187.
- [14] IWAMOTO, M.; KASAI, K.; HAISHI, T. (2011) Conversion of Ethanol into Polyolefin Building Blocks: Reaction Pathways on Nickel Ion-loaded Mesoporous Silica. *Chemistry & Sustainability*, Weinheim, v.4, n.8, p.1055.
- [15] PHILLIPS, C. B.; DATTA, R. (1997) *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Washington, v.36, p.4466-4475.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SUPERCAPACITORES SIMÉTRICOS DE TELA DE CARBONO, POLIANILINA Y NANOTUBOS DE CARBONO

**Marcela A. Bavio, INTELYMEC (UNCPBA), CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-
CONICET), Av del Valle 5737, (B7400JWI) Olavarría, Argentina**
mbavio@fio.unicen.edu.ar

**Gerardo G. Acosta, INTELYMEC (UNCPBA), CIFICEN (UNCPBA-CICPBA-
CONICET), Av del Valle 5737, (B7400JWI) Olavarría, Argentina**
ggacosta@fio.unicen.edu.ar

Resumen— Se construyeron supercondensadores simétricos flexibles de tela de carbono (CC), polianilina (PANI) y nanotubos de carbono (NTC) como materiales de electrodo. Se utilizó una celda de dos electrodos iguales de PANI y de PANI-NTC depositados sobre CC, se utilizó papel de filtro como separador y H_2SO_4 0.5M como electrolito. Los nanomateriales desarrollados fueron depositados desde una dispersión acuosa de isopropanol sobre la CC, que además de ser soporte, actúa como colector de corriente. Se realizaron sucesivos depósitos hasta que la carga del electrodo fue de 2 mg y se secaron a temperatura ambiente por 10 minutos. Posteriormente se cubrió el electrodo con una solución alcohólica 5% de Nafion® y se secó a temperatura ambiente durante 30 minutos. El comportamiento de los supercapacitores fue evaluado mediante voltamperometría cíclica, entre 0.0 y 1.0V, a diferentes velocidades de barrido (10 - 100mV/s) y mediante medidas galvanostáticas de carga/descarga a densidades de corriente entre 0.3 y 6.7 mA/cm². Los mejores comportamientos capacitivos fueron obtenidos con los supercapacitores contruidos con electrodos CC/PANI-NTC. Mediante medidas galvanostáticas se obtuvieron capacitancias específicas de 1275 F/g, 915 F/g y 497 F/g para los prototipos que contienen PANI-NTC funcionalizados, PANI-NTC sin funcionalizar y PANI, respectivamente. Se evaluó el ciclo de vida de los supercapacitores dando un rango de retención de capacitancia entre el 85 y 95%.

Palabras clave— *supercapacitores, nanocompuestos, polianilina, nanotubos de carbono, tela de carbono.*

1. Introducción

En los últimos tiempos el desarrollo industrial y tecnológico requiere una creciente cantidad de energía disponible. En la actualidad el aumento en el consumo de energía, no sólo se da a nivel industrial, sino a nivel de la vida cotidiana, y la mayoría de la energía utilizada deriva de fuentes no renovables, tales como el gas natural, carbón, petróleo, siendo cada vez más difícil el acceso a las mismas. Por otra parte, el uso de estas fuentes de energía genera contaminantes que modifican el medio ambiente y afectan el clima, provocando complicaciones, no sólo en el ámbito natural, sino también económicas. Estas razones motivan a los investigadores a desarrollar diferentes formas de obtener energía de una manera más amigable y menos

contaminante para el ambiente, como la energía solar o la eólica. Las principales desventajas de estos sistemas de energía están relacionadas con su relativamente alto costo de construcción y de mantenimiento de los sistemas captadores, y la restricción de almacenamiento de energía; debido a que para que esta energía sea útil debe tener sistemas de almacenamiento asociados y controlados antes de volcarlas a la red de consumo. Sistemas electroquímicos tales como baterías y supercapacitores permiten almacenar la energía proporcionada por las fuentes renovables [1,2].

Las principales ventajas de los supercapacitores frente a las baterías recargables son la excelente ciclabilidad, la alta eficiencia en los ciclos de carga/descarga, los bajos mantenimientos de costo, vida útil mayor, capacidad de proporcionar energía en tiempos cortos, operar en temperaturas extremas y el uso de componentes menos tóxicos en comparación con otros dispositivos de almacenamiento de energía [3].

Hoy en día el mercado de estos tipos de dispositivos ofrece diversos tipos de supercapacitores, principalmente en un arreglo de celda simétrico, utilizando materiales carbonosos como electrodos. Sin embargo, los supercapacitores asimétricos también están siendo desarrollados, utilizando materiales nanoestructurados de óxidos metálicos y materiales carbonosos. Se han desarrollado supercondensadores asimétricos con carbono mesoporoso/polianilina y carbono mesoporoso como electrodos positivos y negativos, respectivamente, alcanzando 87,4 F/g en 1 M H₂SO₄ [4]. Además, supercondensadores simétricos se desarrollaron utilizando Ni y NiO poroso, y sus respectivas configuraciones asimétricas utilizando carbón activado como electrodo negativo y Ni y NiO poroso como el electrodo positivo, de esta manera se obtuvieron valores de capacitancia de 20 y 40 F/g, respectivamente, utilizando soluciones básicas como electrolito [5].

Diversos materiales han sido utilizados como materiales de electrodos, pudiéndoselos clasificar en tres tipos: materiales carbonosos (nanotubos de carbono, carbones activados, negro de humo, grafeno, óxido de grafeno), óxidos de metales de transición simples o mixtos (de Ru, Ni, Mn, Co) y polímeros conductores (polianilina, politiofeno, polipirrol y derivados) [6-8]. Estudios realizados anteriormente por nuestro grupo demostraron que nanocompuestos de PANI o PANI con la adición de negro de carbono o nanotubos de carbono pueden ser utilizados como materiales de electrodo en supercapacitores [9-11]. Otros investigadores además han informado diversos valores de capacitancia específicos de nanoestructuras PANI desde 200-2300 F, variando el método de síntesis, tamaño de partícula, porosidad y condiciones experimentales [12-13], y entre 200 y 600 F/g cuando se emplean nanocompuestos de PANI-NTC [8,14].

Con el objetivo de utilizar los supercapacitores en dispositivos electrónicos de última generación se han desarrollado prototipos flexibles. Un ejemplo de esta disposición se construyó usando películas de CB/grafeno como electrodos y membranas de alcohol de polivinilo/H₂SO₄ como sistema electrolito/separador [6]. Una diferente configuración se presentó utilizando como soporte y colector de corriente una malla de acero flexible, con tinta comercial como electrodos, lo que proporcionó valores de capacidad específicas de 107,8 F/g [15].

En este trabajo se presenta la construcción de tres supercapacitores simétricos flexibles utilizando como materiales de electrodo nanoestructuras de polianilina y nanocompuestos de polianilina-nanotubos de carbono. Se evalúa el comportamiento capacitivo de los mismos mediante técnicas electroquímicas, analizando los valores de capacitancia, energía y potencia específicas, y la estabilidad con repetidos ciclos de carga/descarga.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales de electrodo

Como materiales de electrodo se utilizaron nanoestructuras de PANI y nanocompuestos de PANI-NTC. Las nanoestructuras de PANI fueron previamente sintetizadas [10] mediante vía química a partir de una dispersión de anilina en HCl y persulfato de amonio (APS) con el agregado de un agente dispersante, SDS (dodecil sulfato de sodio) con agitación magnética constante a temperatura ambiente durante 20 minutos hasta alcanzar un preparado uniforme. Posteriormente la reacción se lleva a cabo sin agitación durante 24 horas a 25 °C. Se obtiene un precipitado que se lava y filtra hasta que la solución se vuelve incolora. Finalmente, el residuo se seca en estufa a 60 °C durante 24 horas.

Para la síntesis de nanoestructuras de PANI-NTC se realizó el mismo procedimiento con el agregado de nanotubos de carbono funcionalizados (NTCf) y nanotubos de carbono sin funcionalizar (NTCs) a la dispersión acuosa inicial con una concentración de 0.1 mg/ml. Se utilizaron nanotubos de carbono de pared múltiple comerciales y se les realizó un pretratamiento de funcionalización con ácido nítrico.

Las nanoestructuras fueron debidamente caracterizadas por SEM, TEM, EDX, FTIR, UV-Vis y DRX. Los resultados completos de la síntesis y caracterización fueron presentados en un trabajo previo [10].

2.2. Preparación de electrodos

Se preparó una dispersión de los nanomateriales PANI, PANI-NTCf y PANI-NTCs en alcohol isopropílico y agua destilada, que se llevó a baño ultrasónico durante 5 minutos. La mezcla fue uniformemente esparcida sobre un lado de tela de carbono, que actúa como soporte y como colector de corriente. Se realizaron sucesivos depósitos hasta que la carga total del electrodo fue de 2 mg, con secado entre los depósitos de 10 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente se dispersó sobre el electrodo una solución de Nafion al 5% y se secó durante 30 minutos a temperatura ambiente. El área geométrica expuesta de la tela de carbono fue de 1.5 cm², el otro lado de la misma fue sellado con tela adhesiva de Teflon. De esta manera la carga de todos los electrodos fue de 1.3 mg/cm².

2.3. Ensamblado de las celdas

Las mediciones electroquímicas se llevaron a cabo en una celda de dos electrodos donde se utilizó H₂SO₄ 0.5M como electrolito. Como separador se utilizó papel de filtro. Los electrodos y el separador fueron inmersos en la solución electrolítica por 15 minutos antes de su uso. Posteriormente la celda fue sellada con la tela adhesiva de Teflon antes de comenzar las mediciones electroquímicas. Tanto ánodo como cátodo están constituidos por las mismas nanoestructuras, de esta manera se da lugar a tres supercapacitores simétricos, CP (PANI), CPNs (PANI-NTCs) y CPNf (PANI-NTCf). En la Figura 1 se muestra el esquema de la celda y el ensamble de los electrodos.

2.4. Evaluación de los supercapacitores

Para evaluar el comportamiento de los supercapacitores se realizaron medidas galvanostáticas de carga/descarga y voltamperometría cíclica.

Los perfiles I/V fueron obtenidos en el rango de potencial de 0.0 - 1.0 V a diferentes velocidades de barrido, desde 10 a 100 mV/s.

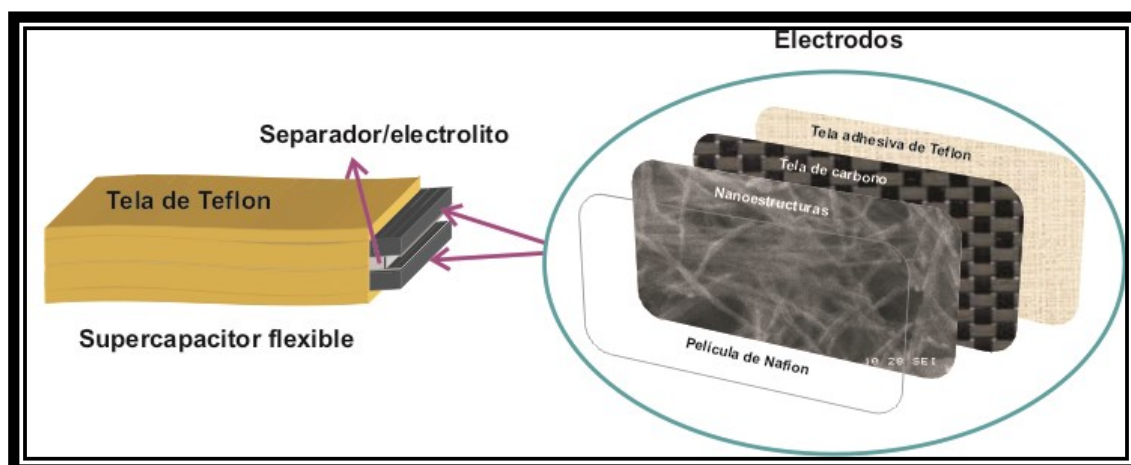


Figura 1. Esquema de la conformación del electrodo y el ensamble del supercapacitor. Elaboración propia.

Los valores de capacitancia específica fueron calculados a partir de los voltamperogramas usando la siguiente ecuación:

$$C_m = \frac{\int_{V_1}^{V_2} I(V) dV}{(V_2 - V_1) v \cdot m} \quad (1)$$

donde I es la corriente en las curvas I/V , $\int_{V_1}^{V_2} I(V) dV$ es el área bajo la curva I/V , v es la velocidad de barrido, $(V_2 - V_1)$ es la ventana de potencial y m es la masa del material activo.

Las experiencias galvanostáticas de carga/descarga fueron realizadas a diferentes densidades de corriente, entre 0.3 y 6.7 mA/cm², en el rango de potencial de 0.0 - 1.0 V.

De este tipo de mediciones se obtuvieron parámetros como la capacitancia específica (C_m), la energía específica (E_s) y la potencia específica (P_s), aplicando las siguientes ecuaciones:

$$C_m = 2 \frac{C}{m} = 2 \frac{I \Delta t_d}{\Delta V m} \quad (2)$$

$$E_s = \frac{I \Delta V \Delta t_d}{m} \quad (3)$$

$$P_s = \frac{I \Delta V}{m} \quad (4)$$

donde C es el valor experimental de capacitancia, I es la corriente de carga/descarga, Δt_d es el tiempo de descarga, ΔV es la ventana de potencial y m es la masa del material de electrodo.

3. Resultados y Discusión

3.1. Nanoestructuras de PANI y PANI-NTC

En trabajos previos se demostró que la adición de NTC a la solución de reacción promueve diferentes tipos de nanoestructuras, dependiendo de si los nanotubos de carbono están funcionalizados o no. Se utilizaron como materiales de electrodo las nanoestructuras previamente sintetizadas, que presentan las siguientes propiedades:

- Nanotubos de PANI con un diámetro medio de 95 nm y largo de aproximadamente 10 μm . Mediante un análisis de espectroscopía, se determinó que la polianilina se encontraba en la forma emeraldina sal y dopada, producto del uso de APS durante la síntesis Figura 2a.

- Nanotubos de PANI-NTCf con un diámetro medio de 92 nm y ca. 12-15 μm de largo Figura 2b. Sobre las paredes de estos nanotubos se encuentra el crecimiento de nanoalambres de 20-25 nm de diámetro y 30-40 nm de largo. Mediante análisis UV-Vis y FTIR se determinó que la polianilina se encontraba dopada y en su forma conductora de emeraldina sal, debido al uso del APS.

- PANI-NTCs, en este caso, la adición de NTCs promueve la formación de una estructura granular como agregado de nanopartículas de aproximadamente 95 nm de diámetro Figura 2c.

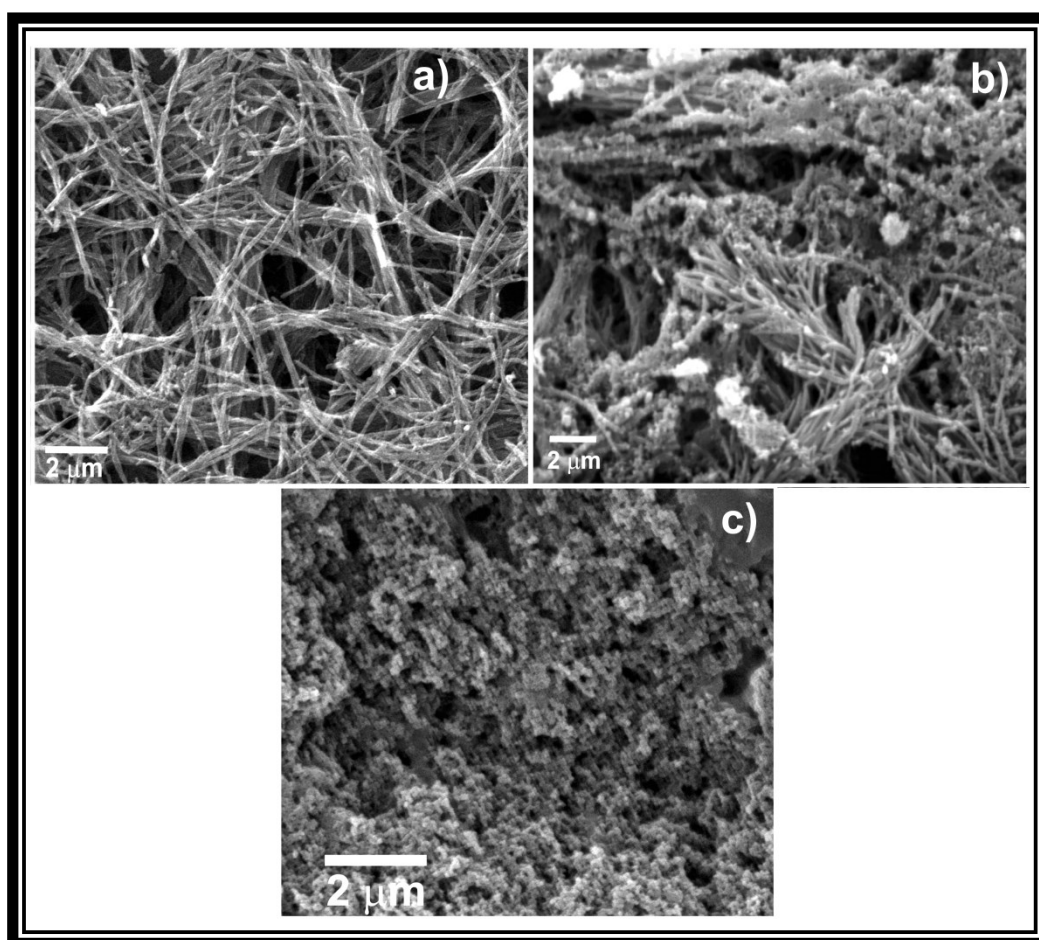


Figura 2. Micrografías SEM de nanoestructuras: a) PANI, b) PANI-NTCf y c) PANI-NTCs.
Elaboración propia.

Mediante espectrometría se determinó que en todas las nanoestructuras se encuentra polianilina dopada mediante el uso del surfactante, SDS. Éste contribuye al dopado de la cadena de polianilina mediante interacciones electrostáticas con el catión anilinio en el comienzo de la polimerización, previa a la formación de la estructura supramolecular.

3.2. Voltamperometría cíclica

Los voltamperogramas presentados para los tres supercapacitores (Figura 3) con agregado de nanoestructuras muestran una alta densidad de corriente, y no presentan picos característicos, indicando una buena actividad electroquímica y una alta densidad de potencia. El comportamiento de los supercapacitores no denota ser puramente capacitivo debido a que en los voltamperogramas los barridos anódicos y catódicos no presentan una forma completamente simétrica y rectangular, esto se debe a la incorporación del polímero conductor como material de electrodo.

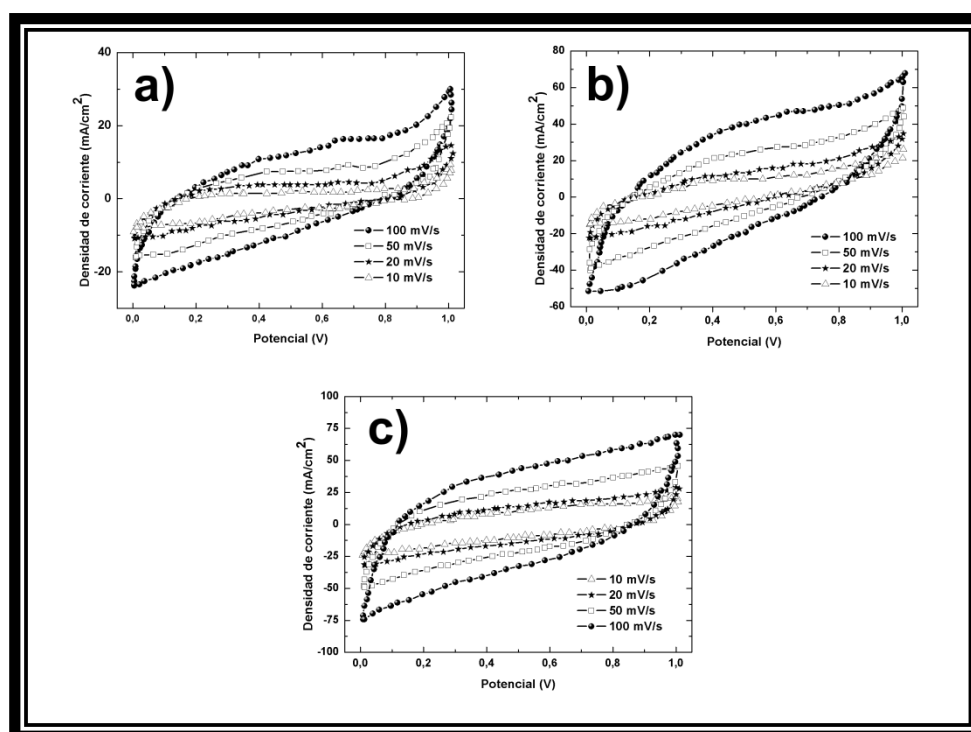


Figura 3. Voltamperogramas cíclicos a diferentes velocidades de barrido de los supercapacitores: a) CP, b) CPNs y c) CPNf. Elaboración propia.

En todos los casos un incremento en la velocidad de barrido da como respuesta un aumento en la densidad de corriente, esta situación se corresponde con un aumento en los niveles de potencia de la carga/descarga. Sin embargo, la capacitancia específica disminuye con el aumento de las velocidades de barrido en los tres supercapacitores. Esto puede atribuirse a que a altas velocidades, la capacitancia medida simplemente se da de forma aproximada en el borde del poro, y cuando la velocidad disminuye puede decirse que "penetra" en el poro dando así lugar a una aceptación de carga mayor y por lo tanto aumenta la capacitancia [16].

Los valores calculados de capacitancia a partir de las medidas voltamperométricas son presentados en la Tabla 1. Comparando estos valores para los tres supercapacitores, los mejores resultados son obtenidos con los que presentan nanocompuestos de PANI-NTCf, a

cualquier velocidad de barrido. Similares resultados fueron obtenidos por nuestro grupo en el caso de supercapacitores basados en nanocompuestos de polianilina-negro de carbono [11]. Los valores máximos de capacitancias obtenidos a bajas velocidades de barrido fueron de 1072 F/g, 760 F/g y 477 F/g para CPNf, CPNs, y CP respectivamente.

Tabla 1. Capacitancias específicas obtenidas mediante voltamperometría cíclica. Elaboración propia.

Velocidad de barrido	Capacitancias específicas (F/g)		
	CP	CPNs	CPNf
mV/s			
10	477	760	1072
20	436	489	815
50	292	310	569
100	234	273	411

3.3. Mediciones galvanostáticas

La Figura 4a muestra las curvas galvanostáticas de carga/descarga de los tres supercapacitores a una densidad de corriente de 0,25 A/g. Puede observarse que para los tres supercapacitores existe una pequeña caída de potencial (IR caída) durante el comienzo del proceso de descarga. Esto es atribuido a una baja resistencia interna de los mismos. Todos los supercapacitores muestran un perfil no simétrico correspondiente con un capacitor ideal, producto de los materiales de electrodo utilizados.

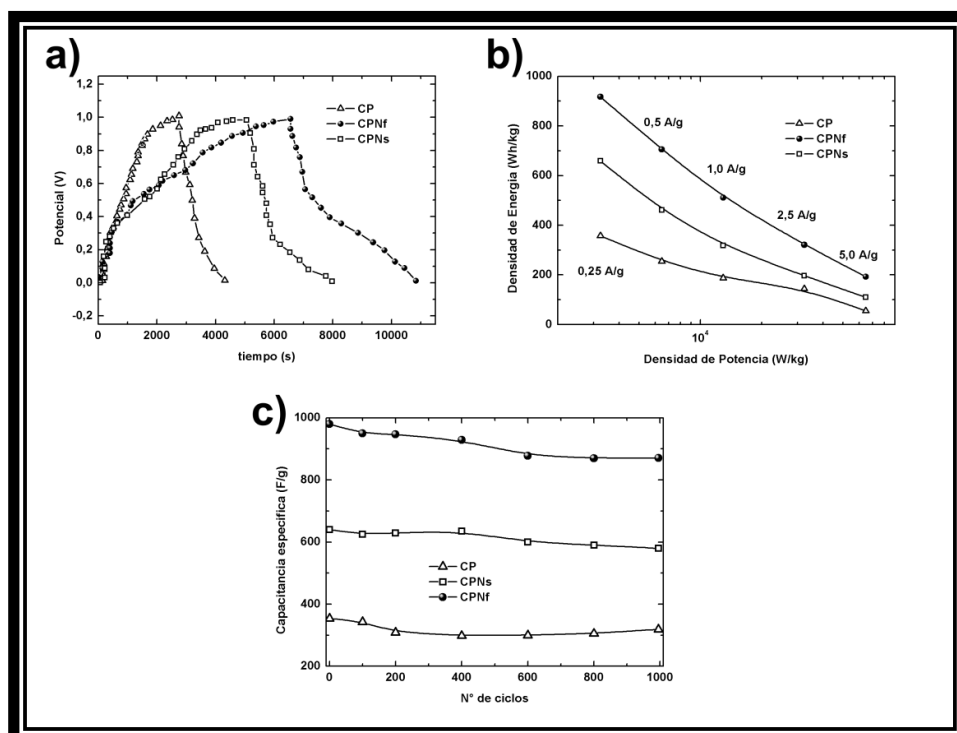


Figura 4. a) Curvas galvanostáticas de carga/descarga para los supercapacitores simétricos evaluados a una densidad de corriente de 0.25 A/g. b) Energía y potencias específicas calculadas a partir de las mediciones galvanostáticas y c) Ciclos de vida de los supercapacitores evaluados a 0.5 A/g.

Elaboración propia.

En la Tabla 2 se presentan las capacitancias específicas para los supercapacitores en relación a la corriente de carga/descarga aplicada. En todos los casos un incremento en la densidad de corriente implica una disminución en la capacitancia de los mismos. Sin embargo a bajas densidades de corriente el tiempo de carga es mayor que el tiempo de descarga dando una reducción en la eficiencia energética. Al igual que las mediciones realizadas por voltamperometría, el CPNf es el que mayor capacitancia presenta, echo consistente con estas mediciones.

Tabla 2. Capacitancias específicas obtenidas mediante medidas galvanostáticas de carga/descarga a diferentes densidades de corriente. Elaboración propia.

Densidad de corriente	Capacitancias específicas (F/g)		
	CP	CPNs	CPNf
A/g			
0,25	497	915	1275
0,5	354	640	980
1	260	442	710
2,5	200	272	446
5	76	153	268

La incorporación de NTCf como material de electrodo promueve un aumento de capacitancia de 497 F/g a 1275 F/g para CP y CPNf, respectivamente. Un efecto similar se encontró con el uso de NTCs, obteniéndose valores de 915 F/g. La coexistencia de nanoalambres sobre los nanotubos favorece la rápida penetración del electrolito, facilitando la difusión iónica y aumentando la transferencia de carga, lo que conlleva a un comportamiento superior del CPNf.

Los valores de capacitancia obtenidos mediante las curvas galvanostáticas, son levemente superiores a los obtenidos desde las experiencias voltamperométricas, lo que da indicio de una buena correlación entre las mediciones. Sin embargo, comparando los valores reportados previamente para los materiales de electrodo, los actuales resultados son más bajos. Esto se debe principalmente a la diferencia en el diseño de la celda, a su evaluación como materiales en una celda de tres electrodos, y factores tales como la geometría y el material de soporte utilizado [10]. Aún así, y mediante el uso de materiales adecuados para utilizar en un dispositivo de este tipo, uno de los aspectos más importantes en el diseño es el uso del soporte del material de electrodo como colector de corriente, llevando a una disminución en las resistencias de contacto soporte-colector de corriente. En este diseño, materiales como tela de carbono y la incorporación de nanotubos de carbono promueven una alta conductividad, baja resistencia y por lo tanto una superior capacitancia en los supercapacitores.

La capacidad de entregar energía en tiempos cortos es una de las bases del uso de supercapacitores en diferentes tecnologías. La relación entre energía específica y potencia específica es mostrada a través del gráfico Ragone (Figura 4b) [3]. Los valores más altos de energía y potencia son obtenidos para el CPNf. Los valores de energía caen de 917 a 192 Wh/kg en el CPNf a medida que se incrementa la corriente desde 0,25 a 5 A/g, pero la potencia específica aumenta desde 3,2 a 65 kW/h. Similares resultados fueron obtenidos con supercapacitores flexibles con electrodos de materiales no carbonosos [15]. En los tres

supercapacitores puede observarse el mismo efecto, y estos parámetros se ven potenciados en los supercapacitores CPNf y CPNs, en relación con CP.

Para evaluar la estabilidad de los supercapacitores se realizaron 1000 ciclos de carga y descarga y se calcularon los valores de capacitancia cada 200 ciclos. En la Figura 4c se presenta las capacitancias de los tres supercapacitores en función del número de ciclos, calculadas a una densidad de corriente de 0,5 A/g. Se encontró que la capacidad de retención de capacitancia es en los tres supercapacitores mayores al 85%. El CPNs es el que menor pérdida de capacitancia tiene, con una retención del 91% de la capacitancia inicial, el CP 90% y el CPNTf del 89%. Esto indica que todos los supercapacitores son estables, pudiendo utilizarse en largos períodos con capacitancias estables.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se construyeron supercapacitores simétricos flexibles utilizando como materiales de electrodo nanoestructuras de polianilina o nanocompuestos de polianilina y nanotubos de carbono. Se utilizó tela de carbono como colector de corriente y soporte de los materiales nanoestructurados, impidiendo de esta manera una pérdida por uniones electrodo/colector de corriente. Los valores de capacitancias obtenidos para el dispositivo CPNTf son mayores en todas las densidades de corriente evaluadas, proporcionando de esta manera mayor potencia y energía específicas. Los tres dispositivos resultaron estables durante 1000 ciclos de carga/descarga, con una retención de capacitancia de más del 85%. De esta manera, se construyeron dispositivos flexibles, de bajo peso, lo que permite su uso como fuente de energía en futuras generaciones de dispositivos electrónicos portátiles.

5. Referencias

- [1] KOTHARI DP, SINGAL KC, RANJAN R. (2008) *Renewable Energy Sources and Emerging Technologies*. India. PHI Learning Private Limited.
- [2] KIM BK, SY S, YU A, ZHANG J. (2015) *Electrochemical supercapacitors for energy storage and conversion*. In Handbook of Clean Energy Systems. p.1-25.
- [3] WINTER M, BRODD RJ. (2004) *What are batteries, fuel cells, and supercapacitors?* Chemical Reviews, v.104, p.4245–4269.
- [4] CAI JJ, KONG LB, ZHANG J, LUO YCH, KANG L. (2010) *A novel polyaniline/mesoporous carbon nano-composite electrode for asymmetric supercapacitor*. Chinese Chemical Letters v.21, p.1509–1512.
- [5] GANESH V, PITCHUMANI S, LAKSHMINARAYANAN V. (2006) *New symmetric and asymmetric supercapacitors based on high surface area porous nickel and activated carbon*. Journal of Power Sources, v.158, p.1523–1532.
- [6] FEI H, YANG CH, BAO H, WANG G. (2014) *Flexible all-solid state supercapacitors based on graphene/carbon black nanoparticle film electrodes and cross-linked poly(vinylalcohol)-H₂SO₄ porous gel electrolytes*. Journal of Power Sources, v.266, p.488–495.
- [7] HUANG M, ZHANG Y, LI F, ZHANG L, WEN Z, LIU QJ. (2014) *Facile synthesis of hierarchical Co₃O₄@MnO₂ core-shell arrays on Ni foam for asymmetric supercapacitors*. Journal of Power Sources, v. 252, p.98–106.

- [8] ZHOU Y, HE B, ZHOU W, HUANG J, LI X, WU B, LI H. (2004) *Electrochemical capacitance of well-coated single walled carbon nanotube with polyaniline composites*. *Electrochimica Acta*, v.49, p.257–262.
- [9] BAVIO MA, ACOSTA GG, KESSLER T. (2014) *Polyaniline and polyaniline–carbon black nanostructures as electrochemical capacitor electrode materials*. *International Journal of Hydrogen Energy*, v39, p.8582–8589.
- [10] BAVIO MA, ACOSTA GG, KESSLER T. (2014) *Synthesis and characterization of polyaniline and polyaniline–carbon nanotubes nanostructures for electrochemical supercapacitors*. *Journal of Power Sources*, v.245, p.475–481.
- [11] BAVIO MA, ACOSTA GG, KESSLER T. (2015) *Energy storage in supercapacitors of carbon cloth/PANI–carbon black*. *Int. J. Energy Res.*, v.39, p.2053–2061.
- [12] MI H, ZHANG X, YANG S, YE X, LUO J. (2008) *Polyaniline nanofibers as the electrode material for supercapacitors*. *Materials Chemistry and Physics*, v.112, p.127–131.
- [13] MONDAL SK, BARAI K, MUNICHANDRAIAH N. (2007) *High capacitance properties of polyaniline by electrochemical deposition on a porous carbon substrate*. *Electrochimica Acta*, v.52, p.3258–3264.
- [14] GUPTA V, MIURA N. (2006) *Influence of the microstructure on the supercapacitive behavior of polyaniline/singlewall carbon nanotube composites*. *Journal of Power Sources*, v.157, p.616–620.
- [15] SHI CH, ZHAO Q, LI H, LIAO Z-M, YU D. (2014) *Low cost and flexible mesh-based supercapacitors for promising large-area flexible/wearable energy storage*. *Nano Energy*, v.6, p.82–91.
- [16] CONWAY BE, PELL WG. (2002). *Power limitations of supercapacitor operation associated with resistance and capacitance distribution in porous electrode devices*. *Journal of Power Sources*, v.105, p.169–181

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES TERMO-MECÁNICAS DE HORMIGONES DE ALTO RENDIMIENTO

Myriam Marcela Ledesma, Universidad Nac. de Sgo. del Estero, mmledesma@unse.edu.ar

Ricardo Horacio Lorefice, Universidad Nac. de Sgo. del Estero, rlorefice@gmail.com

Mauro Asili, Universidad Nac. de Sgo. del Estero, mauroasili00@gmail.com

Resumen— En este trabajo se presenta un análisis de la influencia de la acción de temperaturas elevadas sobre las propiedades termo-mecánicas de hormigones de alto rendimiento. Características como la conductividad térmica, el calor específico, el coeficiente de expansión térmica y propiedades mecánicas tales como módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, energía de fractura, etc. son funciones de la temperatura e inciden en el comportamiento estructural de elementos de hormigón, por lo cual deben ser consideradas específicamente en el diseño de estructuras con riesgo de sufrir acciones térmicas elevadas como el caso de edificios en altura sometidos a incendios. El empleo cada vez más frecuente de hormigones de alto rendimiento, junto con la mayor tendencia al descascaramiento de los mismos pone de manifiesto la relevancia de este tipo de estudios.

Palabras clave— *hormigones de alto rendimiento – propiedades termo-mecánicas - descascaramiento.*

1. Introducción

El uso cada vez más frecuente de estructuras de hormigón más esbeltas y de formas complejas, con requisitos de economía, durabilidad, resistencia y espacio aún más exigentes, impulsa el empleo de los denominados “Hormigones de alto rendimiento” en forma significativa. Si bien el término “rendimiento” comprende propiedades esperables en este tipo de hormigones, como ser, alta resistencia inicial, durabilidad al congelamiento y deshielo, resistencia a la penetración al cloro, baja permeabilidad, etc., su elevada resistencia es la principal y más requerida característica. Aun así, hay aún una acción que obliga a una evaluación más minuciosa de su comportamiento: Cómo se ve afectada la resistencia ante la acción de temperaturas elevadas y su prolongada exposición a ellas, pues en obras civiles, una adecuada resistencia a las altas temperatura en casos de incendio se convierte en un requisito indispensable. Esta puede depender de su geometría, los materiales de los cuales está construida, la intensidad de la carga y las características del incendio en sí mismo. Entre esos factores, podrían ser: los gradientes de temperatura, conductividad térmica del hormigón, composición de los agregados, composición de la pasta cementicia, contenidos de aditivos, calores específicos etc. En el caso de hormigón armado, también incide la armadura, el contenido de fibras, el tipo de estribos utilizado, la separación de estribos etc.

2. Estado del arte

Luego de la tragedia de World Trade Center en el año 2001, aumentaron las recomendaciones sobre la performance de los hormigones a las acciones de las elevadas temperaturas. Es así

que desde los distintos comités se puso énfasis en mejorar los estándares de construcción, códigos y prácticas a los efectos de prevenir la falla de la estructura ocasionada por incendios.

En general las estructuras de hormigón históricamente han tenido buen rendimiento ante la acción de incendios a causa de que este material es no combustible y de baja conductividad térmica, y mientras el recubrimiento de las armaduras en los hormigones armados permanecía, el flujo de calor ingresa al interior lentamente. Por diversas razones técnicas y económicas, las pruebas contra incendios a gran escala, análisis computacionales y diseños basados en el rendimiento en hormigones han sido sólo una fracción de las destinadas a las estructuras de acero.

Desde mediados de 1900 los investigadores vienen realizando ensayos en hornos estándar, con diversas dificultades. Otros investigadores realizaron pruebas no-standard en laboratorio con hornos modificados para analizar el comportamiento de un elemento estructural específico. Tal el caso de Van Herberghen P, Van Damme M [1] que ensayaron losas continuas pretensadas. En lo referido a escala real por lo menos una vez se realizó una prueba. Así por ejemplo, Bailey[2] fue el único que presentó los resultados de un ensayo de incendio a gran escala de un edificio de siete plantas en el Reino Unido, cuyas conclusiones más relevantes fueron: la temperatura de los gases se reducían con el descascaramiento explosivo (spalling) que se extendía a toda la pieza estructural y ponía la armadura al descubierto, los desplazamientos verticales son mayores en la periferia expuesta al fuego y menores en la zona central, la expansión térmica de la losa del suelo dio como resultado el desplazamiento lateral de las columnas externas.

En el caso de estructuras pretensadas, se observó que tanto en incendios reales como en pruebas con hornos que en el 30% de los casos la falla comenzó en el tendón pretensado extendiéndose a todo el elemento, llevando al colapso de la estructura aún cuando el recubrimiento de la armadura fuera de gran espesor. También se produjeron tensiones adicionales durante el periodo de enfriamiento sumándose así, grietas a la configuración de fractura.

2.1 Hormigones de alto rendimiento

Como podemos ver, los diversos ensayos mencionados hasta aquí fueron realizados sobre muestras de NSC (Hormigones de Resistencia Normal), pero durante los últimos años se ha comenzado a imponer el uso de los HPC (Hormigones de alto rendimiento). Debido al gran número de factores que intervienen en el cálculo de la variación de la resistencia por aumento de temperatura, los códigos establecen pautas para el diseño, como por ejemplo, el EUROCODIGO2 que propone los Métodos de Cálculo Simplificados en el Capítulo 6, el Método de la Isoterma a 500°C y el Método de las Zonas y clasifica los HPC en 3 clases. En el comportamiento de los HPC a la acción de altas temperaturas pueden observarse que intervienen diversos factores:

- **Resistencia del hormigón:** Los NSC manifiestan mayor resistencia a las altas temperaturas debido a que la relación agua-cemento de su pasta cementicia es mayor que en los HPC. La mayor densidad vuelve impermeable a la pasta e impide la evacuación del agua evaporada, produciendo un aumento en la presión del vapor de agua hasta alcanzar la presión de vapor saturada que supera la resistencia a la tracción del hormigón y explosiones locales generando el descascaramiento del material (spalling). A unos 300°C la presión de vapor alcanza unos 8MPa y para una resistencia a la tracción de 5MPa se producirá el descascaramiento (Phan)[4].
- **Deformación:** Los ensayos en columnas demostraron que los HPC sufrían menores deformaciones con el aumento de la temperatura debido a su alta compacidad y baja

dilatación. Conforme se eleva la temperatura los NSC sufren mayor contracción mientras tanto el HPC llega a una falla frágil. Ver Kodur[5] (Figura 1).

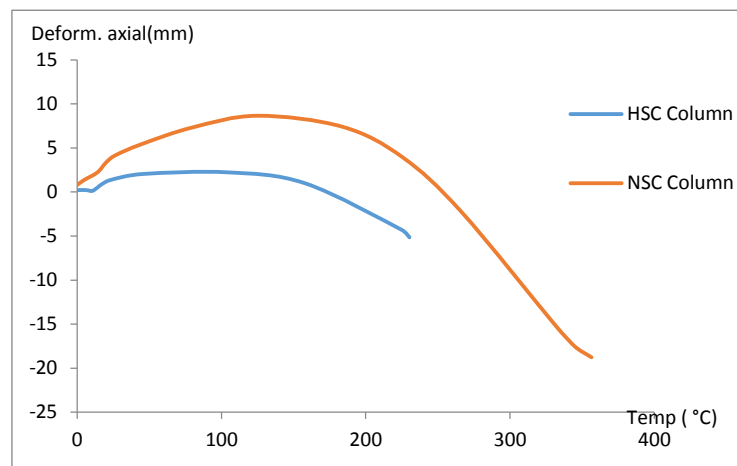


Figura 1 – Deformación axial (mm) en columnas de HPC y NSC durante la exposición al fuego.(V.K.Kodur 1999)

- **Fibras de refuerzo:** Los hormigones reforzados con fibras presentan menor daño producido por spalling debido a que la fusión de la fibra a unos 170°C se crean canales que permiten la liberación del vapor de agua, reduciendo así la presión de poros.
- **Tipo de agregado:** Los agregados con contenidos de carbonato manifiestan mayor resistencia que los que poseen silicatos. Este se debe a que los carbonatados poseen mayor calor específico y absorben mayor cantidad de calor para elevar el mismo salto de temperatura. (Kodur 2001).
- **Distribución de temperatura:** Debido a su gran densidad, el HPC posee menor conductividad térmica que el NSC. De esta manera, el calor demora menos tiempo en alcanzar el centro de la pieza en el hormigón normal [5] (Figura 2).

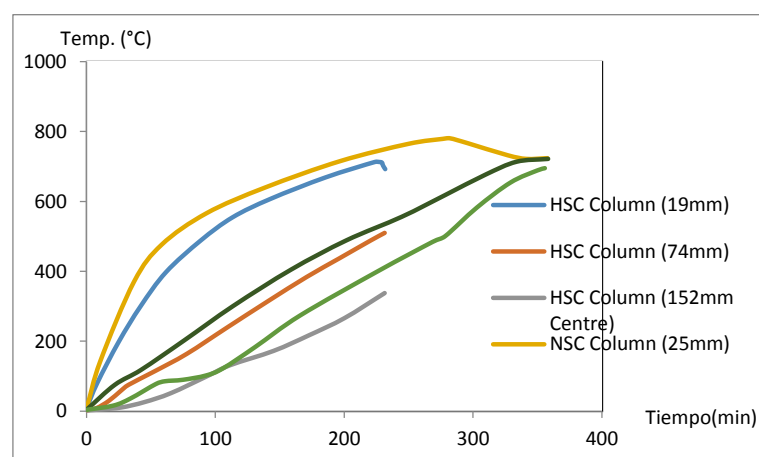


Figura 2 – Temperatura (°C) a varias profundidades en columnas de HPC y NSC durante la exposición al fuego (V,K,Kodur 1999).

- **Tipo de enfriado:** Las piezas enfriadas en aire manifiestan mayor resistencia que las enfriadas en agua desde los 20°C hasta los 200°C y desde los 400°C en adelante. Cuando

la pasta de cemento alcanza los 200°C se evapora el agua libre y es removida el agua de cristalización, pero si se enfría con agua una fracción del agua evaporada es recuperada.

- **Duración e intensidad del fuego:** Cuando más alta es la tasa de transmisión del calor, mayor es el efecto del spalling en los HPC. De igual manera, la mayor duración lleva antes a la falla al HPC debido al descascaramiento a menos que se encuentre reforzado por estribos laterales de manera que contiene la dilatación térmica del corazón de la pieza, como es el caso de columnas (Kodur)[8] (Figura 3).

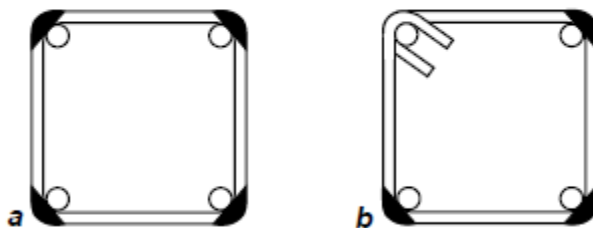


Figura. 3 a) Configuración de estribos b) configuración aconsejada

- **Tipo e intensidad de la carga:** Una pieza de hormigón sujeto a cargas es más susceptible de sufrir mayor descascaramiento que uno descargado.

3. Propiedades mecánicas de los hormigones de alto rendimiento sometido a altas temperaturas.

Los factores mencionados en el Tópico anterior inciden en el comportamiento de los hormigones de alta performance ante la ocurrencia de incendios y pueden observarse a nivel macroscópico, mediante las pruebas de laboratorio o de situaciones reales.

Pero no siempre es accesible realizar dichas pruebas y en esos casos un modelo numérico del comportamiento del hormigón es una solución rápida y bastante precisa.

Perro justamente el comportamiento del hormigón sometido a elevadas temperaturas es altamente No Lineal. Sucede que con el aumento de temperatura, todos los parámetros que caracterizan al material, cambian y un modelo constitutivo debe tener en cuenta en su formulación todos esos aspectos. Dichos aspectos se analizan a continuación.

3.1. Coeficiente de dilatación lineal.

El EUROCÓDIGO1-Anexo D (Informativo) presenta una tabla de coeficientes de dilatación de diversos materiales entre los cuales se encuentra el hormigón. Pero como es bien conocido, el coeficiente de dilatación permanece constante siempre que los cambios de temperatura no sean considerables.

R. de Borst y P. Peters (1989)[9] realizaron ensayos sobre dos series de probetas cilíndricas y consideraron que tanto el coeficiente de dilatación lineal como la resistencia a la compresión otras propiedades mecánicas del hormigón dependen de la temperatura. Los especímenes se encontraban restringidos en su la dirección vertical cuando se sometieron a un incremento de temperatura y al ser impedidos se generaron tensiones. Además durante la primera parte del

calentamiento, los especímenes experimentan otra componente de deformación denominada deformación transitoria o creep transitorio. Los resultados se muestran en las Figuras 4 y 5.

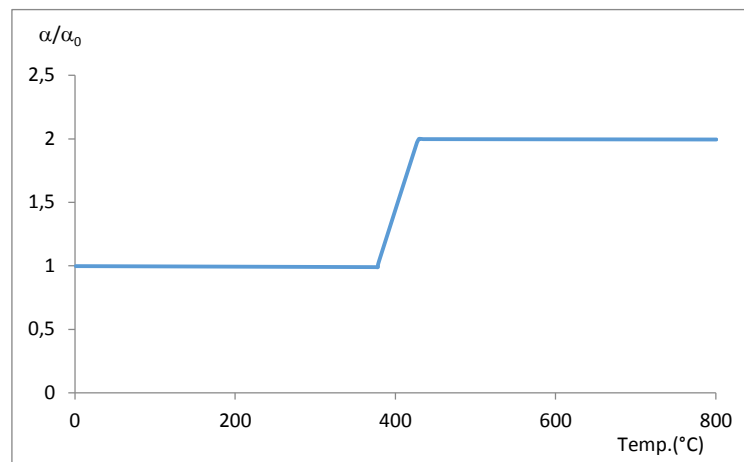


Figura 4. Variación del coeficiente de dilatación α/α_0 (R. de Borst-P. Peters 1989)

Claramente se observa en la figura 4 que el coeficiente de dilatación permanece constante hasta aproximadamente los 400°C y se duplica bruscamente entre los 400°C y los 450°C. En la figura 5 se observa el cambio en la tensión con el aumento de la temperatura.

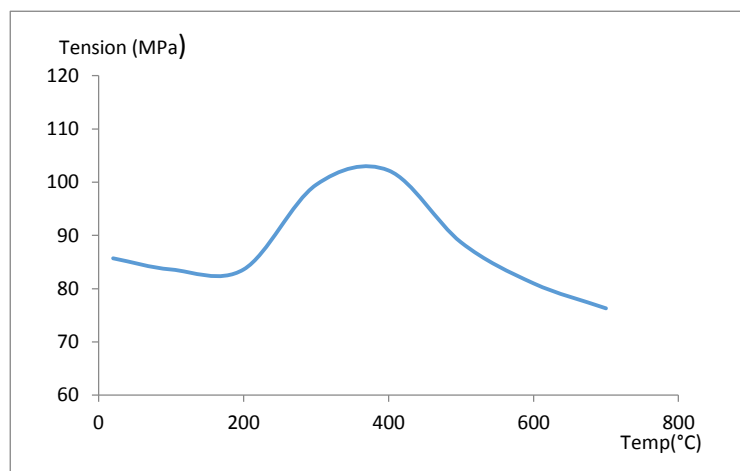


Figura 5. Tensión axial (MPa) en función de la temperatura para probetas restringidas superior e inferiormente.

Un ajuste sobre la curva arroja un polinomio:

$$\sigma = -9E-14t^6 + 2E-10t^5 - 2E-07t^4 + 5E-05t^3 - 0,0086t^2 + 0,4947t + 78,855 \quad (1)$$

A temperaturas muy elevadas se observa que la tensión se reduce notablemente. Esto puede ocurrir por el cambio de otras propiedades mecánicas, como ser el módulo elástico.

3.2 Módulo elástico

El módulo elástico obtenido de la misma prueba que se obtuvo el coeficiente de dilatación relativo al de temperatura ambiente. Este parámetro es muy importante para tener en cuenta en una formulación numérica. Figura 6.

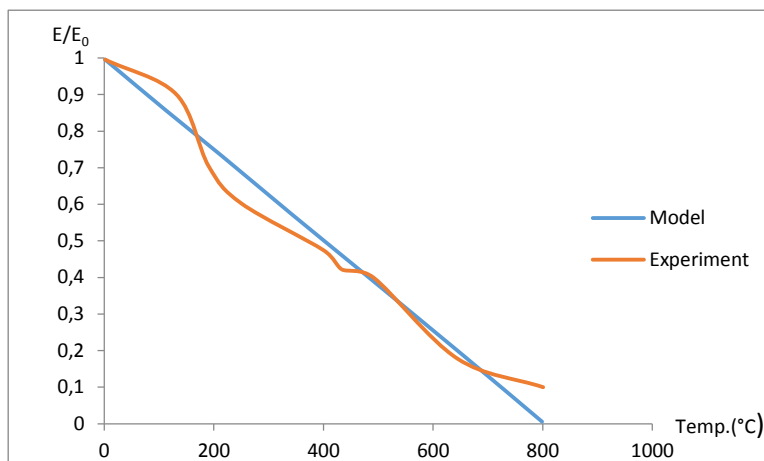


Figura 6. Dependencia del Módulo de Young con la temperatura (E/E_0) (R. de Borst-P. Peters 1989).

Realizado un ajuste sobre la curva experimental se adapta mejor una función polinómica de 6° grado:

$$E/E_0 = -2E-16t^6 + 6E-13t^5 - 6E-10t^4 + 3E-07t^3 - 7E-05t^2 + 0,0046t + 1 \quad (2)$$

3.3 Conductividad térmica

No se disponen en bibliografía datos de la variación de la conductividad térmica en HPC. Se presentan aquí comparaciones de códigos y predicciones para NSC. (Raut) [10]

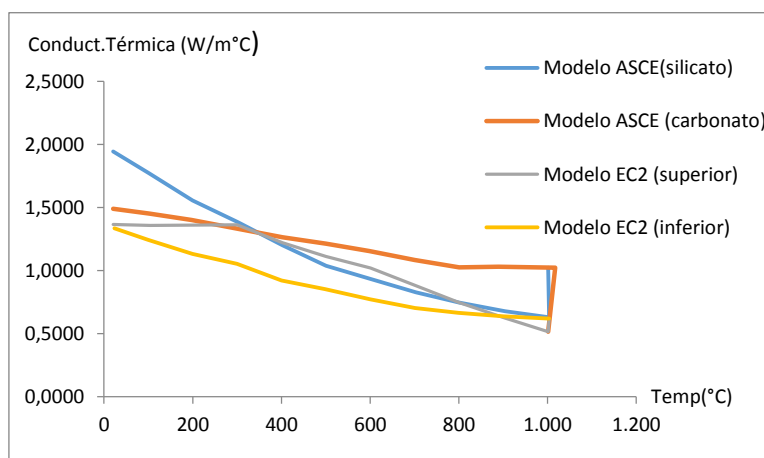


Figura 7. Conductividad térmica (W/m°C) en función de la temperatura para NSC (Raut 2011).

3.5 Viscosidad

Un parámetro muy importante relacionado con la reología del hormigón es la viscosidad de la pasta cementicia. En formulaciones viscoelásticas y elasto viscoplásticas que permiten modelar numéricamente fenómenos de relajación y fluencia lenta en estructuras (creep) cobra vital importancia su variación en el tiempo, ver (Ledesma, Lorefice et al) [11][12][13][14]. A su vez, cuando las piezas de hormigón están sometidas a incrementos de temperatura este parámetro varía conforme ésta aumenta. En minerales esta variación viene dada por:

$$\frac{de}{dt} = e = f(\sigma) A \exp[-(E^* + P V^*)/RT] \quad (3)$$

Donde T=temperatura R= constante del gas P= Presión A= constante V=volumen

E= energía de activación (efectos de P y T) $f(\sigma)$ = función de la diferencia de tensiones principales $|\sigma_1 - \sigma_3|$.

4. Modelos constitutivos

Los factores expuestos anteriormente ilustran el complejo panorama que surge al analizar el comportamiento de hormigones normales y de alta resistencia o alto rendimiento cuando los mismos son sometidos a acciones térmicas elevadas. Es evidente que dadas las complejidades del fenómeno, su modelación experimental implica también severas dificultades, ya que la cantidad de configuraciones estructurales, materiales y escenarios posibles de modelación son numerosas, y los resultados obtenidos solo serían válidos dentro de márgenes acotados, y solo en esencia para el caso de estudio específico. En este sentido es que cobran gran relevancia los métodos computacionales, los cuales permiten realizar simulaciones numéricas variando gran cantidad de parámetros y realizar el análisis de diversos escenarios, a fin de realizar las calibraciones propias de cada modelo. En particular, las técnicas actuales de modelación implican el desarrollo de modelos constitutivos avanzados, aptos para simulación de materiales ingenieriles, y que permitan captar las principales fases de falla durante el desarrollo del fenómeno, tales como ocurrencia de grandes deformaciones, plasticidad, fractura, fenómenos acoplados termo mecánicos, etc. Una mención especial merecen los modelos no lineales viscoelastoplásticos a nivel mesomecánico, ver Ledesma, Lorefice et al [11][12][13][14] los cuales con apropiada calibración pueden emplearse para el estudio del comportamiento de hormigones de alta resistencia simulando el proceso de fractura, deformaciones diferidas, relajación, etc.

5. Conclusiones

La gran complejidad que implica el estudio de procesos de falla de materiales ingenieriles, en particular el hormigón y el hormigón armado, tanto en sus variantes convencionales y de alta resistencia, pone de manifiesto la relevancia de las investigaciones en curso sobre acciones térmicas en las construcciones. En particular, en nuestro país, en el cual por razones de costos las estructuras de hormigón y hormigón armado predominan ampliamente sobre el resto, es de crucial interés el potenciar las investigaciones en este campo mediante la técnica numérico-computacional, lo cual permitirá achicar la brecha tecnológica con los países más desarrollados al generar conocimiento e investigaciones propias. La presente contribución se enmarca dentro de esta línea de trabajo, formando parte de un proyecto de investigación recientemente iniciado y que posee como finalidad desarrollar modelos computacionales de

análisis aptos para la solución de problemas estructurales concretos, y en particular el caso de estructuras sometidas a acciones termo mecánicas.

6. Referencias

- [1] VAN HERBERHEN, P; VAN DAMME, M (1983) Fire Resistance of Post-Tensioned Continuous Flat Floor Slabs with Unbonded Tendons, *FIP*, , pp. 3-11. 1983
- [2] BAILEY CG (2002). Holistic behaviour of concrete buildings in fire. *Structures and Buildings* 152(3): 199–212
- [3] EUROCODIGO 2 (2011) – Proyecto de Estructuras Sometidas al fuego – *Versión en Español de las Normas Europeas EN 1992-1-2:2004 y EN 1992-1-2:2004/AC.2008*.Comite Europeo de Normalización. Madrid.
- [4] PHAN, L. T. (1996) NISTIR 5934 – Fire performance of high-strength concrete: a report of the state-of-the-art. *National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, MD, USA
- [5] KODUR, V.K.R (1999).- Fire Performance of High-Strength Concrete Structural Members –*Construction Tecnology Update N°31*. National Research Council of Canada ISSN 1206-1220
- [6] KODUR, VKR; GARLOK, MEM; IWANKIW, N (2007) NISTGCR 07–915 – Structures in fire: state of the art, research and training needs. *National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, MD, USA
- [7] HUSEM, METIN (2006) The effects of high temperature on compressive and flexural strength of ordinary and high performance concrete- *Fire Safety Journal March2006.pgs 155-163*
- [8]EUROCODIGO 1- Acciones en estructuras- Parte 1-5 Acciones Térmicas. *Versión en Español de las Normas Europeas EN 1992-1-2:2004 y EN 1992-1-2:2004/AC.2008*.Comite Europeo de Normalización. Madrid.
- [9] R. DE BORST ; PETERS P . Analysis of concrete structures under thermal loading. *Computers methods in mechanic applied and engineering* 77. Págs 293-310. North Holland. 1989.
- [10] RAUT NIKHIL, Response of Hihg Strength Concrete columns under fire Induced. Biaxial Bending. *Tesis Doctoral*. Michigan State University.2011
- [11] LEDESMA, M; LOREFICE R.; ETSE G.(2009) Ensayos numérico-computacionales del proceso de fractura de hormigones de alta resistencia. *ENIEF 2009. Mecánica Computacional, Vol XXVIII*, Págs. 2211-2255. Tandil Argentina, 2009.
- [12] LOREFICE R ; (2007)Modelación de la Respuesta Dinámica del Hormigón mediante los criterios Meso y Macromecánicos. *Tesis Doctoral, CEMNCI* - Univ. Nac. de Tucuman, 2007.
- [13] LOREFICE R; ETSE G. (2008) .Viscoplastic Approach for Rate-Dependent Failure Analysis of Concrete Joints and Interfaces. *International Journal of Solids and Structures*, 45 2686–2705,
- [14] LEDESMA M, LOREFICE R; ETSE G. (2011)Evaluacion Numérica de Parámetros Materiales en Hormigón de Alta Resistencia a Nivel Mesomecánico *Mecánica Computacional Vol XXX*, págs. 703-717, Rosario, Argentina,



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE SINTÉTICO CON FURFURAL MEDIANTE BACTERIAS AUTÓCTONAS ACLIMATADAS EN REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO

Alejandro Rubén Farías, UTN-FRRe, alefarias@frre.utn.edu.ar

Enrique Eduardo Utgés, eutges@hotmail.com

María Daniela Tenev, UTN, mdtenev@gmail.com

Elsa Ivone Hervot, UTN, elsaervot@yahoo.com.ar

Enid Marta Utgés, UTN, enidutges@gmail.com

María Florencia Nocenti, UTN, florencianocenti@gmail.com

Grupo de Investigación Sobre Temas Ambientales y Químicos (GISTAQ), Universidad
Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia, gistaq@gmail.com

Resumen— El objetivo de este estudio fue proponer un tratamiento alternativo para el efluente líquido de una industria taninera que también produce furfural, empleando un reactor anaerobio de lecho fluidizado, RALF. Ese efluente, denominado aguas madres, contiene hasta 3000 ppm de furfural. Para realizar su remoción, se obtuvieron bacterias de lodos de los sedimentadores del tratamiento actual por Pantanos Secos Artificiales y se las adaptó a concentraciones crecientes de furfural. Se diseñó y construyó un RALF, a escala piloto, para tratar un efluente sintético de similares características que las aguas madres. Dicho reactor operó con un consorcio bacteriano aclimatado y se monitoreó su desempeño, analizando la formación del biofilm y los porcentajes de remoción logrados. Los resultados a escala laboratorio demostraron que es posible adaptar bacterias a concentraciones de hasta 500 ppm. El reactor ensayado resultó eficiente y pudo ser utilizado para evaluar la degradación del furfural. Se obtuvieron porcentajes de remoción de hasta 99,91% en 20 horas de operación.

Palabras clave— Degradación, furfural, adaptación, consorcio microbiano autóctono, reactor anaerobio de lecho fluidizado.

1. Introducción

Uno de los problemas ambientales más complejos que se presenta actualmente, es el vuelco de efluentes industriales a cursos naturales de agua, sin un adecuado tratamiento o simplemente sin éste. El presente estudio se realizó sobre los efluentes de una planta productora de furfural de una industria taninera, ubicada en la localidad de La Escondida, Chaco. La fabricación de este aldehído heterocíclico a partir de aserrín de quebracho colorado, después de extraerle el tanino, genera en la primera etapa de destilación un efluente líquido denominado aguas madres. Éstas carecen de microorganismos, poseen bajos valores de pH y altas concentraciones de compuestos orgánicos, particularmente ácido acético, y alrededor de 3000 ppm de furfural. Tales compuestos,

de características complejas, constituyen un efluente recalcitrante y deben ser eliminados debido al efecto tóxico que tienen sobre los seres vivos. Dicha toxicidad, se relacionaría con la formación de compuestos con determinadas moléculas orgánicas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos [1] y también, con daños sobre la membrana plasmática[2]. Por otra parte, las cantidades de estos compuestos no son suficientes para que se justifique la instalación de una planta de recuperación.

Como todo efluente industrial, previamente a su vuelco a un cuerpo receptor, debe ser sometido a un tratamiento para que los parámetros cumplan con los valores de vuelco que establece la Ley Provincial N°3230: “Código de Aguas de la Provincia del Chaco”.

El volumen aproximado de efluente líquido generado en la planta industrial es de 400m³/día, incluyendo el aporte de 20 m³ de efluentes cloacales. Cuando es necesario mantener el nivel de las lagunas sedimentadoras, se añade un volumen adicional proveniente del depósito final del tratamiento de efluentes. Esa mezcla, junto con las aguas madres previamente mencionadas, constituye lo que se denominará *efluente industrial*.

Durante muchos años, la planta de tratamiento de efluentes consistió en una serie de grandes lagunas llamadas Evaporativas. Estas se fueron colmatando con el tiempo, llegando a un límite de capacidad de depuración. Por tal motivo, durante el año 2012 se construyó una nueva planta de tratamiento denominada “Sistema de Tratamiento por Pantanos Secos Artificiales (PSA)”, New England Waste Systems S.A., tecnología patentada[3]. Los pantanos secos se caracterizan por no poseer espejo de agua, de aquí proviene su nombre, previniendo de esta manera la proliferación de insectos. El plano de la instalación de PSA se observa en la Figura 1.

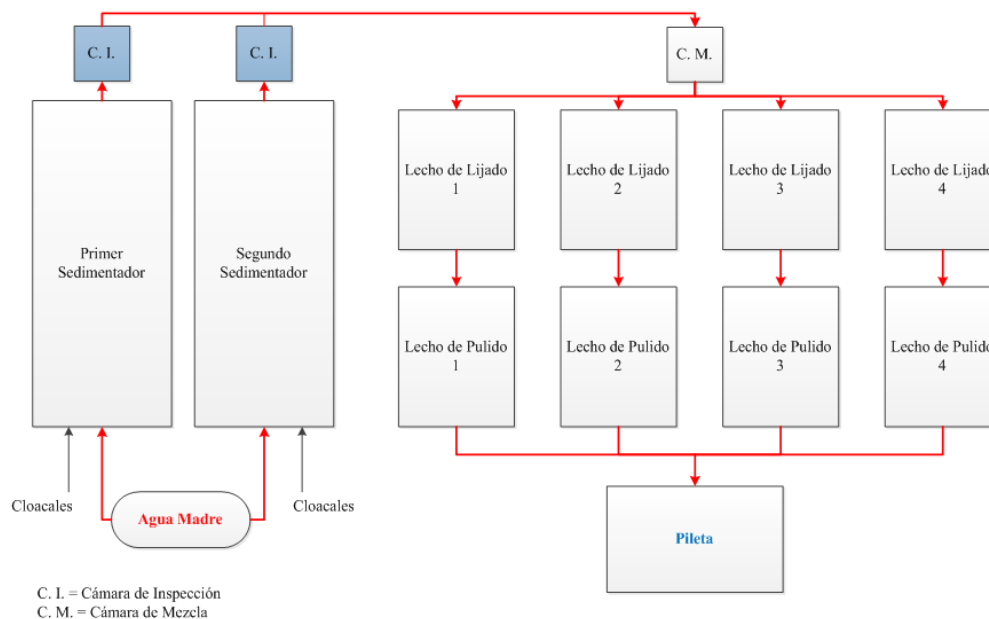


Figura 1. Plano de la instalación de PSA.

Fuente: elaboración propia.

El tratamiento por PSA consta de dos lagunas sedimentadoras, cuatro de lechos de lijado, cuatro lechos de pulido y un depósito final. El efluente industrial crudo ingresa a las lagunas y desde allí pasa por gravedad y, secuencialmente, a los lechos donde la biorremoción de materia orgánica se

efectúa por fitoextracción a cargo de las totoras. El efluente tratado se bombea a un depósito final para luego ser reingresado al tratamiento, de ser necesario.

Los PSA constituyen un método totalmente natural que utiliza la capacidad depuradora de plantas. En un principio, se utilizaban gramíneas canadienses para la remoción, pero éstas fueron desplazadas luego por totoras autóctonas (*Typhadomingensis*) como se puede observar en la Figura 2.



Figura 2. Gramíneas Canadienses desplazadas por Totoras.
Fuente: elaboración propia.

Como los resultados obtenidos con este tratamiento no han sido totalmente satisfactorios, se propuso desde el Grupo de Investigación Sobre Temas Ambientales y Químicos (GISTAQ) un tratamiento alternativo utilizando un “Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado (RALF)”. En éste, la remoción estará a cargo de un consorcio microbiano autóctono extraído de los lodos del fondo de las lagunas sedimentadoras, siendo ésta una zona impactada directamente por el furfural, que es el compuesto a degradar. Se tuvo en cuenta además, que los lodos constituyen en sí mismos un medio anaeróbico, de características similares a las condiciones proyectadas para el funcionamiento del RALF, donde hay más probabilidades de encontrar bacterias anaerobias o facultativas.

Lograr eficiencia en la eliminación de compuestos tóxicos de un efluente industrial, depende casi exclusivamente de la aclimatación del consorcio microbiano encargado de ello, previo a su inoculación al reactor. El proceso consiste en adaptarlo a un medio con una fuente de carbono principal (sustrato a degradar), una fuente de carbono adicional y enriquecido con fuentes de fósforo, nitrógeno y minerales. De esta manera, se logran procesos con mejor rendimiento [4]. Por los motivos antes mencionados, las bacterias provenientes de los lodos, fueron aclimatadas en condiciones de anaerobiosis a concentraciones crecientes de furfural. Este proceso se efectúa previo a su utilización dentro del reactor, para mejorar el rendimiento de la degradación.

Los RALF son reactores biológicos trifásicos (gas-líquido-sólido) donde gran cantidad de masa microbiana - biopelícula - se encuentra inmovilizada en soportes inertes [5]. El sistema consiste en un tubo cilíndrico que contiene en su interior un lecho de partículas (arena) sobre las que se adhiere la biomasa y, a través del cual, circula el efluente líquido a tratar de manera ascendente, con la velocidad necesaria para generar la fluidización. En la Figura 3 se muestra el esquema de un reactor anaerobio de lecho fluidizado.

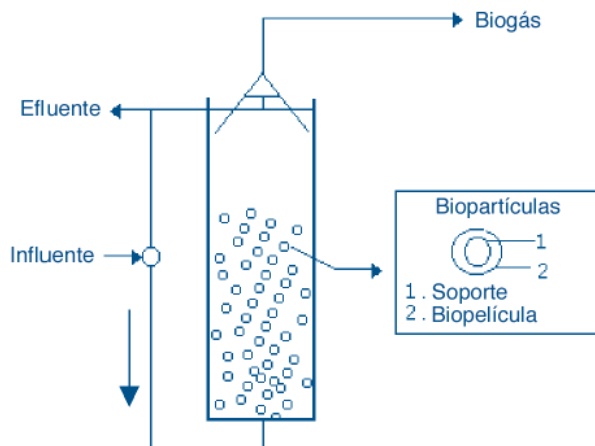


Figura 3. Esquema de un Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado.

Fuente: Hidalgo, M.D., García Encina, P. A. (2002).

La elección de un RALF preferentemente a otros reactores, se debe a que permite trabajar con altos valores de carga orgánica, es especialmente efectivo en el tratamiento de aguas con compuestos recalcitrantes y favorece el transporte de células microbianas del seno del líquido a la superficie del soporte, incrementando el contacto entre los microorganismos y el sustrato [6]. Además, los reactores anaerobios son los que menos afectados se ven por interrupciones y condiciones adversas de operación [7].

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, los objetivos del presente trabajo fueron:

- Aislar las bacterias de los lodos del fondo anaerobio de las lagunas sedimentadoras y aclimatarlas a concentraciones crecientes de furfural.
- Diseñar, construir y poner en marcha el reactor anaerobio de lecho fluidizado.
- Ensayar el reactor con un efluente sintético - de similares características que el efluente industrial -, determinar las condiciones óptimas de remoción y evaluar su eficiencia.

2. Materiales y Métodos

2.1 Aislamiento de bacterias de los lodos de lagunas sedimentadoras y aclimatación

Las bacterias utilizadas en los ensayos de adaptación se tomaron de los lodos del fondo de las piletas sedimentadoras y se conservaron en frascos estériles en heladera. De acuerdo a resultados obtenidos en estudios previos [8], se concluyó que dicha fuente proporciona bacterias que presentan un mayor crecimiento en medios conteniendo furfural y ácido acético que las provenientes de otras fuentes del tratamiento por PSA. Se tuvo en cuenta además, que el reactor dentro del cual los microorganismos desarrollarán el biofilm operará anaeróbicamente, haciéndolas aún más adecuadas.

El inóculo de bacterias se preparó suspendiendo una cantidad aproximada de 4 g de lodos en agua de peptona al 1% p/v. Como nutrientes se utilizaron soluciones de cloruro de amonio y fosfato diácido de sodio, ambos de grado analítico. Se agregaron las cantidades necesarias para que el medio tuviera una concentración final de 0,33 g/L de N y 0,066 g/L de P, valor que surge de la relación 5:1 que debe existir entre N y P respectivamente [9]. Se incubó el medio en condiciones

de oxígeno reducido. Para crear esas condiciones, se recurrió a un desecador cerrado con una vela encendida en su interior; y, a fin de asegurar que el oxígeno remanente se consumiese, se cubrió el fondo con lana de acero humedecida con agua [10]. Se colocó el desecador dentro de una estufa a 37°C para proporcionar las condiciones óptimas para el desarrollo. Una vez observada la aparición de turbidez blanquecina - propia del crecimiento bacteriano - se dio por concluida la incubación y se procedió con la siguiente etapa.

La aclimatación de bacterias se inició con la preparación de un medio de cultivo líquido constituido por Minimal Media M9 [11], como fuente de nutrientes, glucosa al 20% p/v como fuente adicional de carbono, el inóculo bacteriano y el furfural en concentraciones crecientes [4]. Los medios se mantuvieron, al igual que en la etapa de incubación, en condiciones de oxígeno reducido y a una temperatura de 37°C en estufa. Cada ensayo se realizó por duplicado. Se comenzó con una concentración de 300 ppm de furfural y distintas concentraciones de M9 y glucosa. En cada ensayo, cuando se verificaba crecimiento, se procedía a repicar exponiendo los microorganismos a concentraciones cada vez mayores de furfural hasta alcanzar un máximo de 500 ppm.

2.2 Diseño, construcción y puesta en marcha del RALF

No se operó el equipo con el efluente industrial, para eliminar variables que no presentaban relevancia dentro del estudio y que pudieran afectar el funcionamiento del sistema.

Las pruebas se llevaron a cabo dentro del reactor con un efluente sintético, conformado por M9, glucosa, inóculo de bacterias aclimatadas y una concentración inicial de 500 ppm furfural.

Dado el número de variables que intervienen, la caracterización rigurosa de los parámetros de diseño de un RALF resultó muy dificultosa, motivo por el cual se siguieron los pasos propuestos por Iza [12].

Para la elección de arena como material de soporte, se consideró el tamaño de las partículas a utilizar así como la uniformidad y forma de las mismas; aspectos esenciales que brindan a las bacterias superficies específicas importantes para el desarrollo del biofilm [13]; procurando una fluidización homogénea del lecho en toda la altura del equipo. Además, fueron factores determinantes, que el costo fuera razonable y que químicamente resultara inerte. De acuerdo a las recomendaciones realizadas por Hidalgo y García Encina [14], este material es apto, permite un rápido arranque del equipo y el desarrollo de una biopelícula de gran estabilidad. Además, ofrece una elevada resistencia al ataque físico, químico y biológico.

Sin embargo, resulta importante mencionar que densidades de material de soporte muy altas, como en el caso de la arena, están directamente relacionadas con un elevado consumo energético para alcanzar la velocidad de fluidización. Es por este motivo, que en trabajos posteriores, se buscará ensayar con carbón activado como medio de soporte inerte.

Se realizaron los cálculos de diseño del RALF utilizando la *Ecuación de Ergun*. Se propusieron como datos las características del material de soporte a utilizar (arena) y las del fluido (efluente a tratar) en las condiciones de operación.

Esfericidad del sólido (ϕ): 0,86, [15]

Diámetro medio de partícula (D_p): 0,00053 m

Densidad del sólido (ρ_s): 1500 kg/m³

Viscosidad del fluido (μ): 0,001002 Pa.s

Densidad del fluido (ρ_f): 995 kg/m³

Constante gravitacional (g): 9,81 m/s²

Cuando un fluido atraviesa, de abajo hacia arriba, un lecho de partículas sólidas cuyo tamaño varía entre límites estrechos, se establece un gradiente de presión necesario para vencer el frotamiento. Si se aumenta la velocidad de flujo, será necesario provocar un gradiente de presión mayor. Cuando la caída de presión se acerca al valor del peso del lecho por unidad de superficie de sección transversal al flujo, las partículas sólidas comienzan a moverse. Este movimiento constituye el inicio del proceso de fluidización y la velocidad a la que ocurre se conoce como *velocidad mínima de fluidización*. El estado de mínima fluidización se entiende como un estado de transición de lecho fijo a lecho fluidizado y se caracteriza por poseer una *porosidad mínima*, que es apenas un poco mayor a la porosidad del lecho fijo. En ausencia de datos experimentales, como fue nuestro caso, la porosidad del lecho en estado de mínima fluidización (parámetro necesario para el cálculo de la velocidad de fluidización mínima) puede estimarse por correlaciones. Wen y Yu (AIChE Journal y Chemical Engineering Progress Symposium Series) hallaron que la siguiente relación se satisface para varios tipos de partículas, permitiendo hallar la porosidad mínima (ε_m):

$$\frac{1}{\varphi \cdot \varepsilon_m^3} \simeq 14 \Rightarrow \varepsilon_m = \mathbf{0,4363} \quad (1)$$

Conociendo el valor de porosidad mínima y reemplazándola en la Ecuación de Ergun, se determinó la velocidad mínima de fluidización (U_m):

$$\frac{150(1-\varepsilon_m) \cdot \mu \cdot U_m}{\varphi^2 \cdot \varepsilon_m^3 \cdot D_p} + \frac{1,75 \rho_s \cdot U_m^2}{\varepsilon^3 \cdot D_p \cdot \varphi} - g(\rho_s - \rho_f) = 0 \Rightarrow U_m = \frac{0,00099m}{s} = \frac{3,56m}{h} \quad (2)$$

Dado que cualquier expansión de lecho puede escribirse matemáticamente como sigue:

$$(1 - \varepsilon_m) \cdot L_m = (1 - \varepsilon) \cdot L \Rightarrow \varepsilon = 1 - \frac{L_m}{L} \cdot (1 - \varepsilon_m) \quad (3)$$

Considerando que la altura inicial del lecho sin fluidizar es de 55 cm y la expansión buscada es del 100%, la altura del lecho fluidizado será de 1,1 m y la porosidad del lecho expandido, dada por la Ecuación (3), 0,7182. Con este último dato, se calculó la velocidad operativa de fluidización dentro del reactor (U_{op}), reemplazando la porosidad obtenida en la Ecuación de Ergun:

$$U_{op} = \frac{0,0074m}{s} = \frac{26,6m}{h} \quad (4)$$

Con la velocidad operativa de fluidización y teniendo en cuenta que el diámetro del RALF es de 7 cm, se calculó el caudal operativo de fluido:

$$Q_{op} = \mathbf{1,71 L/min} \quad (5)$$

La unidad experimental a escala piloto se construyó empleando una columna de PVC de 147 cm de longitud por 7 cm de diámetro interno, constituyendo un reactor de 6 litros y un volumen total de sistema de 15 litros. Se adoptaron estas dimensiones porque eran óptimas para reducir el efecto de pared y de caída de presión[16], [17]. En la parte superior, el equipo se construyó con un aumento súbito de diámetro, de 70 a 110 mm, de manera de lograr una expansión brusca, disminuyendo la velocidad del flujo y evitando el arrastre de arena[18]. En el extremo inferior, se

colocó un empaquetamiento de 100 mm de grava con el fin de obtener un flujo uniforme en la columna e impedir el reflujo del lecho.

El reactor se cargó con la fracción media de mallas de entre 250 y 800 micras de arena esterilizada, hasta una altura de 55 cm. El diseño contó con una línea de recirculación para lograr la velocidad óptima de fluidización y una expansión operativa del lecho del 100%. Dicho diseño consistió en un tanque pulmón de 5 litros, un filtro de poliuretano expandido (espuma de poliuretano) y una bomba centrífuga de $\frac{3}{4}$ HP. Esta corriente de fluido ingresó por la parte inferior del equipo impulsada por una bomba, la cual fue imprescindible para asegurar la eficiencia del sistema de distribución. Los gases producidos (biogás) y el efluente tratado, abandonaron el sistema por la parte superior, atravesando el tanque pulmón y el filtro. A la salida de la línea de reciclo superior, que conecta el cuerpo del RALF con el tanque pulmón, se instaló un grifo para la toma de muestra. El tanque pulmón cumplió dos objetivos: actuar como sedimentador de las partículas de soporte que puedan ser arrastradas por la corriente de fluido y proporcionar una alimentación uniforme a la bomba. El filtro permitió atrapar las partículas de arena más finas, que no fueron retenidas en el tanque pulmón, para no dañar el rodete de la bomba.

Una vez construido e instalado el RALF, se realizó la prueba hidráulica del sistema con y sin presencia de arena para evaluar el correcto funcionamiento del mismo. Luego, ya colocada la arena esterilizada, se cargó el efluente sintético a degradar. Se puso en marcha, operando a una velocidad estimada de 26,6 m/h y se tomó la primera muestra de efluente para realizarle el monitoreo correspondiente. El equipo funcionó de manera continua, como un sistema cerrado, por 55 horas a una temperatura promedio de 37°C. El efluente se consideró *tratado* cuando la degradación de la materia orgánica fue completa. Esto se verificó mediante el análisis fisicoquímico periódico de los parámetros seleccionados previamente.

2.3 Ensayo del RALF, determinación de condiciones óptimas de operación y evaluación de la eficiencia

Para evaluar la performance del RALF, se tomaron muestras diarias de la línea de salida. Los parámetros analizados fueron Furfural, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Fosfatos, pH, Alcalinidad y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV). La temperatura fue medida diariamente con el fin de controlar que se mantuvieran las condiciones óptimas para el crecimiento bacteriano. Para cada una de las determinaciones efectuadas, se filtró previamente la muestra a través de un filtro de 0,45 micrones.

La concentración de furfural fue analizada por Cromatografía Líquida de Alto Desempeño (HPLC) mediante un equipo Shimadzu CBM 20A, que cuenta con un detector UV SPD 20A, utilizando una columna de fase inversa C18, a 40°C de temperatura, con una velocidad de flujo de 1 mL/min, un volumen de inyección de 20µL y una mezcla de acetonitrilo – agua (17,5:82,5) como fase móvil. El pH se determinó con un pH-metro Hanna. Y los parámetros DQO, NTK, Fosfatos, Alcalinidad y SSV fueron determinados de acuerdo al Standard Methods (APHA 2005).

3. Resultados y Discusión

3.1 Aislamiento de bacterias de los lodos de lagunas sedimentadoras y aclimatación

En la Figura 4, se expone el progreso de la preparación del inóculo de bacterias, desde el día 0 hasta el día 5, donde el enturbiamiento blanquecino indica la conclusión del mismo.



Figura 4. Preparación del inóculo bacteriano.
Fuente: elaboración propia.

Las experiencias llevadas a cabo a escala laboratorio demostraron que es posible el desarrollo de las bacterias provenientes de los lodos en medios de cultivo líquidos, con concentración de hasta 500 ppm de furfural.

3.2 Diseño, construcción y puesta en marcha del RALF

De acuerdo a lo detallado en la sección 2.3, se muestra en la Figura 5, el reactor anaerobio de lecho fluidizado diseñado (a izquierda) y construido (a derecha), a escala piloto, para tratar el efluente sintético.

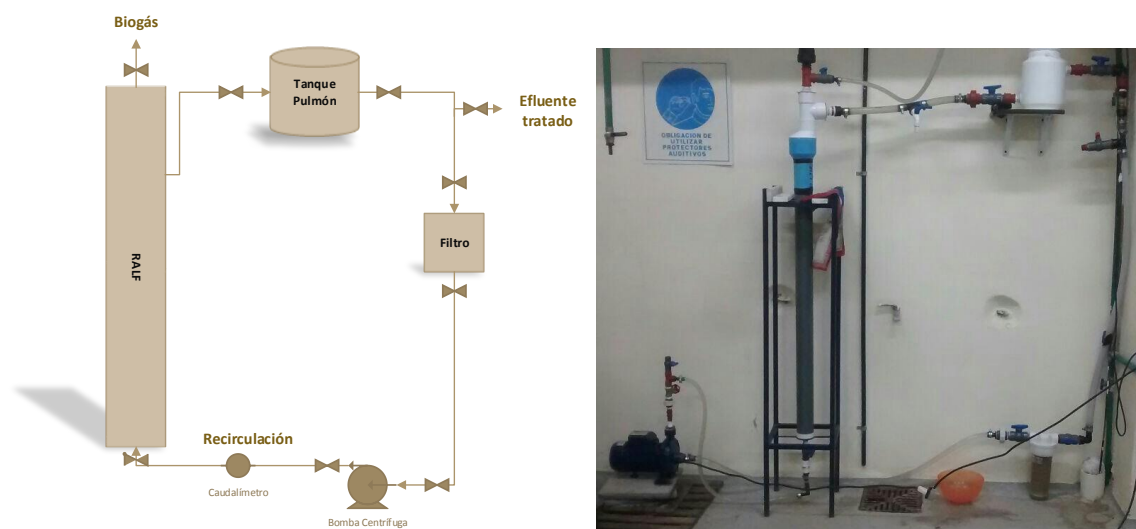


Figura 5. Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado a escala piloto.
Fuente: elaboración propia.

3.3 Ensayo del RALF, determinación de condiciones óptimas de operación y evaluación de la eficiencia

El RALF operó a una velocidad estimada de 26,6 m/h de manera continua, como un sistema cerrado, por 55 horas a una temperatura promedio de 37°C.

Con el objetivo de determinar el tiempo de retención requerido para una remoción efectiva de furfural y de analizar el desempeño del RALF, se graficaron el porcentaje de remoción de furfural y de DQO en función del tiempo de retención hidráulico, así como también, la concentración de Furfural en función del mismo.

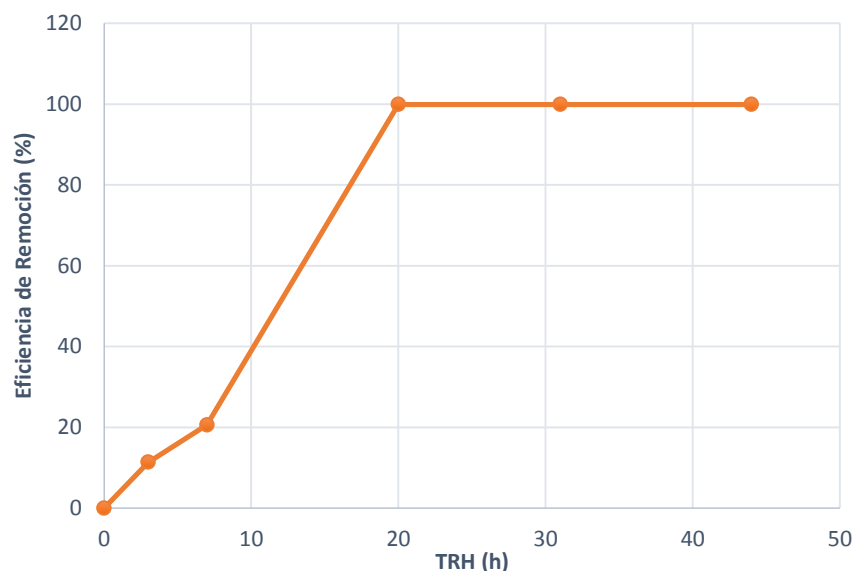


Figura 6. Perfil de eficiencia de remoción de Furfural.

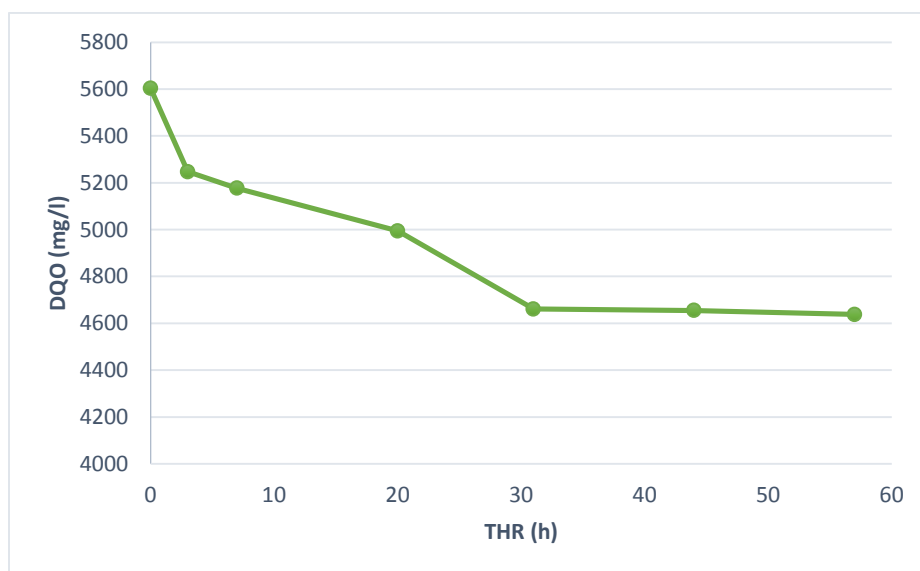


Figura 7. Perfil de remoción de DQO.

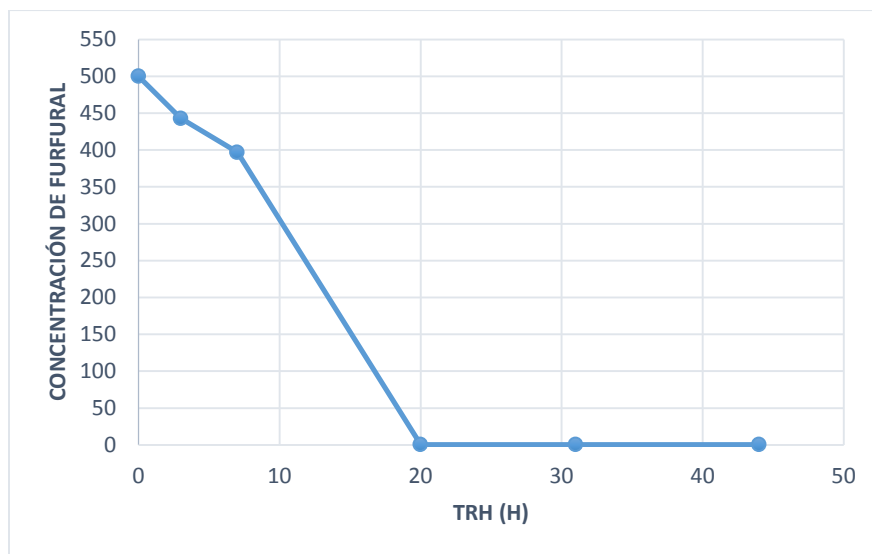


Figura 8. Concentración de Furfural en función del tiempo de retención hidráulico.

De acuerdo a lo que se observa en la Figura 6, se infirió que una vez alcanzado un tiempo de retención hidráulico de 20 horas, se logró el porcentaje de remoción más elevado del ensayo (99,88%). Por lo tanto, se podría concluir el ensayo transcurridas las 20 horas a sabiendas que la degradación del furfural es casi completa y, una permanencia mayor del efluente dentro del reactor, sólo constituirá un costo innecesario. Se procurará en futuros ensayos, determinar el comportamiento del efluente industrial real y compararlo con el comportamiento del efluente sintético.

De la Figura 7, se pudo apreciar una disminución de DQO a lo largo del ensayo con un porcentaje de remoción total de 17%. Puede pensarse que de mantenerse el ensayo por un período de tiempo mayor, se lograrían mejores resultados en cuanto a este parámetro. Sin embargo, el objetivo principal fue degradar el furfural, hecho que se verificó.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que es posible aclimatar consorcios microbianos a medios agresivos y, a partir de estos microorganismos eficientemente adaptados a las condiciones en las que van a cumplir su función, mejorar los sistemas de tratamiento de efluentes actuales.

A partir del ensayo realizado, donde se logró una remoción de 99,8% del furfural en 20 horas de operación, se comprobó la eficiencia del equipo diseñado y construido. Se verificó el desarrollo de biomasa, encargada de la degradación, sobre el soporte inerte dentro del reactor con el incremento del parámetro SSV.

5. Referencias

- [1] SINGH, N., KHAN A. (1995). Acetaldehyde: genotoxicity and cytotoxicity in human lymphocytes. *Mutat. Res.*, v. 337, p. 9-17.
- [2] ZALDIVAR, J., INGRAM, L., MARTINEZ, A. (1999). Effect of selected aldehydes on the growth and fermentation of ethanologenic *Escherichia coli*. *Biotechnol Bioeng.*, v. 65, p. 24-33.

- [3] PUYAL P. (2010). "Diseño preliminar para el tratamiento de efluente de alta carga generado por actividad del procesamiento de tanino vegetal a partir del quebracho. *New England Systems S.A.* Disponible en <http://indunor.blogspot.com.ar>.
- [4] PISHGAR, R., NAJAFPOUR, G. D., NAVAYI NEYA, B., MOUSAVI, N., BAKHSHI, Z. (2014). Effects of organic loading rate and hydraulic retention time on treatment of phenolic wastewater in an anaerobic immobilized fluidized bed reactor. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, v. 22 (1), p. 40-49.
- [5] HIDALGO, M. D., GARCÍA ENCINA, P. A. (2002). Reactores biológicos de lecho fluidizado. *Grupo de Tecnología Ambiental, Dpto. de Ingeniería Química, Universidad de Valladolid*.
- [6] PÉREZ, M., ROMERO, L. I., SALES, D. (1998). Comparative performance of high rate anaerobic thermophilic technologies treating industrial wastewater. *Wat. Res.*, v. 32 (3), p. 559-564.
- [7] FARHAN, M. H., CHINHONG, P. H., KEENAN, J. D., SHIEH, W. K. (1997). Performance of anaerobic reactors during pseudo-steady-state operation. *Journal. Chem. Tech. Biotech.*, v. 69 (1), p. 45-57.
- [8] FARÍAS, A., UTGÉS, E. E., TENEV, M. D., HERVOT, E., UTGÉS, E. M., BACCARO, J., MLOT, Z. (2015). Ensayo de crecimiento bacteriano en un efluente industrial recalcitrante. *V Congreso Bianual Proimca y III Congreso Bianual Prodeca*. La Rioja, Argentina.
- [9] CARRILLO, LEONOR (2002). *Microbiología Agrícola. Universidad Nacional de Salta*.
- [10] MITSUOKA, T., MORISHITA, Y., TERADA, A., YAMAMOTO, S. (1969). A Simple Method ("Plate-in-Bottle Method") for the Cultivation of Fastidious Anaerobes. *Institute of Physical and Chemical Research, Saitama*, v. 13, 4, p. 383-385.
- [11] BALOWS, A., TRUPER, H. G., DWORKIN, M., HARDER, W., HEINZ SCHLEIFER, K. (1992). The Prokaryotes: a Handbook of the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications, v. IV, 199, p. 3648.
- [12] IZA, J., COLLERAN, E., PARIS, J. M., WU, M. (1991). International workshop on anaerobic treatment technology for municipal and industrial wastewaters: summary paper. *Water Science & Technology*, v. 24 (8), p. 1-16.
- [13] ARNÁIZ, C., MEDIALDEA, M., LEBRATO, J., GUTIÉRREZ, J. C. (2002). Eliminación biológica de contaminantes: Reactores de tercera generación. *Ingeniería Química*, v. 391, p. 115-120.
- [14] HIDALGO, M. D., GARCÍA ENCINA, P. A. (2002). Reactores biológicos de lecho fluidizado. *Grupo de Tecnología Ambiental, Dpto. de Ingeniería Química, Universidad de Valladolid*.
- [15] LEVENSPIEL, OCTAVE (1987). *Ingeniería de las Reacciones Químicas*. México: Ediciones Repla S. A.
- [16] TSUNEDA S., AURESENIA J., INOUE Y., HASHIMOTO Y., HIRATA, A. (2002). Kinetic model for dynamic response of three-phase fluidized bed biofilm reactor, for wastewater treatment. *Biochemical Engineering Journal*, v. 10, p. 31-37.

- [17] OCHIENG A., OGADA T., SISENDA W., WAMBUA, P. (2002). Brewery wastewater treatment in a fluidized bed bioreactor. *Journal of Hazardous Materials*, v. 90, p. 311-321.
- [18] QUINTERO RENDÓN, L. (2011). Evaluación del tratamiento biológico para remoción de color índigo de agua residual industrial textil por un consorcio microbiano en lecho fluidizado. *Gestión y Ambiente*, v. 14, p. 105-113.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

INFLUÊNCIA DO ROLETEAMENTO A QUENTE AUXILIADO POR RADIAÇÃO INFRAVERMELHA NA QUALIDADE SUPERFICIAL DE UMA LIGA INCONEL718

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru. Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Caixa Postal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil. E-mail eduardo.luiz.godoi@gmail.com

Eduardo Luiz de Godoi

Resumo— A operação de roleteamento é realizada com o intuito de diminuir a rugosidade e melhorar as propriedades mecânicas da peça pela indução de tensões residuais compressivas por meio de deformação plástica das camadas mais superficiais do componente. Consequentemente, tem-se a elevação da dureza na superfície, além de uma redução significativa da rugosidade da peça roleteada. O objetivo deste trabalho é comparar e avaliar a influência da pressão de roleteamento, velocidade e do número de passes sobre as características e propriedades mecânicas de uma liga de Inconel 718 roleteada com e sem auxílio de radiação infravermelha. Os resultados demonstraram que a rugosidade (parâmetros Ra e Rt) dos corpos de prova roleteados apresentou uma redução de aproximadamente 90% sem auxílio e 85% com auxílio de radiação infravermelha em relação ao valor observado antes da operação, ao passo que a dureza superficial apresentou elevação de cerca de 25% sem auxílio e 31 % com auxílio de radiação infravermelha em comparação ao componente torneado. A tensão residual registrada na superfície dos corpos de prova aumentou e atingiu camadas subsuperficiais após roleteamento.

Palavra-chave - *Roleteamento; tensão residual; acabamento superficial; roleteamento a quente.*

1. Introdução

Alguns processos de usinagem, destinados ao acabamento de peças, conferem ambos, melhor acabamento e diminuição dos desvios de forma, como é o caso da retificação. Outros, como o brunimento, é capaz de interferir apenas no acabamento produzindo um padrão superficial específico. No entanto, os processos de usinagem não visam a modificação das propriedades mecânicas das peças, embora dependendo das condições de usinagem possam induzir tensão residual de compressão ou tração. O jateamento convencional e, principalmente, o jateamento a quente são voltados à melhora das propriedades mecânicas de peças metálicas [1].

O roleteamento é um processo especialmente concebido para fornecer à peça usinada os benefícios advindos da deformação plástica. Durante o roleteamento, a peça é submetida à intensa deformação plástica, porém sob baixas taxas de deformação, em suas camadas mais superficiais. Como consequência, há inerente elevação de dureza, com aumento da resistência

ao desgaste, à corrosão, à fadiga e indução de tensões residuais de compressão, tornando o roleteamento um processo de acabamento e de fortalecimento [2].

Um efeito secundário, porém, bastante desejável, se trata da redução significativa da rugosidade do componente roleteado. Comparado ao seu principal concorrente, o jateamento com granalha, o roleteamento pode ser realizado na própria máquina ferramenta onde a peça foi usinada, sendo necessária apenas a montagem do dispositivo no porta ferramentas, portanto com redução do tempo de fabricação. Como resultado mais relevante, tem-se a indução de tensões residuais em camadas mais profundas do que o jateamento e a redução da rugosidade do componente. Por sua vez, o jateamento permite que peças com geometrias mais complexas e dimensões mais diversificadas sejam processadas. [3].

Durante a operação de roleteamento, uma ferramenta em forma de esfera ou rolete é pressionada contra a peça, em rotação, durante a aplicação de um número predeterminado de passes para garantir a deformação plástica. A ferramenta é livre para girar e, em geral, os movimentos de rotação e avanço são aplicados simultaneamente. Além disso, um fluido lubrificante deve ser utilizado.

A ferramenta utilizada deve ter uma dureza maior que a da peça e exercer uma pressão suficientemente elevada para exceder a tensão limite de escoamento do material da peça, causando uma deformação plástica superficial na qual os picos microscópicos remanescentes da usinagem são escoados para os vales, diminuindo substancialmente as asperezas [4, 5].

A tensão residual de compressão é o principal aspecto na avaliação da integridade de uma peça roleteada por causa de sua influência direta no desempenho em serviço. Então, controlar o processo por meio do conhecimento da influência das condições de roleteamento é um caminho para produzir tensão residual de compressão nas camadas mais externas e aumentar a vida do componente. A Figura 1 ilustra a indução de tensão e a redução da rugosidade no processo de roleteamento nas camadas da peça.

No torneamento de ligas de difícil usinagem, a minimização das forças e do desgaste da ferramenta de corte pode ser conseguida por meio do aquecimento da peça, a qual tem um abaixamento da tensão limite de escoamento acompanhado de diminuição da pressão específica de corte do material. Para isso, diversas técnicas são encontradas na literatura diferindo uma das outras pela origem da fonte de aquecimento, que pode ser localmente concentrada ou distribuída na superfície da peça. Assim pode-se recorrer ao método por corrente [6,7,8], aquecimento por plasma [9], por laser [10], resistência elétrica de quartzo [11].

As forças normais de roleteamento utilizadas foram de 200, 300 e 500N com as potências de laser empregadas de 200, 350 e 500W, as quais produziram temperaturas superficiais na peça de 80, 120 e 180°C, respectivamente. Como consequência do processo híbrido proposto, pode-se resumidamente destacar que o Roleteamento a laser é capaz de reduzir a razão entre a força de avanço e a força normal (F_f/F_n), levando a um menor desgaste da ferramenta no roleteamento a laser do que no roleteamento convencional, comparado ao seu equivalente convencional, o roleteamento a laser melhora substancialmente o acabamento superficial, particularmente para materiais duros, por causa do amolecimento do material da peça o que permite deformação plástica superficial mais intensa para uma mesma força, quando a temperatura durante o roleteamento a laser alcança valor um pouco mais baixo do que a temperatura de revenimento do material da peça, o processo pode produzir dureza mais alta na camada superficial da peça, por causa do maior encruamento da peça devido ao amolecimento temporário do material da peça pelo aquecimento localizado do laser, o roleteamento a laser também gera grandes tensões residuais de compressão na superfície da peça em comparação com as peças produzidas no roleteamento convencional.

Contudo, apesar dos melhores resultados obtidos a partir da utilização do laser no processo de roleteamento em relação ao método convencional, o laser é um equipamento de alto custo, além de exigir grande espaço físico ao redor da máquina ferramenta, assim como os métodos de aquecimento por plasma, por corrente elétrica e por chama. No caso do torneamento, estes problemas foram minimizados com a utilização de resistências elétricas em quartzo de baixo custo, as quais emitem exclusivamente radiação infravermelha, tendo a importante propriedade de aquecer somente corpos opacos e não a atmosfera transparente, ou mesmo translúcida, ao seu redor [11].

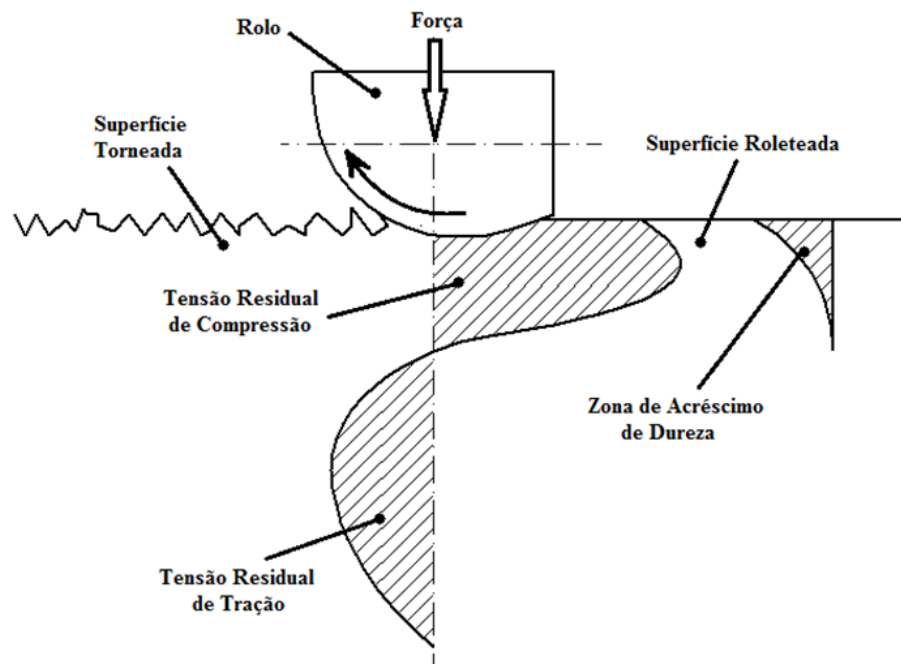


Figura 1 - Modificações na peça com o roleteamento [12].

2. Materiais e Métodos

Os ensaios de roleteamento foram realizados num torno convencional TORMAX 30 equipado com um dinamômetro Kistler, modelo 9257BA, no qual foi fixada a ferramenta de roleteamento. Esta ferramenta foi fabricada para permitir a execução dos ensaios. A opção se dará pela ferramenta de rolo devido à maior facilidade construtiva e o maior emprego no processo, ao invés da esfera. A Figura 2 ilustra a ferramenta posicionada no dinamômetro.

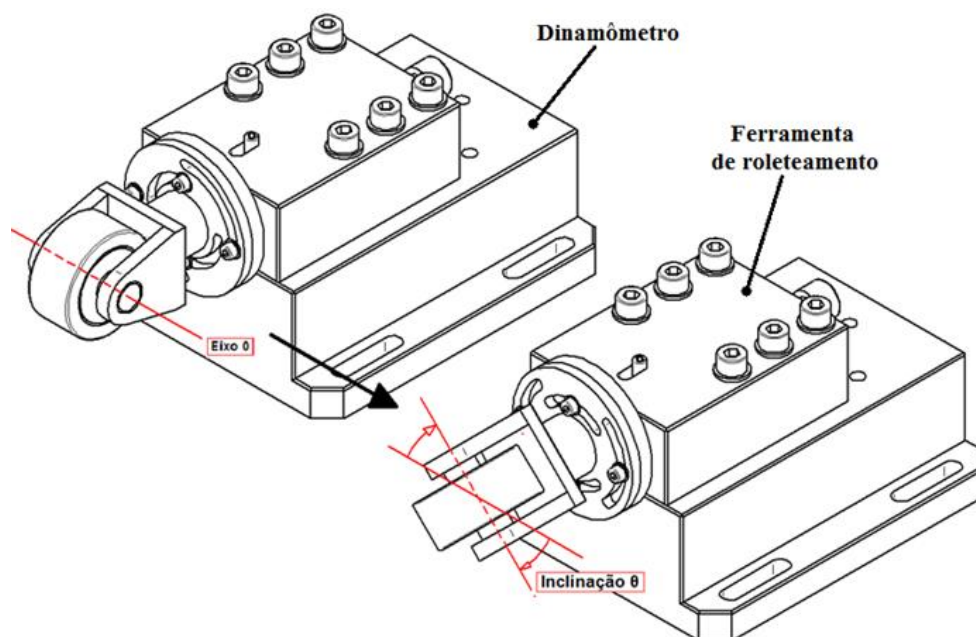


Figura 2 – Ferramenta de roleteamento acoplada a um dinamômetro.

Fonte: elaboração próprio autor

Para aquecimento do corpo de prova, utilizou três resistências de quartzo com 500 Watts de potência cada uma, modelo GC 500/220 da Eletrothermo. Estas resistências as quais emitem radiação infravermelha, montadas ao redor do corpo de prova. O esquema de montagem das resistências em volta da peça é mostrado na Figura 3.

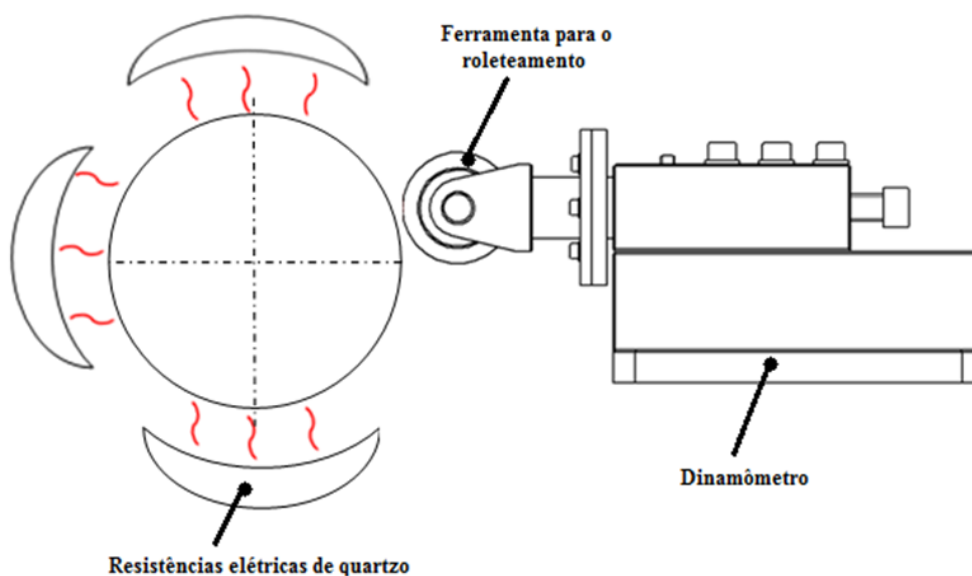


Figura 3 - Esquema da montagem do roleteamento a quente.

Fonte: elaboração próprio autor

2.1 Confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova feitos em liga de inconel 718 foram doadas pela Villares Metals, foram confeccionados no Torno Convencional Romi Tormax 30, conforme desenho da Figura 4 para serem adequados tanto para a realização dos ensaios de roleteamento a quente, quanto aos de roleteamento convencional. Através dessa geometria, dividindo a peça em partes, pode-se realizar quatro diferentes condições de roleteamentos em cada corpo de prova.

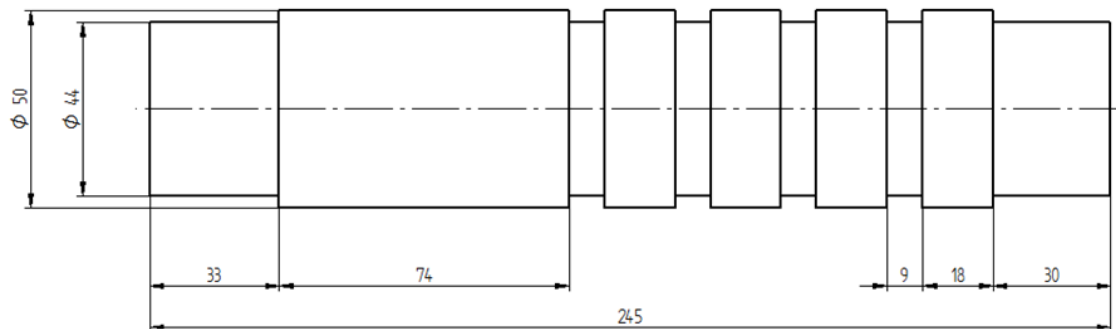


Figura 4 – Geometria dos corpos de provas

Fonte: elaboração próprio autor

Após a confecção de todos os corpos de prova, retirou-se o castelo do torno, fixou-se o adaptador do dinamômetro, o dinamômetro e, sobre este, o porta-ferramenta próprio para dinamômetro, como mostrado na Figura 5. Prendeu-se a peça entre placa e contra ponta e torneou-se os corpos de prova, conforme a Figura 4. Para a realização deste torneamento utilizou-se ferramenta de corte de metal duro doada pela SANDVIK Coromant, modelo CNMG 12 04 08 – PM 4225, alcançando uma média de $1,0 \mu\text{m}$ de rugosidade R_a inicial.

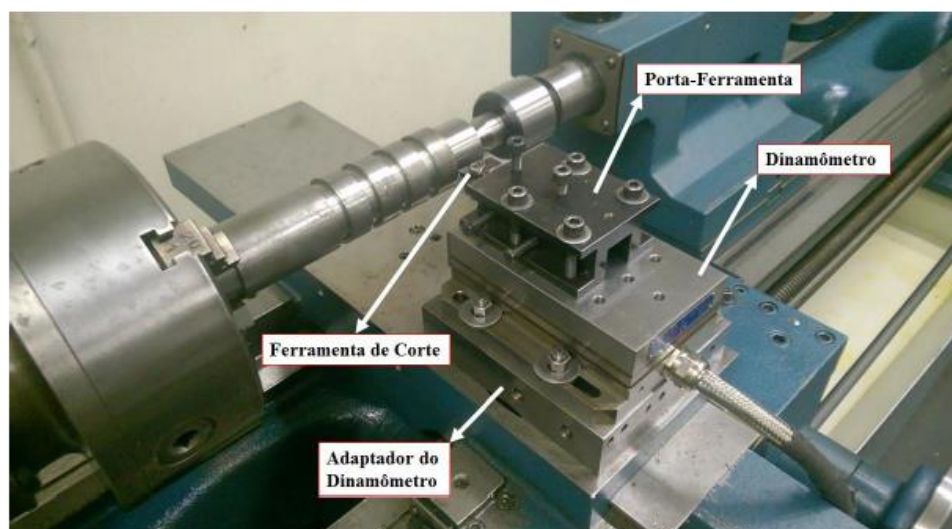


Figura 5 torneamento antes do processo de roleteamento

Fonte: elaboração próprio autor

Essa operação de torneamento imediatamente anterior ao roleteamento retira qualquer batimento que pode estar presente na peça, deixando as peças submetidas aos ensaios totalmente concêntricos com a placa e a ponta, visto que a peça não será solta até terminarem todos os ensaios de roleteamento determinados sobre ela.

2.2 Preparação exclusiva para ensaios de roleteamento convencional.

Nos ensaios de roleteamento para diminuir o atrito na interface peça-ferramenta, reduzir ruídos e desgastes e auxiliar na melhoria da rugosidade superficial obtida, utilizou-se o fluido de corte convencional de óleo solúvel Rocol Semi-Sintético Ultracut 370. A configuração utilizada para realizar todos os ensaios preliminares é demonstrada na Figura 6. Destaca-se que a rugosidade R_a inicial média de todas as peças (após serem torneadas) é de $1,0 \mu\text{m}$ e que para todos os ensaios de roleteamento, o avanço e a inclinação da ferramenta de roleteamento foram mantidos em $0,062 \text{ mm/rev}$ e 45° , respectivamente.

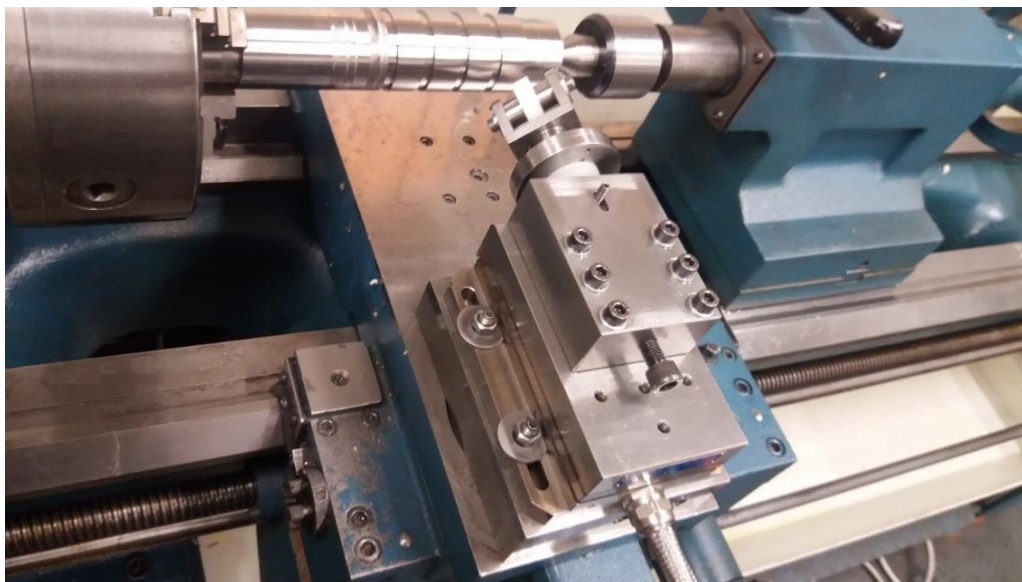


Figura 6 – Configuração exclusiva para roleteamento convencional.
Fonte: elaboração próprio autor

2.3 Preparação Exclusiva para Ensaios de Roleteamento a quente.

Afim de evitar danos no dinamômetro devido a radiação infravermelha emitida pelas resistências elétricas, superaquecendo-o e prejudicando o funcionamento adequado de aquisição de forças, colocou-se uma proteção de manta asfáltica aluminizada sobre ele.

Essa manta é elaborada à base de asfaltos modificados armados com estruturante de Polietileno de Alta Densidade. Sua cobertura superficial de alumínio gofrado flexível de alta resistência permite uma impermeabilização e assegura a reflexão dos raios UV, tornando um bom isolante térmico, impedindo que o dinamômetro sofra aquecimento. O conjunto instalado para a realização dos ensaios a quente está representado na Figura 7.

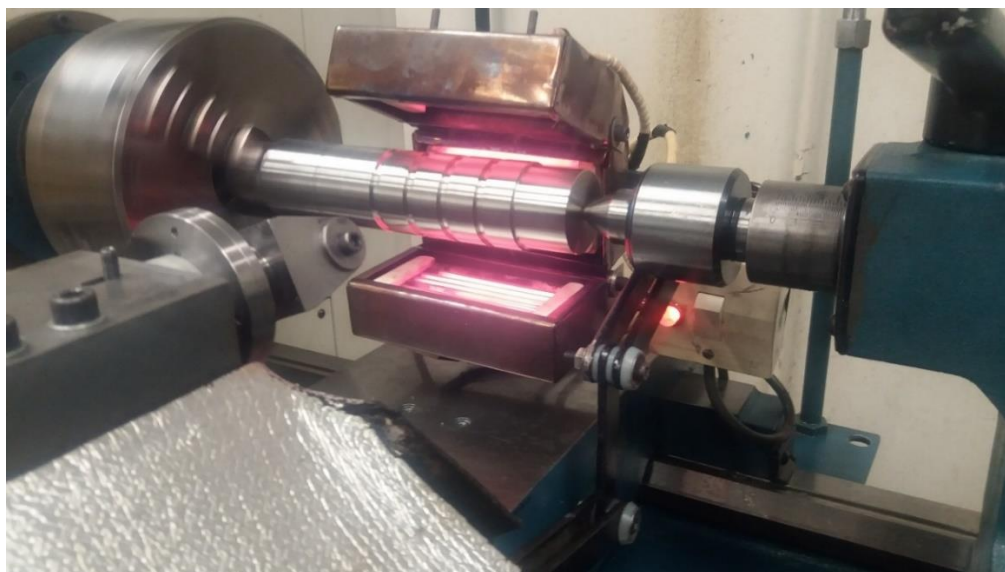


Figura 7 – Configuração exclusiva para roleteamento a quente.
Fonte: elaboração próprio autor

O roleteamento auxiliado por radiação infravermelha também necessita de lubrificação para evitar ruído excessivo e desgaste do rolo-ferramenta e manter a integridade física da superfície da peça roleteada, conseguindo alcançar bons resultados no acabamento superficial. Para isso foram testados óleos, graxas e pasta lubrificante, buscando um que tivesse alto ponto de ignição para não sofrer combustão durante o processo, em que a peça chega a aproximadamente 250°, ou que aderisse adequadamente sobre a peça, não tendo excessivo gotejamento ou respingos sobre as resistências ao ser aquecido ou submetido a testes em que são utilizadas altas rotações. O lubrificante com melhor resultado quanto aos respingos foi a pasta Lubrificante ROYAL COAT 900 – ROYAL GREASE.

3. Resultados e discussão

3.1 Rugosidade da Peça

Foram executados diversos ensaios preliminares para encontrar as melhores condições de roleteamento, tendo como parâmetro a rugosidade (Ra) obtida na superfície da peça conforme tabela 1. Os resultados dos ensaios preliminares e a definição dos parâmetros finais que serão realizados para os ensaios no roleteamento convencional e a quente.

3.2. Análise Estatística dos Ensaios Preliminares

Os ensaios preliminares foram realizados somente no roleteamento convencional. Foram combinados diferentes parâmetros de entrada, alterando a rotação da peça, número de passes dados e a força aplicada, obtendo como variável de saída a rugosidade superficial (Ra) da peça roleteada. Em seguida, utilizando o método de Análise de Variância (ANOVA), através do programa Minitab 17 - *Statistical Software*, determinou-se os parâmetros de entrada que mais influenciam na rugosidade final, diminuindo o número de ensaios finais, filtrando os parâmetros de menor relevância. Os parâmetros de entrada no ensaio final do roleteamento a quente serão os mesmos determinados para o roleteamento convencional.

Tabela 1 – Condições de ensaios preliminares de roleteamento.

Material Inconel 718	Avanço (mm/rev)	Força (N)	Rotação (rpm)	Número de passes
	0,062	350	180	1
	0,062	550	560	2
	0,062	850	1400	3
	0,062	850	1400	4

Fonte: elaboração próprio autor

4. Resultados Finais e Discussão

Os resultados finais obtidos através dos ensaios de roleteamento convencional e roleteamento a quente são descritos a seguir, separados nos tópicos: Rugosidade Superficial; Microdureza; Tensão Residual.

4.1 Rugosidade superficial

Realizou-se ensaios de cada processo de roleteamento, afim de analisar a influência dos parâmetros da rugosidade e número de passes na qualidade superficial da amostra, avaliada de acordo com a sua rugosidade média aritmética (Ra) a força e rotação mantidas em 850 N e 180 rpm respectivamente. Os resultados obtidos para o roleteamento convencional é apresentado na tabela 2 e os resultados para o roleteamento à quente é apresentado na tabela 3.

Tabela 2 – Roleteamento convencional: resultados finais de rugosidade.

Nº Ensaio Final	Rotação (rpm)	Força (N)	Número de Passes	Ra (µm)	Desvio Padrão (µm)
1	180	850	1	0,260	0,006
2	180	850	2	0,242	0,007
3	180	850	3	0,120	0,006
4	180	850	4	0,062	0,006

Fonte: elaboração próprio autor

Tabela 3 - Roleteamento à quente: resultados finais de rugosidade.

Nº Ensaio Final	Rotação (rpm)	Força (N)	Número de Passes	Ra (µm)	Desvio Padrão (µm)
1	180	850	1	0,379	0,011
2	180	850	2	0,262	0,010
3	180	850	3	0,137	0,012
4	180	850	4	0,079	0,006

Fonte: elaboração próprio autor

Pode-se observar que o aumento do número de passes foi benéfico a melhora da rugosidade superficial tanto para o roleteamento convencional, quanto para o à quente. Fato este já esperado, visto que a repetição do processo sobre a mesma peça resulta em um aumento da homogeneidade na deformação plástica, possibilitando que os picos microscópicos da superfície anteriormente usinada sejam efetivamente escoados para os vales da mesma, diminuindo, assim, cada vez mais a sua rugosidade. Destaca-se também que o maior número de passes utilizados (4 passes) não foi suficiente para causar a deterioração da superfície em razão do excesso de encruamento produzido e a descamação do material [13].

Em relação ao roleteamento à quente, nota-se que o aumento da rotação é bastante prejudicial à melhora de rugosidade obtida, em virtude, principalmente do excesso de vibração, que resulta em instabilidade da ferramenta de roleteamento sobre a superfície da peça de trabalho. Essa vibração é causada, como já explicado, principalmente pela baixa lubrificação durante o processo que, em altas velocidades, torna-se ainda menos eficaz.

Destaca-se que, para roleteamento convencional, pôde-se alcançar uma melhora máxima da rugosidade de 90% e para o roleteamento à quente, a melhora máxima foi de 85%.

4.2 Microdureza

Realizou-se quatro ensaios de cada processo de roleteamento, mantendo a força aplicada em 850N e a velocidade de rotação em 180 RPM, afim de analisar a diferenças entre os métodos de roleteamento e a influência do número de passes na microdureza da camada subsuperficial da amostra, avaliada na escala Vickers (HV), medida da profundidade da camada mais próxima à superfície e em direção ao centro da peça.

Gráficos da progressão de dureza dada em cada passe para cada processo separadamente, demonstrados na figura 8 e 9.

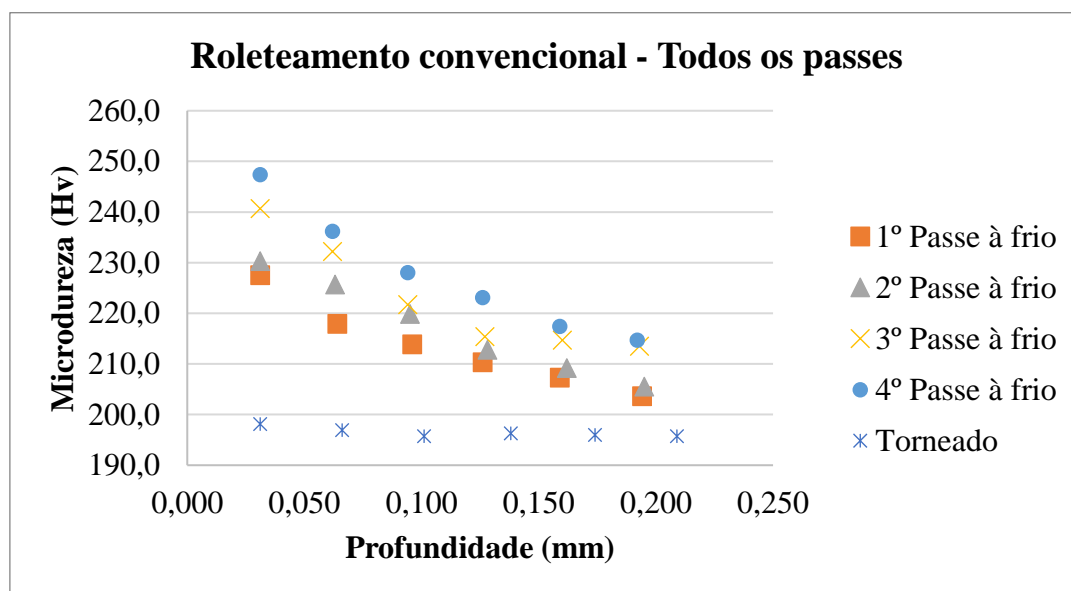


Figura 8 – Roleteamento convencional: microdureza obtidas a cada passe.

Fonte: elaboração próprio autor

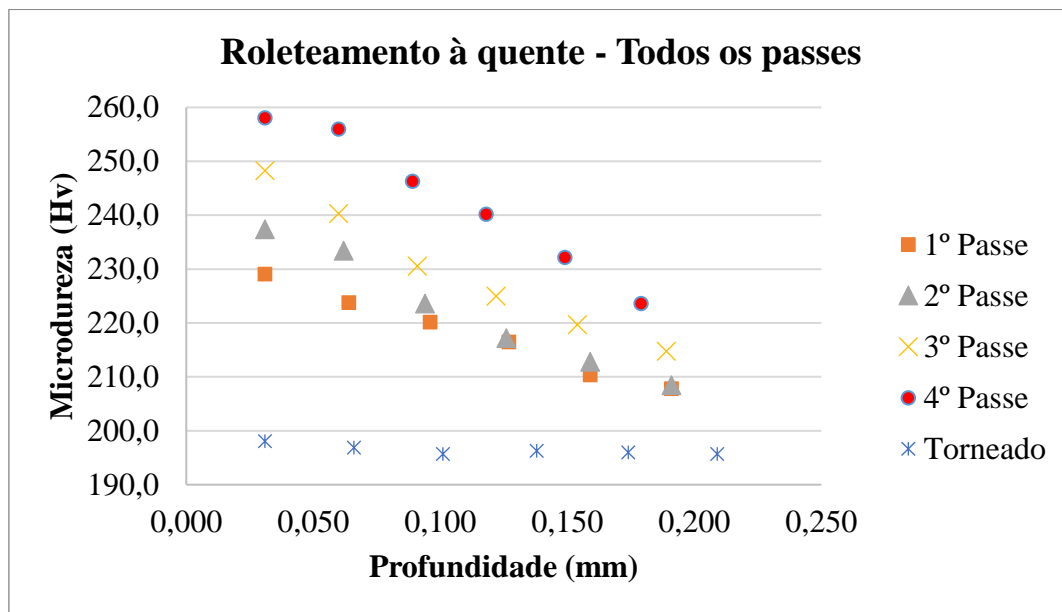


Figura 9 – Roleteamento à quente: microdureza obtida em cada passe.

Fonte: elaboração próprio autor

Pelos gráficos da figura 9 pode-se concluir que, independente dos passes, o roleteamento à quente promove maior aumento da microdureza da camada subsuperficial da peça do que em relação ao roleteamento convencional. Isso ocorre provavelmente porque o aquecimento da peça provoca uma diminuição da tensão limite de escoamento de seu material, amaciando-o, facilitando que a peça seja encruada com a força aplicada e, então, sua microdureza acrescida. Fato este que pode ser comparado com a influência da dureza inicial de uma peça no acréscimo total de dureza fornecido pelo processo de roleteamento que, quando se tem menor dureza inicial, maior o acréscimo promovido [14].

Pelos gráficos da figura 8 e 9, pode-se enxergar com mais clareza que a aplicação de um maior número de passes vem a ser vantajoso independente do processo, aumentando tanto a dureza da camada mais superficial, quanto da camada mais profunda. Obteve-se um aumento de 25,9% da dureza a 0,031 mm de profundidade e de 9,3% a 0,193 mm no roleteamento convencional, contra 31,3% de acréscimo a 0,031 mm e 13,8% a 0,179 mm utilizando o roleteamento à quente.

4.3 Tensão Residual

Afim de avaliar e comparar a tensão residual obtida nas peças, realizou-se os ensaios de roleteamento utilizando diferentes número de passes, mantendo a força e a rotação em 850 N e 180 RPM, respectivamente. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 4 e esses dados são plotados no gráfico da figura 10. É importante destacar que o difratômetro utilizado possui um software específico que calcula automaticamente as tensões residuais.

Tabela 4 – Resultados de tensão residual.

Processo	Passe	Tensão Residual (MPa)	Desvio-Padrão
Torneamento	-	331	29
Roleteamento convencional	1º passe	6	11
	2º passe	-27	13
	3º passe	-110	23
	4º passe	-128	8
Roleteamento à quente	1º passe	-20	14
	2º passe	-54	29
	3º passe	-112	13
	4º passe	-226	25

Fonte: elaboração próprio autor

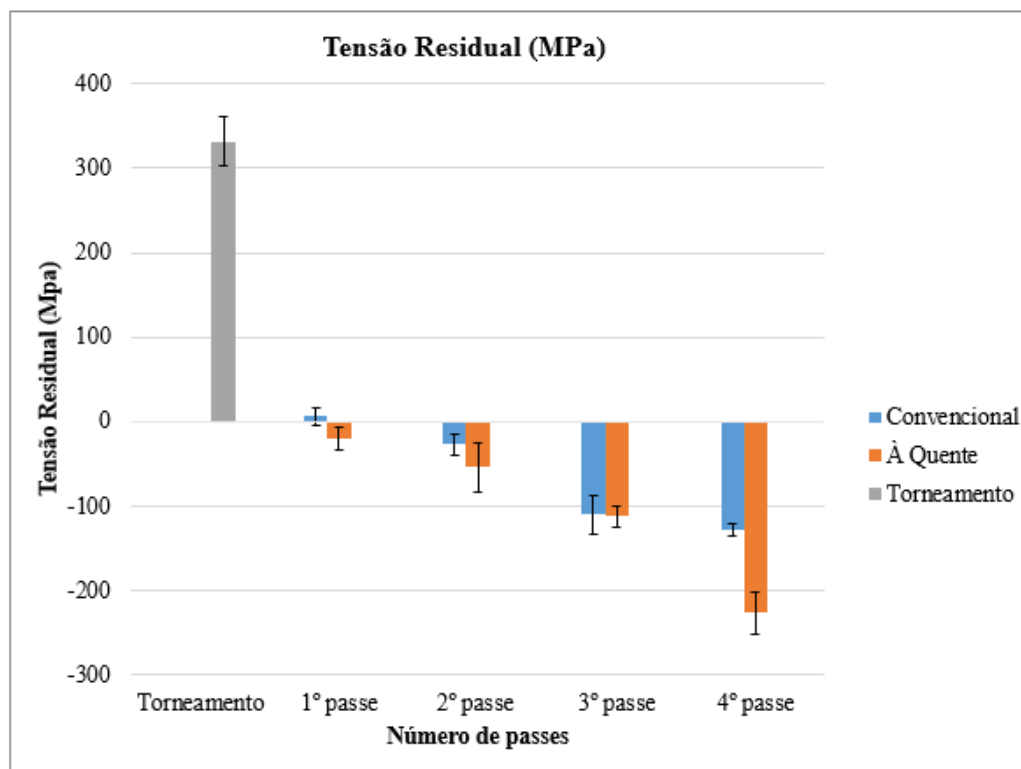


Figura 10 – Resultado de Tensão Residual.

Fonte: elaboração próprio autor

O processo de torneamento gera uma grande tensão residual de tração na superfície da peça, o que é prejudicial principalmente para sua vida em fadiga.

Em relação ao processo de roleteamento convencional, o primeiro passe sobre a superfície torneada não é capaz de transformar a tensão residual de tração presente em tensão de compressão, mas já diminui significativamente o seu valor. A medida que o segundo passe é dado, surge a tensão de compressão na superfície, o que é intensificada ainda mais no terceiro passe. Pode-se notar, que a mudança no terceiro passe para o quarto já não é tão significativa, mostrando que a tensão residual compressiva produzida em função dos passes dados está próxima a máxima alcançada pelo roleteamento convencional.

Em relação ao processo de roleteamento à quente, o primeiro passe já é capaz de transformar a tensão residual de tração proveniente do torneamento em tensão de compressão. A intensidade dessa tensão de compressão só aumenta à medida que os passes são executados.

Como conclusão, é possível notar que o aquecimento da peça gerado pelas resistências elétricas revestidas em cerâmica durante o processo vêm a ser vantajoso também para produzir maior tensão residual de compressão na superfície da peça, tornando-a, conseqüentemente, mais resistente a fadiga.

5. Conclusões Finais

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que para o roleteamento convencional, o parâmetro que mais influência na melhora da rugosidade superficial é a força, seguida do número de passes e, por último, a velocidade de rotação. Verifica-se que o aumento de todos esses parâmetros utilizados no trabalho promoveu melhoras no resultado da qualidade superficial. A partir da utilização de 850N, 180 RPM e 4 passes, pode-se alcançar a rugosidade de 0,062 μm , tendo uma redução de 90% em relação a inicial. Em relação ao acréscimo da microdureza e da tensão residual, pode-se alcançar uma microdureza de 247,4 HV na camada mais superficial, promovendo um aumento de 25,9% em relação a microdureza inicial da peça e proporcionando uma tensão residual de compressão de até 128 MPa, uma melhora bastante significativa em relação a peça torneada, que possui uma tensão residual de tração no valor de 331 MPa.

Para o roleteamento à quente, pode-se concluir que o aumento da força e do número de passes é vantajoso para diminuir a rugosidade, entretanto utilizar a mais alta rotação implica numa piora no desempenho do processo, resultando na deterioração da superfície da peça roleteada. Dessa forma, os melhores parâmetros para a rugosidade são 4 passes, 850 N de força e 180 RPM, obtendo uma melhora de 85,0%, alcançando a R_a de 0,079 μm . Em relação a microdureza e tensão residual compressão, alcançou-se o valor máximo de 258,1 HV na camada mais superficial, representando um acréscimo de 31,3% da microdureza inicial, e 226 MPa, resultado 1,78 vezes maior que a melhor tensão residual obtida pelo processo de roleteamento convencional.

No geral, pode-se destacar então que utilizar o roleteamento convencional é mais vantajoso para diminuir a rugosidade superficial, principalmente porque o desempenho do processo de roleteamento à quente nesse quesito é impedido pela grande dificuldade de se obter uma boa lubrificação. Por outro lado, para melhorar a tensão residual e promover maior microdureza, o roleteamento à quente apresenta um maior desempenho, principalmente pelo fato de diminuir a tensão de escoamento do material, facilitando que ele seja encruado.

6. Referências

- [1] COBANOGU, T.; OZTURK, S. (2014) *Effect of burnishing parameters on the surface quality and hardness*. *Journal of Engineering Manufacture*, v. 9, p. 1-9.
- [2] SAI, W. B.; LEBRUN, J. L. (2003) *Influence of finishing by burnishing on surface characteristics*. *Journal of Materials Engineering and Performance*, v. 12, n. 1, p. 37-40.
- [3] ABRÃO, A. M.; DENKENA, B.; KOEHLER, J.; BREIDENSTEIN, B.; MÖRKE, T. (2014) *Alterações superficiais e subsuperficiais induzidas no aço alto carbono C60 pela operação de roleteamento*. In: VIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Uberlândia.
- [4] EL-AXIR, M. H. (2000) *An investigation into roller burnishing*. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 40, n. 11, p. 1603-1617.
- [5] MALLESWARA, R. J. N.; REDDY, A. C. K.; RAO, P. V. R. (2011) *The effect of roller burnishing on surface hardness and surface roughness on mild steel specimens*. *International Journal Of Applied Engineering Research*, Dindigul, v. 1, n. 4, p. 777-785.
- [6] OKOSHI, M.; UYEHARA, K. (1963) *Hot machining by electric current*. *Proceedings of the International Production Research Conference*, p. 264-271.
- [7] BARROW, G. (1969) *Use of electric current for hot machining of high strength steels*. *Machinery and Production Engineering*, v. 114, p. 370-374.
- [8] CHEN, C. H.; SHIOU, F.-J. (2003) *Determination of optimal ball-burnishing parameters for plastic injection moulding steel*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 21, n. 3, p. 177-185.
- [9] KITAGAWA, T.; KATSUHIRO, K; KUBO, A. (1988) *Plasma hot machining for high hardness metals*. *Bulletin Japan Society of Precision Engineering*, v. 22, n. 2, p. 145-151.
- [10] SALEM, B. W.; MELHAOUI, A.; COHEN, P.; AHDAD, F.; LONGUEMARD, J. P. (1995) *Laser-assisted machining*. *Mecanique Industrielle et matériaux*, v. 48, Iss. 1, p 29-30.
- [11] SANCHEZ, L. E. A.; MELLO, H. J.; NETO, R. R. I.; DAVIM, J. P. (2014) *Hot turning of a difficult-to-machine steel (saexev-f) aided by infrared radiation*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 73, n. 5-8, p. 887-898.
- [12] AKKURT, (2011) *Comparison of roller burnishing method with other hole surface finishing processes applied on AISI 304 austenitic stainless steel*. *Journal of materials engineering and performance*, v. 20, n. 6, p. 960-968.
- [13] EL-KHABEERY, M. M.; EL-AXIR, M. H. (2001) *Experimental techniques for studying the effects of milling roller-burnishing parameters on surface integrity*. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 41, n. 12, p. 1705-1719.
- [14] HASSAN, A. M.; MAQABLEH, A. M. (2000) *The effects of initial burnishing parameters on non-ferrous components*. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 102, n. 1, p. 115-121.

ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN SOMETIDAS A ACCIONES TÉRMICAS ELEVADAS

Marcia Rizo Patrón, Universidad Nacional de Santiago del Estero, rizopatron@gmail.com

Gustavo Ariel Pérez, Universidad Nacional de Tucumán, gperez@herrera.unt.edu.ar

Ricardo H. Lorefice, Universidad Nacional de Santiago del Estero, rlorefice@gmail.com

Resumen— En este trabajo se analizan las diferentes metodologías existentes para el estudio de la respuesta estructural de elementos de hormigón y hormigón armado sometidos a acciones térmicas de elevado valor, con aplicación al caso de incendios. Las técnicas de análisis se exploran en función de los códigos de aplicación, hipótesis de trabajo y escenarios térmicos impuestos, así como también en función del tipo de sollicitación del elemento estructural considerado: flexión, compresión, etc.

Palabras clave— *hormigón armado, acciones térmicas, análisis estructural.*

1. Introducción

Las estructuras de hormigón han tenido históricamente un buen comportamiento, en términos generales, ante la acción de las altas temperaturas de un incendio (ver Bailey & Khoury [1]). Debido a que el hormigón es incombustible y tiene una conductividad térmica relativamente baja, el flujo de calor al interior de un elemento de hormigón armado sometido a fuego ocurre en forma lenta. Por lo tanto, se considera en general que las estructuras de hormigón tienen una resistencia intrínseca al fuego, lo que se asegura en el diseño estructural prescribiendo dimensiones mínimas para los miembros estructurales y un recubrimiento mínimo para las armaduras. La evidencia histórica sugiere que estos simples recaudos han aportado un nivel aceptable en el comportamiento de las estructuras de hormigón armado sometidas a incendios.

Existen en la literatura relativamente pocos análisis técnicos detallados del comportamiento real de edificios de hormigón, durante y después un incendio. Estos estudios experimentales muestran que es necesario conocer mejor el comportamiento tanto de los elementos estructurales como de la estructura en su conjunto para evitar el colapso prematuro de la misma. Distintos autores han profundizado el estudio del problema (ver Annerel et al [2], Dimmia et al [3], Fletcher et al [4], Khoury [5], entre otros), analizando la incidencia de distintos aspectos, tales como configuración estructural, forma de la sección, cuantía y calidad del acero de refuerzo, disposición de las armaduras, etc. concluyendo que si bien todos estos aspectos son relevantes, la mayor incidencia en el comportamiento estructural de falla de los hormigones sometidos a elevadas acciones térmicas quedan determinadas por su constitución misma, es decir, por aspectos tales como tipo de cemento y relación agua/cemento, tipo de agregados (silíceos o calcáreos según su origen), dado que estos últimos condicionan fuertemente los cambios físicos y químicos que sufre la masa del hormigón durante la

exposición a temperaturas elevadas, tal el caso de incendios o situaciones de emisión continua de radiaciones. La exposición a temperaturas elevadas produce en los hormigones pérdida de rigidez y disminución de la resistencia, aumento de la presión interna de vapor de los gases que a su vez provienen del cambio de estado de la fase líquida, con la consiguiente formación de microfisuras y descascaramiento del recubrimiento, fenómeno conocido como *spalling*. En el caso de los hormigones de alta resistencia y en general en los de alta performance, la matriz cementicia es mucho más densa y cerrada, con menos porosidad que en hormigones normales, y por lo tanto, los fenómenos anteriores se potencian generando una pérdida de capacidad portante aún mayor, ver Figuras 1 a 3. Por estas razones, y dado que las condiciones y criterios actuales de diseño estructural tienden a lograr elementos estructurales cada vez más esbeltos y de resistencias cada vez mayores, es que es de fundamental importancia profundizar las investigaciones al respecto.

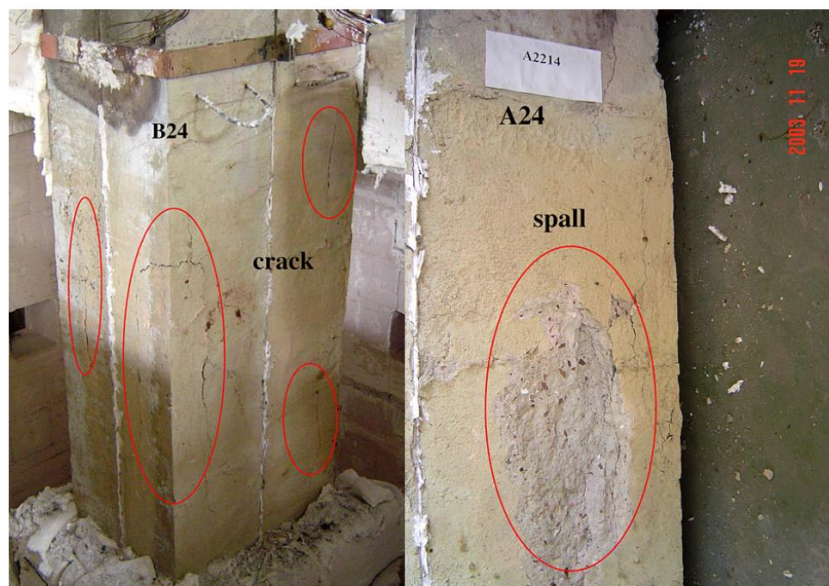


Figura 1: Fisuración y descascaramiento en columnas luego de ensayos de incendio (Jau y Wang, [6])



Figura 2: Comparación de descascaramiento entre hormigón normal (izquierda) y de alta resistencia (derecha) (Kodur y Sultan [7])



Figura 3: Comparación de la incidencia de la disposición de armaduras de confinamiento (estribos), convencional (izq.) y densificada (der.) (Kodur [7])

2. Criterios reglamentarios actuales. El Eurocódigo.

Entre los criterios reglamentarios actuales más relevantes, se destacan por su amplia difusión territorial los del *American Concrete Institute (ACI)* y el del *Eurocodigo* (EN 1990, EN 1991-1-2 y EN 1992-1-2).

El EN 1990 se divide en dos partes, la primera relativa a los criterios de análisis convencionales basados en lograr las condiciones de resistencia y serviciabilidad ante acciones mecánicas típicas, tales como las incluidas en la norma EN 1991 Eurocódigo 1 “Acciones sobre las estructuras” en su parte 1-2 (EN 1991-1-2) describe las acciones térmicas y mecánicas para el diseño estructural de un edificio sometido a fuego. La segunda parte, del Eurocódigo 2 “Diseño de estructuras de hormigón” (EN 1992-1-2) describe los principios, requerimientos y reglas para el diseño de estructuras de hormigón para la situación accidental de exposición al fuego, incluyendo requerimientos de seguridad, procedimientos y ayudas de diseño.

Según el EN 1992-1-2, el estudio y diseño del comportamiento estructural en situación de fuego puede realizarse siguiendo alguno de los siguientes métodos:

- Diseño de un tipo específico de miembro estructural según datos tabulados (EN 1992-1-2, sección 5).
- Métodos de cálculo simplificado para cada tipo de miembro estructural (EN 1992-1-2, sección 4.2).
- Modelos de cálculo avanzados que pueden simular el comportamiento de partes de la estructura o bien hacer un análisis global de la estructura (EN 1992-1-2, sección 4.3).

Nota: El último método está definido para cada país en un anexo nacional del Eurocódigo.

Los datos tabulados y los modelos de cálculo simplificados están limitados al estudio de miembros individuales de las estructuras sometidos a una exposición de fuego tipo estándar en toda su longitud, es decir, se considera que existe la misma distribución de temperaturas en todo el elemento. Los resultados obtenidos a partir de estos métodos son conservadores

comparados con los resultados de modelos avanzados de cálculo y con los resultados experimentales disponibles en la literatura.

2.1 Diseño de un tipo específico de miembro estructural según datos tabulados

Se considera aquí la exposición al fuego de hasta 240 minutos, para hormigones de peso normal (entre 2000 y 2600 kg/m³) hechos con agregados silíceos. Para el caso de agregados calcáreos o livianos usados en vigas o losas, la sección mínima puede ser reducida un 10%.

Las tablas propuestas responden a una base empírica confirmada por numerosas pruebas experimentales y teóricas. Al utilizar los datos tabulados para el diseño no se requiere hacer consideraciones extra para esfuerzos cortantes, esfuerzos torsores, detalles de anclajes y spalling.

Considerando el criterio de resistencia (Criterio R) se tiene lo siguiente:

$$\eta_{fi} = E_{d,fi}/R_{d,fi} \leq 1 \quad (1)$$

siendo:

$E_{d,fi}$ el efecto de diseño de acciones en el caso de incendio.

$R_{d,fi}$ la capacidad de soporte de carga de diseño (resistencia) en el caso de incendio.

Los datos tabulados en esta sección se basan en un nivel de carga de referencia $\eta_{fi} = 0,7$

Básicamente los datos tabulados en función de las solicitaciones y la resistencia requerida al fuego presentan tanto la mínima dimensión de un miembro estructural y el recubrimiento mínimo de la armadura utilizada en el mismo. En distintas secciones se consideran los casos de cálculo de columnas, paredes, tensores, vigas y losas.

A continuación se presenta un ejemplo de datos tabulados para una columna, tabla 5.2a. Teniendo en cuenta el valor de μ (que es análogo a η_{fi} pero para el caso particular de una columna sometida a esfuerzos axiales predominantes), se puede determinar las mínimas dimensiones para lograr resistencia para diferentes tiempos de exposición al fuego desde 30 minutos a 240 minutos, considerándolos casos en que la columna tendrá una sola o varias caras expuestas al fuego.

2.2 Métodos de cálculo simplificado para cada tipo de miembro estructural

Los métodos de cálculo simplificado se usan para determinar la capacidad portante máxima de una sección transversal calentada y consideran los siguientes criterios:

Reducción de la sección transversal

Se presentan dos métodos para calcular la resistencia a los momentos flectores y fuerzas axiales. En ambos se pueden incluir efectos de segundo orden y son aplicables a estructuras sometidas a la exposición a un fuego normalizado. El primero se denomina método de la isoterma 500°C y el segundo es el método de zonificación.

- Método de la isoterma 500°C

Este método es aplicable a una exposición a escenarios de incendio normalizados y paramétricos, de lo contrario sería necesario un análisis integral de la estructura en donde se considere la resistencia relativa del hormigón en función de la temperatura.

Básicamente lo que se propone es desprestigiar la capacidad portante de la porción de sección transversal que alcanza los 500°C, la sección interna a la isoterma 500°C hipotéticamente mantiene sus capacidades resistentes, denominándose *sección efectiva*.

- Método de zonificación

Este método aunque es un poco más laborioso que el anterior, es más preciso, en especial para el estudio de columnas. Se recomienda su uso con secciones pequeñas y columnas esbeltas pero sólo es válido para escenarios de incendio normalizados.

Se propone dividir la sección transversal en ($n \geq 3$) partes de igual espesor, la temperatura se determina para cada franja en el centro de la misma y según las dimensiones del elemento estructural y el tiempo de exposición se determinan los espesores afectados.

Tabla 1. Dimensiones mínimas y recubrimientos para columnas con sección rectangular o circular.
(Fuente: Tabla 5.2 EN1992-1-2)

Resistencia al fuego normalizado	Dimensiones mínimas (mm)			
	Anchura del pilar b_{\min} /recubrimiento mecánico de la armadura principal			
	Pilar expuesto en más de una cara			Expuesto en una cara
	$\mu_{\bar{a}} = 0,2$	$\mu_{\bar{a}} = 0,5$	$\mu_{\bar{a}} = 0,7$	$\mu_{\bar{a}} = 0,7$
1	2	3	4	5
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40**	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45** 450/40**	350/57** 450/51**	175/35
R 180	350/45**	350/63**	450/70**	230/55
R 240	350/61**	450/75**	—	295/70
** Mínimo 8 barras Para los pilares pretensados, debería considerarse un incremento del recubrimiento mecánico de acuerdo al punto (5) del apartado 5.2.				

Reducción de la resistencia

Se proponen valores de reducción de la resistencia característica a compresión del hormigón y de la resistencia característica de aceros de armadura o pretensados. Los valores de reducción propuestos responden a velocidades de calentamiento correspondientes a una exposición estándar.

A continuación se presenta en la figura 4, una curva que permite definir los factores de reducción de resistencia en función de la temperatura para el caso particular del hormigón.

2. 3 Modelos de cálculo avanzados

Estos métodos proporcionan un análisis realista de las estructuras expuestas al fuego. Se deben basar en el comportamiento físico, de manera de que conduzcan a una aproximación fiable del comportamiento previsto del elemento estructural en la situación de incendio.

Incluyen modelos de cálculo para la determinación de:

- distribución de la temperatura dentro de los miembros estructurales. (modelo de respuesta térmica);
- el comportamiento mecánico mecánica de la estructura o de cualquier parte de ella (modelo de respuesta mecánica).

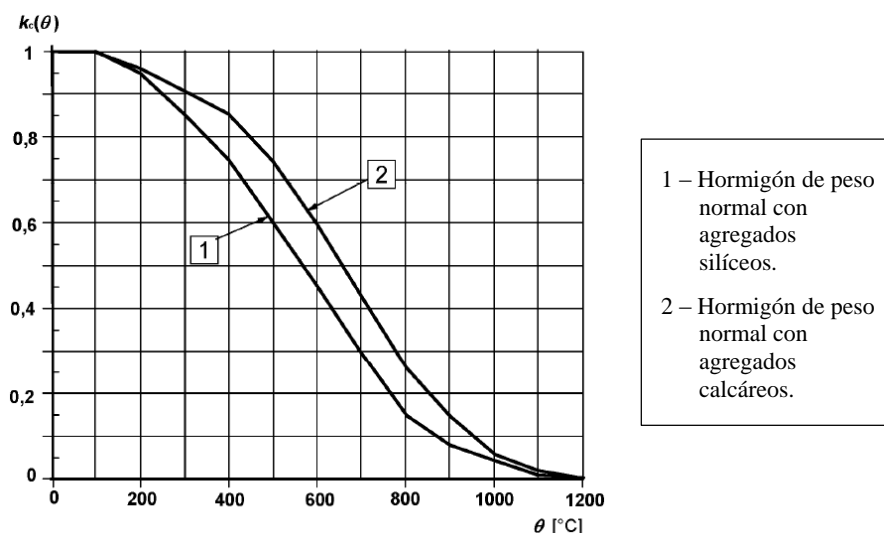


Figura 4. Coeficiente $k_c(\theta)$ que permite la reducción de la resistencia característica del hormigón. (Fuente EN 1992-1-2).

La respuesta térmica de los materiales se basa en las teorías de transferencia de calor, en donde intervienen las propiedades térmicas de los materiales utilizados.

La respuesta mecánica se basa en los principios de mecánica estructural, en donde se estudian tanto el estado tensional de los elementos estructurales como las deformaciones producidas. Las deformaciones en el estado límite último, resultantes del modelo de cálculo se deben limitar para asegurar que se mantiene la compatibilidad entre todas las partes de la estructura. Se debe comprobar la precisión de los métodos de cálculo en función de los resultados de los ensayos relevantes.

3. Criterio del ACI (American Concrete Institute)

La norma ACI describe métodos para determinar la resistencia al fuego de las construcciones y elementos estructurales de hormigón, incluyendo tabiques, losas de entrepiso, losas de cubierta, vigas, columnas, dinteles y la mampostería utilizada para proteger contra el fuego las columnas de acero estructural.

3.1 Tabiques, entrepisos y cubiertas de hormigón

Para los tabiques, entrepisos y cubiertas de hormigón el método básico consiste en determinar la resistencia al fuego y el espesor mínimo requeridos para considerar que poseen resistencia de barrera. Los elementos de hormigón que contengan armadura de acero también deberán satisfacer los requisitos de recubrimiento de hormigón para mantener la resistencia al fuego estructural.

Esta determinación se realiza por medio de los siguientes métodos dependiendo de qué elemento se trate

- Tablas: estas relacionan la resistencia al fuego, el tipo de agregado, silíceo o calcáreo, semi-liviano o liviano, y el mínimo espesor equivalente.
- Abacos / graficas: relacionan espesores de paneles expuestos y no expuestos al fuego, tipo de agregados y la resistencia al fuego.
- Fórmulas: están en función de la resistencia y de los espesores expuestos o no expuestos al fuego.

Ejemplos de tablas y figuras

Tabla 2. Resistencia al fuego de tabiques, entrepisos y cubiertas consistentes en una capa de hormigón. (Fuente: Tabla 5.2 ACI 216.1-97)

Tipo de Agregados	Mínimo espesor equivalente para una resistencia al fuego de:				
	1 hr	1 ½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Silíceos	3,5	4,3	5,0	6,2	7,0
Carbonatos	3,2	4,0	4,6	5,7	6,6
Semilivianos	2,7	3,3	3,8	4,6	5,4
Livianos	2,5	3,1	3,6	4,4	5,1

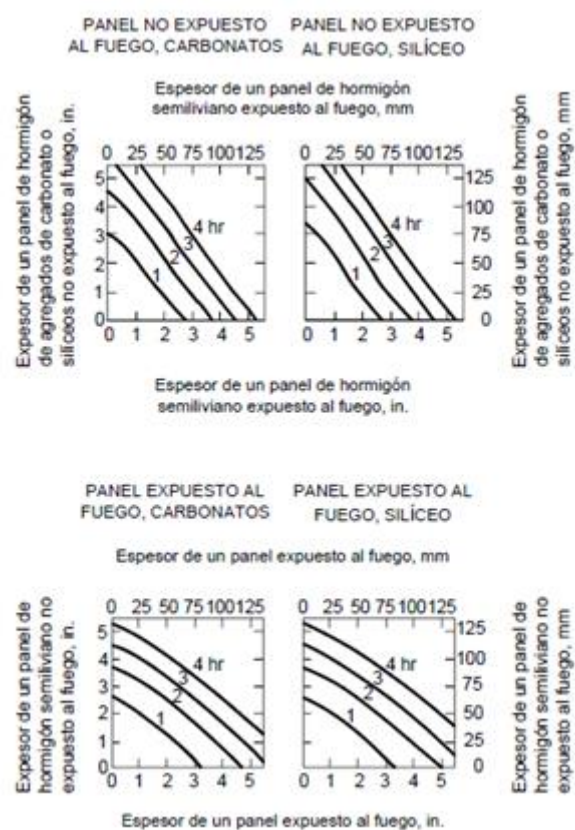


Figura 5. Resistencia al fuego de los tabiques, entrepisos y cubiertas de hormigón de dos capas (Fuente ACI 216.1-97).

Recubrimiento de hormigón sobre el acero de las armaduras

Los cálculos del recubrimiento se basan en el criterio límite estructural y aquellos conjuntos que deban funcionar como barreras contra el fuego también deberán satisfacer el criterio límite de transmisión de calor.

- Criterios límite: Condiciones de aceptación para un ensayo de incendio de acuerdo con ASTM E119.
- Criterio límite de transmisión de calor: Criterio de aceptación establecido por la norma ASTM E119 que limita el aumento de temperatura de la superficie no expuesta a un

promedio de 250 grados Fahrenheit en todos los puntos de medición o a un máximo de 325 grados Fahrenheit en cualquier punto individual.

En primer lugar para determinar el recubrimiento mínimo de hormigón las losas y vigas se deberán clasificar como restringidas o no restringidas. Luego el recubrimiento mínimo de hormigón para armadura de las losas, armadura de flexión no pretensada de las vigas, armadura de flexión pretensada, requerido para proporcionar una resistencia al fuego comprendida entre 1 y 4 horas se obtiene de tablas. Estas tablas, relacionan el tipo de agregado con el espesor mínimo de recubrimiento, dependiendo si el elemento es restringido, no restringido, pretensado o no pretensado. Un ejemplo de tablas es el siguiente

Tabla 3. Mínimo recubrimiento para losas de entrepiso y cubierta de hormigón.
(Fuente: Tabla 2.3 ACI 216.1-97)

Tipo de Agregados	Recubrimiento ^{A,B} para la resistencia al fuego correspondiente, in.					
	Restringida	No restringida				
	4 o menos	1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
No pretensada						
Silíceos	3/4	3/4	3/4	1	1-1/4	1 5/8
Carbonatos	3/4	3/4	3/4	3/4	1-1/4	1-1/4
Semilivianos	3/4	3/4	3/4	3/4	1-1/4	1-1/4
Livianos	3/4	3/4	3/4	3/4	1-1/4	1-1/4
Pretensada						
Silíceos	3/4	1-1/8	1-1/2	1-3/4	2-3/8	2-3/4
Carbonatos	3/4	1	1-3/8	1-3/8	2-1/8	2-1/4
Semilivianos	3/4	1	1-3/8	1-1/2	2	2-1/4
Livianos	3/4	1	1-3/8	1-1/2	2	2-1/4

A. También deberán satisfacer los requisitos de recubrimiento mínimo establecidos en el Artículo 2.3.1.

B. Medido desde la superficie del hormigón hasta la superficie de la armadura longitudinal.

3.2 Métodos analíticos para calcular la resistencia al fuego estructural y el recubrimiento de hormigón de los elementos solicitados a flexión

Otra forma para determinar la resistencia al fuego estructural y el recubrimiento de hormigón es mediante cálculos analíticos pero sin tener en cuenta explícitamente los efectos de la restricción de la expansión inducida térmicamente, aunque estará permitido utilizar análisis y procedimientos de diseño que consideren los efectos de la redistribución de momentos y la restricción de las expansiones de origen térmico.

Se puede separar fundamentalmente en dos grupos, el primero trata de la determinación de la resistencia al fuego en las losas y vigas armadas en una dirección simplemente apoyadas y no restringidas y el segundo grupo corresponde a la determinación de la resistencia al fuego de vigas y losas continuas. El primer grupo utiliza el criterio límite estructural y la resistencia al fuego de un elemento solicitado a flexión se debe determinar mediante la siguiente formula, suponiendo que la totalidad del momento no mayorado debido a las cargas de servicio, M , es constante durante todo el período de resistencia al fuego

$$M_n \geq M_{n\theta} \geq M \quad (2)$$

Donde:

$M_{n\theta}$ = resistencia nominal a la flexión a temperaturas elevadas

M = momento no mayorado debido a la totalidad de la carga de servicio que actúa sobre el elemento, es decir ($wl^2/8$) para una viga o losa uniformemente cargada

M_n = resistencia nominal a la flexión del elemento a temperatura ambiente, calculada de acuerdo con ACI 318.

El procedimiento de cálculo de losas y vigas simplemente apoyadas mediante el cual se determina la resistencia al fuego, consiste en ingresar a figuras, las cuales relaciona la resistencia al fuego de las losas de hormigón, considerando la influencia del tipo de agregados, el tipo de acero de las armaduras, la intensidad del momento y el espesor mínimo equivalente.

El segundo grupo aplica el criterio límite estructural y la resistencia al fuego de los elementos continuos solicitados a flexión se determinará mediante

$$M_{n\theta}^+ = M_{x1} \quad (3)$$

Cuando $M_{n\theta}^+$ se reduce a M_{x1} , el valor máximo del momento positivo redistribuido a una distancia $x1$.

Donde

$M_{n\theta}^+$ = Resistencia nominal al momento flector negativo en la sección a temperatura elevada

M_{x1} = Máximo valor del momento positivo distribuido a una distancia $x1$. Si hay continuidad sobre dos apoyos la distancia $x1$ se mide a partir de cualquiera de los apoyos.

3.3 Columnas de hormigón armado

Para dimensionar las columnas de hormigón armado realizadas en diferentes tipos de hormigón armado, para una resistencia al fuego entre 1 y 4 horas, se deberá satisfacer valores tabulados. Las tablas relacionan el tipo de agregado con la mínima dimensión de las columnas de hormigón.

Tabla 4. Mínima dimensión de la columna de hormigón.
(Fuente: Tabla 2.7 ACI 216.1-97)

Tipo de agregados	Mínima dimensión de la columna (in.) para una resistencia al fuego de:				
	1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Carbonatos	8	9	10	11	12
Silíceos	8	9	10	12	14
Semilivianos	8	8½	9	10½	12

Tabla 5. Mínimo tamaño de las columnas de hormigón sujetas a condiciones de exposición al fuego en dos caras paralelas
(Fuente: Tabla 2.7 ACI 216.1-97)

Tipo de agregados	Mínima dimensión de la columna (in.) ^A para una resistencia al fuego de:				
	1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Carbonatos	8	8	8	8	10
Silíceos	8	8	8	8	10
Semilivianos	8	8	8	8	10

A. Estas dimensiones mínimas son aceptables para columnas rectangulares sujetas a condiciones de exposición al fuego en 3 o 4 caras siempre que un par de caras paralelas de la columna tenga al menos 36 in. de longitud.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se ha realizado una revisión conceptual de los métodos y criterios recomendados por los códigos de construcciones más difundidos actualmente, concluyendo lo siguiente:

- Ambos códigos plantean procedimientos relativamente expeditivos para la verificación estructural de elementos de hormigón armado, centrándose en general en casos de exposición a las altas temperaturas de tiempo limitado, y con criterios de evolución obtenidos según pocos ensayos experimentales.
- En general los métodos descriptos anteriormente están orientados al análisis estructural de elementos aislados, sin incluir su conexión o interacción con el resto de la estructura.
- Si bien los códigos no descartan la validez de análisis estructurales de carácter global, los mismos no están reglamentados claramente, ya que en cada caso hay gran incidencia de la configuración particular de cada construcción, tipología estructural, forma de exposición y tiempo de duración de la misma.
- Los métodos de cálculo recomendados en el EC2, tales como el basado en la isoterma 500 o el método de las zonas, solo consideran el gradiente de temperatura en la sección transversal, sin incluir los efectos térmicos en el sentido longitudinal o en el plano de la sección, no su interacción con las cargas mecánicas presentes al momento de ocurrencia del ataque térmico.

Por último, se destaca que si bien los criterios reglamentarios son herramientas expeditivas útiles para realizar verificaciones aproximadas y del lado de la seguridad, las mismas no son en general aplicables a la evaluación de la seguridad global de estructuras reales, ni son válidas para el caso de que la estructura incurra en régimen inelástico, siendo solo aplicables bajo la hipótesis de que las estructuras se mantienen dentro del régimen de comportamiento elástico. Esto evidencia la necesidad actual de contar con modelos más avanzados, capaces de analizar las estructuras en forma más realista, permitiendo de este modo una evaluación certera del grado de seguridad estructural para el caso de ataques térmicos a temperaturas elevadas.

5. Referencias

- [1] BAILEY, C. G. & KHOURY, G (2011) Performance of concrete structures in fire. MPA The Concrete Centre, UK.
- [2] ANNEREL, E., (2010) Assessment of the residual strength of concrete structures after fire exposure. Ph. D. Universiteit Gent.
- [3] DIMIA, M.S., GUENFOUD, M., GERNAY, T. & FRANSSEN, J.M., (2011) Collapse of concrete columns during and after the cooling phase of a fire. *Journal of Fire Protection Engineering*, 21(4), pp. 245–263.
- [4] FLETCHER, I.A., WELCH, S., TORERO, J.L., CARVEL, R.O. & USMANI, A., 2007. *Behaviour of concrete structures in fire*. *Thermal Science*, 11(2), pp. 37-52.
- [5] KHOURY, G. A., (2000) *Effect of fire on concrete and concrete structures: a reassessment*. *Structural Engineering and Materials*, N° 2, pp. 429-447.
- [6] JAU, W. C., HUANG, K.L., (2008) A study of reinforced concrete corner columns after fire. *Cement & Concrete Composites* 30, 622-638.
- [7] KODUR, V.K.R., SULTAN, M.L., (2003) Effect of temperature on thermal properties of high strength concrete. National Research Council Canada, NRCC-44002.
- [8] ACI 216.1-97 (1997) Método Normalizado para Determinar la Resistencia al Fuego de las Construcciones de Hormigón y Mampostería.

- [9] European Committee for Standardization, 1995. CEN Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design. European Prestandard. Brussels.
- [10] European Committee for Standardization, 2004b. CEN Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-2: General rules – Structural fire design. Brussels.
- [11] European Committee for Standardization, 2004a. CEN Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

HIDROGENACIÓN DE POLI-OLEFINAS A ALTA PRESIÓN

Menossi M., Instituto de investigación y desarrollo en ingeniería de Procesos y Química Aplicada (IPQA/CONICETn), Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI/CONICET),

Universidad Nacional de Córdoba(UNC), matiasmenossi@gmail.com

Hegel P. E., PLAPIQUI/Universidad Nacional del Sur (UNS)/CONICET,

hegelpablo@gmail.com

Milanesio J. M., IPQA/UNC/CONICET, juan.milanesio@gmail.com

Ciolino A., PLAPIQUI/UNS/CONICET, aciolino@plapiqui.edu.ar

Quinzani L. M., PLAPIQUI/UNS/CONICET, lquinzani@plapiqui.edu.ar

Rovetto L. J., IPQA/UNC/CONICET, lrovetto@gmail.com

Zabaloy M. S., PLAPIQUI/UNS/CONICET, mzabaloy@plapiqui.edu.ar

Resumen

La hidrogenación de sustratos de interés para obtener materiales con propiedades deseadas es de importancia industrial. En este trabajo se estudió a nivel experimental la hidrogenación a alta presión de Polibutadienos (PBs) de bajo índice de polidispersión, llevada a cabo para obtener Polietilenos (PEs) lineales de baja densidad con índices de polidispersión cercanos a la unidad. Para ello, y con la hipótesis de alcanzar elevadas velocidades de reacción, se intentó operar un reactor batch bajo condiciones que impliquen que, durante la hidrogenación, se encuentre presente una única fase fluida, a diferencia de lo que sucede en la hidrogenación convencional, la cual se efectúa en presencia de al menos dos fases fluidas. Se presentan resultados sobre grado de saturación de PB obtenidos en un reactor de volumen constante, en rangos apropiados de condiciones. El máximo grado de hidrogenación medido fue 86 %. Los datos experimentales obtenidos confirman preliminarmente que, a una dada densidad global, la condición de homogeneidad fluida implica mayores grados de hidrogenación que los obtenidos en presencia de dos o más fases fluidas. Además, el grado de hidrogenación se incrementa con el incremento del tiempo de reacción. Los PEs modelo son de utilidad para estudios sobre la relación entre estructura y propiedades físicas. La experiencia obtenida en este trabajo podría ser de utilidad en el desarrollo de procesos de hidrogenación para otros sustratos.

Palabras clave—*hidrogenación batch, polibutadieno, alta presión.*

1. Introducción

Polietilenos (PEs) lineales de baja densidad con índices de polidispersión muy cercanos a la unidad, pueden obtenerse por hidrogenación de Polibutadienos (PBs) de bajo índice de

polidispersión [1]. En la hidrogenación convencional el sistema siempre presenta, al menos, dos fases fluidas durante el progreso de la reacción [1]. La presencia de una interfase implica menores velocidades de transferencia de masa. Esto podría evitarse utilizando un fluido supercrítico como medio de reacción, tal que el proceso de hidrogenación tenga lugar, en principio, bajo condiciones de homogeneidad fluida. Piqueras et al [2] demostraron que, para la hidrogenación de aceite de girasol, usando platino como catalizador y propano como solvente, la reacción puede ser llevada a cabo dos veces más rápido que en el proceso convencional. Para hidrogenar el PB bajo condiciones supercríticas, el solvente (o mezcla solvente) debería ser capaz de disolver simultáneamente el PB, el hidrógeno (H_2) y los productos de reacción. La gran asimetría de la mezcla reactiva, la cual es debida en parte a la diferencia de tamaño entre las moléculas de H_2 y PB, implica un gran nivel de inmiscibilidad en ausencia del solvente supercrítico o mezcla solvente a alta presión. Al efecto de identificar condiciones de miscibilidad en relación con la hidrogenación de PB, Milanesio [3] estudió experimentalmente transiciones de fases a alta presión (puntos de niebla) de sistemas PB+solvente, y de sistemas ternarios y cuaternarios de importancia en la hidrogenación de PB; y sugirió el uso de mezclas de solventes, en lugar de solventes puros, para efectuar la hidrogenación. Esa opción, entre otras, se investiga en el presente trabajo.

El sistema 'PB + mezcla solvente + H_2 ' debería ser homogéneo en las condiciones de temperatura, presión, y rango de concentración de PB, bajo las cuales el proceso de hidrogenación es llevado a cabo. Lo mismo debería suceder para al menos algunos de los correspondientes subsistemas. En este sentido Menossi et al. [4], utilizando el método isocórico-isoplético, obtuvieron información PVT y puntos de burbuja experimentales para los compuestos puros n-propano (C3), dietil éter (DEE), dimetil éter (DME) y n-pentano (C5); para las mezclas binarias C3 + C5 y C3 + DEE, y para la mezcla ternaria C3 + DEE + PB. El método isocórico – isoplético ha sido usado por varios autores para medir densidades de mezclas, además de puntos de rocío y/o de burbuja [5][6][7][8][9][10]. En un proceso de calentamiento isocórico a composición global constante es posible intersectar una dada frontera de fases más de una vez [11]. No hay indicios de que ello haya ocurrido durante el desarrollo del presente trabajo.

El propósito de este trabajo es doble: [a] Por un lado se busca encontrar, a nivel experimental, las condiciones bajo las cuales una serie de sistemas constituidos por PB, hidrógeno y una mezcla de solventes (en ausencia de catalizador) son homogéneos. [b] El segundo objetivo es encontrar las condiciones en que se maximiza el grado de saturación de PB, después de haber sido hidrogenado en presencia de un catalizador. Las tareas del objetivo [a] permiten identificar condiciones convenientes para la posterior hidrogenación de PB. Se presentan, entre otros, resultados sobre grado de saturación de PB, obtenidos en un reactor de volumen constante, en rangos de condiciones apropiados. Los experimentos fueron llevados a cabo variando tanto la densidad global como la composición global de la mezcla en estudio.

2. Materiales y Métodos

Materiales

En este trabajo se utilizaron dos PBs que fueron sintetizados mediante polimerización aniónica a alto vacío en una atmósfera inerte. El primer PB obtenido tiene un peso molecular promedio en número (M_n) de 1590 g/mol y un peso molecular promedio en peso (M_w) de 1760 g/mol. El peso molecular de este PB es significativamente menor que los pesos moleculares de los PBs utilizados en trabajos previos [12]. El segundo PB usado (PB2) tiene $M_n=23500$ gr/mol y $M_w=30900$ gr/mol. Para mayor facilidad, estos datos junto con la polidispersión (PD) quedan expuestos en la tabla N°1.

Tabla 1. Peso molecular promedio en peso (Mw) y promedio en número (Mn), y polidispersión (PD) de los PBs de este trabajo.

	Mn (gr/mol)	Mw (gr/mol)	PD
Polibutadieno 1 (PB)	1590	1760	1,1
Polibutadieno 2 (PB ₂)	23500	30900	1,3

Para conocer las distribuciones de pesos moleculares del PB con los que se trabajó, se aplicó cromatografía de exclusión de tamaño (GPC). Los parámetros de temperatura, tipo de solvente y caudal usados para llevar a cabo la técnica cromatográfica son: 25 °C, tolueno y 1 ml/min, respectivamente. Se utilizó un cromatógrafo por permeación de geles WATERS (515 HPLC Pump, Refractive Index Detector 2414, Rheodyne 7725i Injector).

Para la separación se utilizaron cuatro columnas de diferentes porosidades: 500, 10000, 100000 y 1000000 Å, utilizando patrones de poliestireno, cuyas constantes de Mark-Houwink se detallan en la tabla N° 2.

Tabla 2. Constantes de Mark-Houwink usadas en la determinación de pesos moleculares de polibutadieno en tolueno a 25°C con estándares de poliestireno.

	k (ml/g)	a
Poliestireno	0,012	0,71
Polibutadieno	0,016	0,765

Los otros materiales son los siguientes: DEE, pureza 99.8% w/w, Dorwill (Grand Bourg, Buenos Aires, Argentina), C3, pureza 99% w/w, Transportadora de Gas del Sur (Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina), C5, pureza 95% w/w, Sintorgan (Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina), DME, pureza ≥ 99% (GC), Sigma Aldrich (Sheboygan Falls, Wisconsin, USA), tolueno, pureza 99,9% w/w, Anedra (Tigre, Buenos Aires, Argentina), metanol, pureza 99,9% w/w, Anedra (Tigre, Buenos Aires, Argentina), hidrógeno, pureza 99,99% w/w, Air liquide, (Argentina), catalizador: Wilkinson pureza 99,99% w/w, Strem Chemicals, Inc. (Newburyport, USA) y co-catalizador: trifenilfosfina, pureza ≥ 95% (GC), Sigma Aldrich (Buchs, Werdenberg, Suiza).

Los PBs utilizados son líquidos altamente viscosos. El PB de mayor peso molecular (PB₂) presenta una mayor viscosidad en comparación al otro polímero (ver tabla N°1). En cambio, el catalizador y el co-catalizador son sólidos.

Métodos

En un experimento sin reacción química típico, una celda de volumen constante es cargada con cantidades conocidas de los componentes de una mezcla. Luego se mide la presión a una temperatura especificada, y ello se repite cubriendo el rango de temperatura de interés.

El resultado es una curva (o “trayectoria”) presión vs. temperatura a volumen global constante (isocora) y composición global constante (isopleta). Esta curva es entonces una isopleta-isocora. Una discontinuidad en la pendiente de la curva implica modificaciones en el escenario de fases dentro de la celda (transición de fases), es decir, esta técnica también provee condiciones de saturación. A temperaturas suficientemente altas, el sistema puede alcanzar una región homogénea. La celda se utiliza además como reactor, cargando en la misma los reactivos

y solventes, y un catalizador, y llevándola a una temperatura considerada apropiada para que la reacción química tenga lugar.

Equipamiento

La figura N°1 muestra un esquema del equipo utilizado.

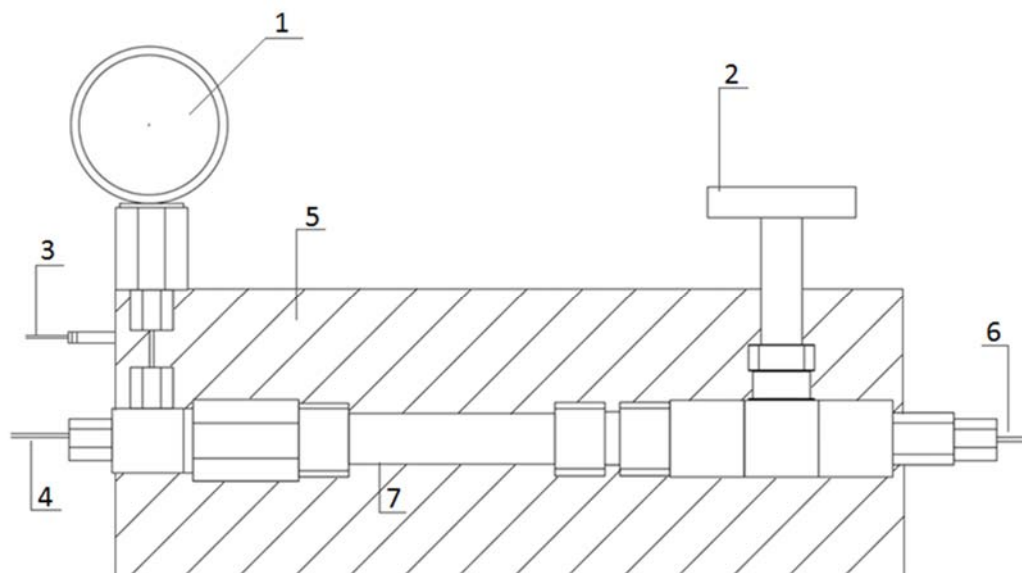


Figura 1. Esquema del aparato experimental: [1] Manómetro. [2] Válvula de carga/descarga de gases. [3] Cartuchos calefactores (resistencias). [4] Termocupla. [5] Camisa de aluminio. [6] Línea de alimentación de gases. [7] Celda/reactor.

La celda/reactor fue diseñada y construida por los autores del presente trabajo. La celda es cilíndrica y de volumen constante (12.23 cm^3), y está construida en acero inoxidable. Cuenta con un diámetro interior de $\frac{1}{2}$ " y un espesor de 2.5 mm de pared. Posee una válvula para cargar y descargar los solventes (2, fig 1).

El equipo cuenta con un controlador de temperatura PID (Novus N480D) que utiliza una termocupla tipo K, y actúa sobre dos resistencias calefactoras (de 250 W cada una).

Un cilindro removible de aluminio envuelve a la celda, actuando como una camisa calefactora. Ésta es de sección anular, y está cortada longitudinalmente en dos partes. En ella, se insertan las resistencias. La celda, la camisa, las resistencias, y la válvula se ubican todas dentro de una cámara aislada térmicamente.

La temperatura del contenido de la celda se mide con una termocupla tipo "K". Las dos termocuplas (celda y controlador) se calibraron utilizando sensores patrón. El equipo de calibración es un isotech fast-cal médium (ISO 9000 dry block calibrator, range 30 to 350 celsius, accuracy: 0.3 celsius). La incertidumbre en los valores registrados de temperatura se estima en el orden de $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

La presión de la mezcla fluida contenida en la celda se mide utilizando un manómetro tipo bourdon (marca: Winters. serie PFP. Presión máxima: 280 bar. Exactitud: $\pm 2.5 \text{ bar}$). El manómetro se calibró utilizando una balanza de pesos muertos (Fluke P3124-3, hydraulic deadweight tester, accuracy 0.008 %).

En cuanto a la determinación de las cantidades de los componentes cargados en la celda/reactor, se usó una balanza de precisión BP 210 D Sartorius (exactitud $\pm 0,001 \text{ g}$) para cuantificar las masas del PB, del catalizador y del co-catalizador; y otra BP 410 Sartorius ($\pm 0,01 \text{ g}$) para los

líquidos y los componentes gaseosos, a excepción del H₂. Se entiende por componentes “gaseosos” los que lo son en condiciones ambiente.

Procedimiento de carga de la celda/reactor

Para el sistema cuaternario sin catalizador (solvente1 + solvente2 + polímero + H₂) el procedimiento de carga es el siguiente (ver fig 1):

- [a] Se abre la celda desmontando la unión de alta presión (cercana a la válvula (2)) y se carga el PB dentro de la celda abierta a la atmósfera. Si el experimento es reactivo, en este paso se cargan además el catalizador y el co-catalizador.
- [b] Se vuelve a colocar la unión mencionada en su lugar, y la celda es purgada con el componente gaseoso del sistema a ser estudiado (C3 o DME). Éste ingresa/egresa por la válvula (2).
- [c] El solvente líquido (DEE o C5) es introducido en la celda mediante el uso de una jeringa regular. Para ello, se abre la parte trasera del reactor, desmontando la unión asociada a la termocupla (4).
- [d] Se cierra la celda, ajustando la unión mencionada.
- [e] El componente gaseoso (C3 o DME) es cargado a través de la línea de alimentación (6) (apertura/cierre de la válvula (2)) utilizando una celda auxiliar.
- [f] El H₂ es inyectado con una jeringa de alta presión (JAP) (válvula 2).

Carga de Hidrógeno

El H₂ es un fluido no condensable, excepto en condiciones extremas. Esto hace inviable la carga del H₂ en la forma en que se cargan los otros gases. Por ello se utiliza la JAP. La descarga del H₂ contenido en la JAP se realiza, en todos los casos, manteniendo constante la presión interna de la misma, gracias a un back pressure regulator (BPR) ubicado a la salida de la JAP. Para cada experimento multicomponente particular (reactivo o no reactivo) que se propone llevar a cabo, se efectúa previamente un experimento auxiliar con H₂ puro. El propósito del mismo es conocer la magnitud de la carrera de la JAP (L*) que se requerirá cubrir durante la carga de H₂ en el experimento multicomponente.

Se procede como sigue:

- [i] Se computa la cantidad de Hidrógeno que se intentará cargar en la celda/reactor durante el experimento multicomponente. La misma se divide por el volumen total de la celda, al efecto de obtener un valor de volumen molar (V*).
- [ii] Se mide la temperatura (ambiente, T_a) a la que se encuentra la celda.
- [iii] Se calcula la presión del Hidrógeno puro (P*) , a T_a y V*, utilizando la información (ecuación de estado) de la referencia [13].
- [iv] Se evacúa la celda, y se la carga con H₂ puro, utilizando la JAP, hasta que se alcanza una presión igual a P*. Se registra el valor de L*.
- [v] Se evacúa la celda y se efectúa la carga de todos los componentes de la mezcla multicomponente, a excepción del H₂.
- [i] Finalmente se carga la cantidad deseada de H₂ utilizando la JAP mantenida bajo condiciones idénticas a la del experimento auxiliar (temperatura, presión interna y carrera (L*)).

Un tubo de hidrógeno conectado a una garrafa, la cual se conecta a la JAP, completa el sistema de inyección de hidrógeno. El volumen de la garrafa es grande en comparación con el correspondiente a L*.

Consideraciones con relación a la carga de la celda/reactor

Una vez definidos los valores deseados de densidad global, fracción en masa global de PB, razones ‘masa de H₂/masa de PB’, ‘masa de catalizador/masa de PB’ y ‘masa de co-catalizador/masa de PB’; y razón de masas entre los componentes de la mezcla solvente; es posible computar la cantidad (masa) de cada componente a ser alimentado a la celda/reactor. Notar que se conoce el valor del volumen interno de la celda.

Se decidió trabajar especificando una fracción en masa global de PB en el orden de 3 %. La razón ‘masa de catalizador/masa de PB’ se definió en aproximadamente 1:10, y la razón ‘masa de catalizador/masa de co-catalizador’ se mantuvo en 1:3, de acuerdo con experiencias anteriores [14][15].

Se considera razonable que el H₂ esté presente en abundancia, en comparación con la cantidad mínima establecida por la estequiometría de la reacción, considerando hidrogenación total del PB. Por tal razón, en este trabajo se realizaron los ensayos reactivos utilizando una cantidad de H₂ igual a 10 veces la cantidad estequiométrica (exceso igual a 9 veces la cantidad estequiométrica). Los valores de masa total de PB, y exceso de H₂, definen el valor de la masa de H₂, con independencia del peso molecular y la polidispersión del PB. En este cálculo se utiliza el peso molecular del monómero tal como se encuentra en el polímero (54 gr/mol, 1-3 butadieno). Esto conduce a una razón ‘masa de H₂/masa de PB’ aproximadamente igual a 1/3. Este valor se usó tanto para los experimentos reactivos como para los no reactivos.

Experimentos no reactivos y reactivos

Una vez cargada la celda, la misma es colocada en la camisa calefactora. Se fija el set point del controlador de temperatura y se lo activa.

En el caso de experimentos no reactivos, la presión y la temperatura son medidas una vez que el equilibrio es alcanzado a la temperatura especificada. Este proceso se repite en el rango de temperatura deseado. En el equilibrio no se debe observar variación de la temperatura ni de la presión con respecto al tiempo. Se obtienen curvas de presión en función de la temperatura (p. ej., fig 2) para la mezcla cuaternaria, sin catalizador, a composición global y densidad global constantes. De las curvas se leen las coordenadas de presión y temperatura a las que se presume que se ingresa en zona homogénea. Luego se extrae el PB para eventualmente analizar su distribución de pesos moleculares. Para extraerlo, se despresuriza la celda mediante la apertura de la válvula (2, fig 1), vertiendo su contenido dentro de un balón. Luego se abre la celda por un extremo y se la lava tres veces con tolueno. Toda esta mezcla es recolectada en el mismo balón. Para la separación del polímero del tolueno, se procede a realizar una evaporación al vacío.

El procedimiento de los experimentos reactivos es similar al de los experimentos no reactivos. Se fija la temperatura de trabajo (set point) en un valor, suficientemente elevado, identificado a partir del análisis de las curvas PT de los experimentos no reactivos. Durante el calentamiento no se registra la curva de presión versus temperatura. Una vez alcanzada la temperatura especificada, se da por comenzada la reacción. El valor final de presión queda impuesto por la temperatura especificada.

Una vez agotado el tiempo de reacción, el reactor es despresurizado para obtener los productos de reacción dentro de un balón, con el mismo procedimiento descrito para el sistema no reactivo (uso de tolueno). La mezcla de tolueno y polibutadieno hidrogenado (PBH) es calentada a 60°C. Una vez homogeneizada la solución, el PBh se precipita en un volumen cuatro

veces mayor de metanol frío (temperatura alrededor de -5°C). Una vez alcanzada la temperatura ambiente, se procede a filtrar y secar el polímero obtenido.

Caracterización

El polímero producto de la reacción, una vez filtrado y secado, se analiza mediante diferentes técnicas de caracterización. Entre ellas, espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) y espectroscopia infrarroja (IR). Estas técnicas proporcionan información sobre tipos de enlaces presentes en el polímero obtenido y sobre su grado de hidrogenación (o de saturación). Los espectros de absorbancias fueron obtenidos utilizando un espectrómetro de infrarrojo (Nicolet iN10 Mx, Thermo Fisher Scientific, USA), con una resolución de 4 cm^{-1} , en un rango de $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ número de onda con 16 scans, a temperatura ambiente. Los espectrogramas de resonancia magnética nuclear de este trabajo, fueron obtenidos con un equipo Bruker avance II de 400 Hz de frecuencia. Para el caso particular de las muestras estudiadas, la frecuencia fue de 400.16 Hz .

3. Resultados y Discusión

Las condiciones de los ensayos sobre transiciones de fases en sistemas no reactivos se detallan en la tabla N° 3, y los resultados de los experimentos reactivos en la tabla N° 4. En estas tablas se informan, entre otras cosas, las incertidumbres estimadas en las densidades globales, y en las fracciones en masa globales de los componentes. Las mezclas-solvente que se usaron en este trabajo son C3 + DEE y C5 + DME. Las mismas cumplen con los criterios propuestos en la refs [12], [16]: [a] La hidrogenación del PB bajo condiciones de homogeneidad fluida podría efectuarse utilizando una mezcla de dos solventes de distinta polaridad. Tal mezcla favorecería la disolución tanto del sustrato (PB), parcialmente polar, como la del producto de reacción, polibutadieno parcialmente hidrogenado (PBH), relativamente apolar. [b] Uno de los solventes debe tener mayor peso molecular que el otro. [c] Uno de los componentes de la mezcla solvente debería ser volátil, lo cual permite acceder a regiones monofásicas bajo condiciones relativamente moderadas de temperatura y presión. En este trabajo las mezclas-solvente siempre tuvieron aproximadamente una proporción de sus dos componentes igual a uno a uno en masa. Se obtuvieron trayectorias isocóricas/isopléticas en el espacio P vs T para experimentos no reactivos los cuales se llevaron a cabo en las condiciones que se informan en la tabla N° 3. Las curvas P vs T se presentan exclusivamente en forma gráfica. Esto se hace en las figuras N° 2, N° 3 y N° 4. Esta información indica en qué rangos de presión y, por ende, de temperatura se deben llevar a cabo los ensayos de hidrogenación según se desee que los mismos procedan bajo condiciones de homogeneidad o heterogeneidad. Por ejemplo, a partir de la información sobre el experimento N° 6 (ver tabla N° 3 y Fig 2), se concluye que para realizar un experimento de hidrogenación en región monofásica, la temperatura debe ser mayor que 396°K , o, equivalentemente, la presión (absoluta) debe ser mayor que 10.2 MPa (temperatura y presión no son independientes entre sí en un experimento batch a volumen global constante). Las figuras N° 2, N° 3 y N° 4 muestran en todos los casos que la presión se incrementa con la temperatura a composición global y densidad global constantes. Una discontinuidad en la pendiente de una curva como alguna de las de las figuras 2 a 4, revela un cambio en el escenario de fases del sistema cuaternario. Por ejemplo, para el experimento N° 18 se visualiza, en la figura N° 3 (cuadrados), que la curva presenta discontinuidad en la pendiente a una temperatura cercana a los 385°K y a una presión de aproximadamente 9.2 MPa . Este es el punto en que la mezcla pasa de ser heterogénea a ser homogénea en un proceso de calentamiento isocórico.

Tabla 3. Experimentos sin reacción química efectuados para los sistemas PB + C3 + DEE + H2, PB₂ + C3 + DEE + H2 y PB + DME + C5 + H2

	Exp 6	Exp 7	Exp 15	Exp 16	Exp 18	Exp 19
Mn del PB (gr/mol)	1590	1590	1590	1590	23500	23500
PD del PB	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3
Mezcla solvente	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	C5 (2) + DME (1)	C5 (2) + DME (1)	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)
Porcentaje en masa global (PMG): componente 1 (%)	50,1±	50,6 ±	45,9 ±	45,5 ±	50,9 ±	50,6 ±
	1,8	2,2	1,6	2,0	1,6	2,2
PMG: componente 2 (%)	45,9 ±	45,3 ±	50,1 ±	50,6 ±	44,8 ±	45,3 ±
	1,6	2,0	1,8	2,2	1,8	2,0
Densidad global ρ (gr/ml)	0,392 ±	0,307 ±	0,392 ±	0,323 ±	0,402 ±	0,307 ±
	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07
PMG de PB (%PB)	3,02 ±	3,01 ±	3,02 ±	2,83 ±	3,36 ±	2,98 ±
	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06
PMG de H2 (%H2)	1,04 ±	1,12 ±	1,04 ±	1,06 ±	1,02 ±	1,12 ±
	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
Experimento reactivo correspondiente	Exp 9 - Exp 11 - Exp 14	Exp 8 - Exp 12 - Exp 13-	Exp 17	-	Exp 20	Exp 21
Peso molecular promedio en número (Mn) del PB (gr/mol) luego del ensayo	1480	1459	-	-	-	-
PD del PB luego del ensayo	1,14	1,13	-	-	-	-
Temperatura máxima (°K)	445,1	468,3	460,4	470,5	433,6	462,1
Temperatura de transición heterogeneidad/homog. (°K)	396.0	410.8	412.6	423.2	385.2	391.2
Presión absoluta de transición heterogeneidad/homog. (Mpa)	10.2	10.3	9.7	9.7	9.2	9.3
Figura correspondiente	Nº 2	Nº 2	Nº 4	Nº 4	Nº 3	Nº 3

Tabla 4. Experimentos con reacción química efectuados para los sistemas PB + C3 + DEE + H2, PB ₂ + C3 + DEE + H2, PB + DME + C5 + H2; con el agregado del catalizador y del co-catalizador.										
	Exp 8	Exp 9	Exp 11	Exp 12	Exp 13	♣Exp 14	Exp 17	Exp 20	Exp 21	
Temperatura final en la celda (°K)	448	433	433	448	393	378	433	418	438	
Tiempo de reacción (hrs.)	3	3	2	2	3	3	3	3	3	
Mn del PB (gr/mol)	1590	1590	1590	1590	1590	1590	1590	23500	23500	
PD del PB	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	
Mezcla solvente	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	C5 (2) + DME (1)	C3 (1) + DEE (2)	C3 (1) + DEE (2)	
Porcentaje en masa global: componente 1 (%)	48,6 ± 7,4	50,4 ± 5,8	49,5 ± 6,2	49,9 ± 7,1	52,4 ± 7,8	49,3 ± 5,7	46,6 ± 6	50,4 ± 6,2	48,6 ± 6	
Porcentaje en masa global: componente 2 (%)	45,9 ± 7	44,3 ± 5,1	45,4 ± 5,7	44,7 ± 6,4	42,5 ± 6,3	45,2 ± 6	48,6 ± 6♣	44,4 ± 5,4	45,9 ± 7	
Densidad global ρ (gr/ml)	0,303 ± 0,05	0,406 ± 0,05	0,397 ± 0,05	0,311 ± 0,05	0,328 ± 0,05	0,398 ± 0,05	0,404 ± 0,05	0,406 ± 0,05	0,303 ± 0,05	
Porcentaje en masa global de PB (%PB)	3,08 ± 0,06	3,00 ± 0,05	2,89 ± 0,05	2,94 ± 0,06	2,82 ± 0,06	3,16 ± 0,05	2,51 ± 0,04	2,96 ± 0,05	3,08 ± 0,06	
Porcentaje en masa global de H2 (%H2)	1,13 ± 0,2	1,01 ± 0,1	1,03 ± 0,1	1,10 ± 0,2	1,05 ± 0,2	1,03 ± 0,1	1,01 ± 0,1	1,01 ± 0,1	1,13 ± 0,2	
Porcentaje en masa global de catalizador (%cat)	0,33 ± 0,05	0,35 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,36 ± 0,05	0,32 ± 0,05	0,31 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,30 ± 0,04	0,33 ± 0,05	
Porcentaje en masa global de co-catalizador (%co-cat)	0,96 ± 0,2	0,89 ± 0,1	0,92 ± 0,1	1,03 ± 0,2	0,91 ± 0,1	0,98 ± 0,1	0,98 ± 0,1	0,96 ± 0,1	0,96 ± 0,2	
Condición de fase	Homogénea	Homogénea	Homogénea	Homogénea	HETEROGÉNEA	HETEROGÉNEA	Homogénea	Homogénea	Homogénea	
Grado de insaturación	14%	26%	60%	80%	50%	49%	35%	66%	55%	
Grado de saturación	86%	74%	40%	20%	50%	51%	65%	34%	45%	

Cabe hacer notar que un incremento de pendiente implica un incremento en la incompresibilidad de la mezcla.

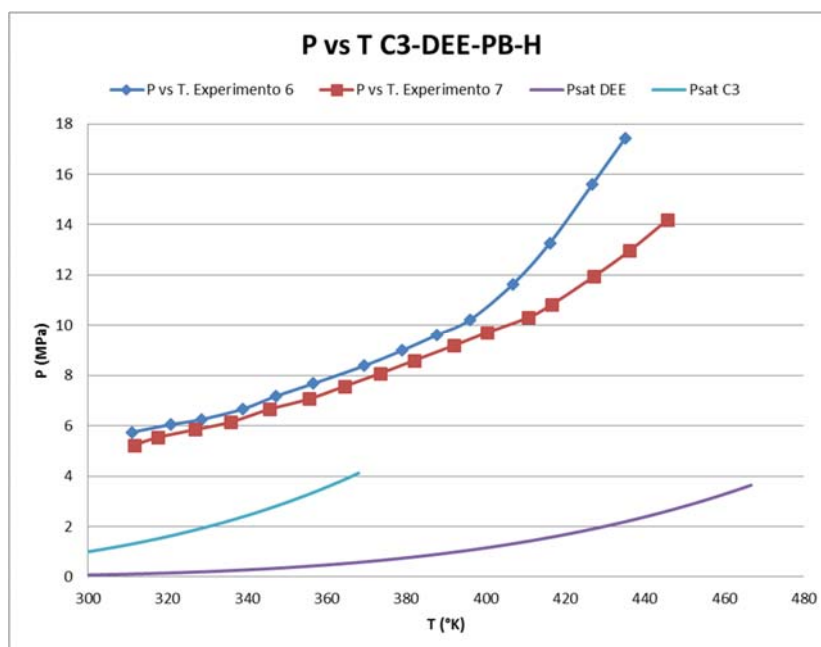


Figura 2. Presión absoluta en función de temperatura para el sistema C3 + DEE + PB + H2 a composición global y a densidad global constantes.

Presión de vapor de compuestos puros: línea celeste: C3[13]; línea violeta: DEE [17].

Rombos azules: experimento N°6 (Tabla 3): $\rho=0.392 \text{ gr/cm}^3$, %PB=3.02%.

Cuadrados rojos: experimento N°7 (Tabla 3): $\rho=0.307 \text{ gr/cm}^3$, %PB=3.01%.

Marcadores consecutivos están conectados con líneas rectas para una mejor visualización.

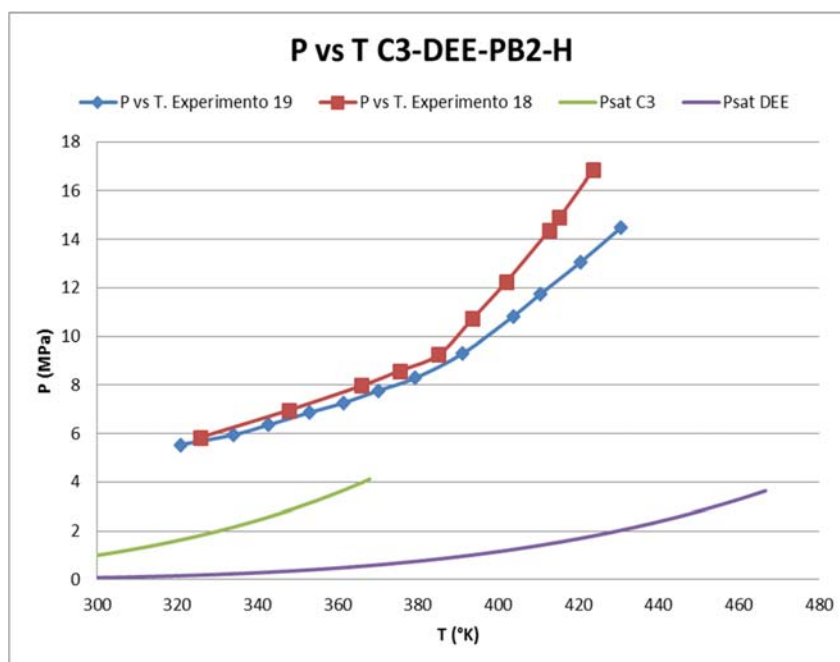


Figura 3. Presión absoluta en función de temperatura para el sistema C3 + DEE + PB2 + H2 a composición global y a densidad global constantes.

Presión de vapor de compuestos puros: línea verde: C3 [13]; línea violeta: DEE [17].

Cuadrados rojos: experimento N°18 (Tabla 3): $\rho=0.402 \text{ gr/cm}^3$, %PB=3.36%.

Rombos azules: experimento N°19 (Tabla 3): $\rho=0.307 \text{ gr/cm}^3$, %PB=2.98%.

Marcadores consecutivos están conectados con líneas rectas para una mejor visualización.

Las curvas de las figuras N° 2, N° 3 y N° 4 presentan un comportamiento esperado con relación a su densidad global (tabla N° 3). A composición global constante, una mayor densidad global implica una transición heterogeneidad/homogeneidad a menor temperatura y menor presión, y también una mayor pendiente en la zona homogénea, en comparación con un experimento de menor densidad global. Lo anterior se confirma si se comparan los experimentos N° 15 (0.392 gr/ml) y N° 16 (0.323 gr/ml) (Fig 4, tabla 3). La temperatura y la presión de transición heterogeneidad/homogeneidad para el experimento N° 15 son: 412.6 °K y 9.7 MPa; y para el experimento N° 16 son mayores: 423.2 °K y 9.7 MPa.

La figura N° 5 muestra las distribuciones de pesos moleculares del PB al comienzo y al final del experimento no reactivo número 6 (tabla N° 3, fig 2). La gran similitud entre las mismas sugiere que el PB no se degradó durante el desarrollo del experimento. Lo mismo se concluyó para el experimento 7 (tabla 3). No se midieron estas distribuciones para otros experimentos.

La tabla N° 3 (sistemas no reactivos) contiene una fila llamada “temperatura máxima”. Los experimentos se desarrollaron bajo dos límites, uno es la temperatura de degradación del teflón (cercana a las 200 °C), y el segundo, es la presión máxima de operación de la celda/reactor (aproximadamente 200 bar). El límite alcanzado primero determina la terminación de un dado experimento. Por ejemplo, los experimentos 6, 15, 18 y 19, fueron finalizados por debajo de la temperatura máxima de operación (473 °K), lo que significa que las presiones alcanzadas a esas temperaturas fueron cercanas a la presión máxima admisible (200 bar).

En cuanto a los ensayos reactivos (tabla N° 4), los experimentos N° 8 y N° 9 son considerados experimentos de referencia. Los otros se diferencian de los de referencia en los valores de una o dos variables. Por ejemplo, el experimento N° 9 se diferencia del experimento N° 20 (Tabla 4) esencialmente en el peso molecular del polímero utilizado. Para mayor facilidad de observación, en la tabla N° 3 se informa qué ensayos de hidrogenación corresponden a un dado experimento no reactivo (fila “experimento reactivo correspondiente”).

Las variables modificadas, con respecto a los valores de las mismas en los experimentos 8 y 9, al efecto de estudiar la influencia de las mismas sobre el grado de saturación del polímero, son las siguientes: tiempo de reacción, temperatura final de reacción, peso molecular del polímero, naturaleza de los componentes de la mezcla solvente, y condición de fases (homogeneidad/heterogeneidad) a la temperatura final de reacción. Los valores de tiempo de reacción especificados fueron 2 y 3 horas (tabla 4). Típicamente se necesitó de una hora para que el sistema alcanzara la temperatura deseada. Una vez alcanzada la misma, se empieza a contabilizar el tiempo de reacción. En cuanto a la mezcla solvente binaria, se estudió el efecto de usar C5 como componente apolar y DME como componente polar, en lugar de C3 y DEE, respectivamente. Esto se hizo en el experimento reactivo 17 (tabla 4).

Los PBHs obtenidos se encuentran en estado sólido. Los experimentos 11, 12, 13, 14, 17, 20 y 21 (Tabla 4) condujeron a PBHs con menor rigidez, que los producidos en los experimentos de referencia N° 8 y N° 9. Esta diferencia se atribuye a los mayores grados de hidrogenación obtenidos en los experimentos de referencia.

De la tabla N° 4, se concluye que la reducción del tiempo de reacción, provoca una disminución sustancial del grado de hidrogenación. Es el caso del experimento N° 12 cuyo PBH tiene un grado de saturación del 20%, el cual es muy inferior al del experimento N° 8 (86%). Además, operar bajo condiciones de heterogeneidad conduce a niveles de saturación menores. El experimento N° 14 se realizó en región heterogénea, obteniéndose un grado de saturación del 51%, a diferencia del experimento N° 9, el cual se llevó a cabo bajo condiciones de homogeneidad, siendo 74% el grado de saturación obtenido.

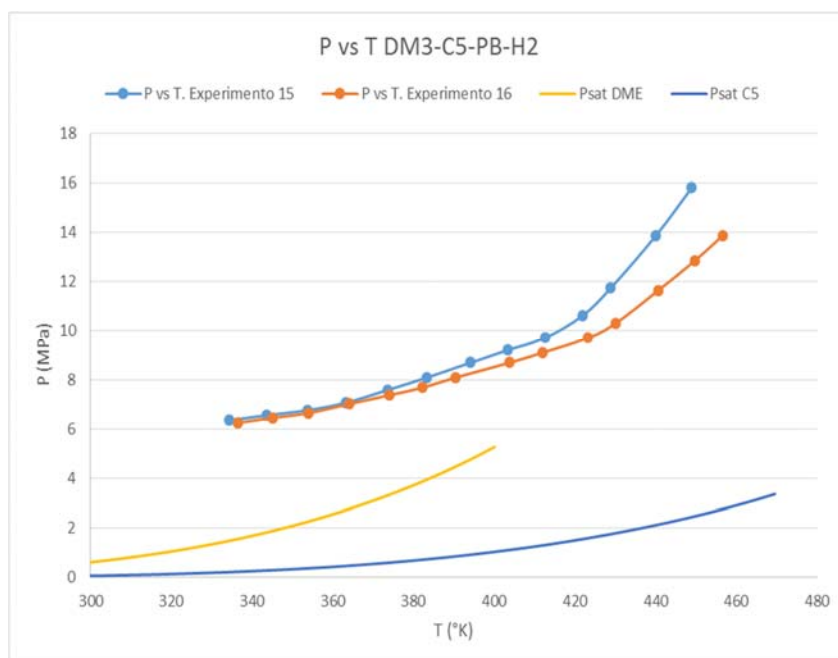


Figura 4. Presión absoluta en función de temperatura para el sistema C5 + DME + PB + H2 a composición global y a densidad global constantes. Presión de vapor de compuestos puros: línea amarilla: DME [18]; línea azul: C5 [13]. Círculos celestes: experimento N°15 (Tabla 3): $\rho=0.392$ gr/cm³, %PB=3.02%. Círculos naranjas: experimento N°16 (Tabla 3): $\rho=0.323$ gr/cm³, %PB=2.83%. Marcadores consecutivos están conectados con líneas rectas para una mejor visualización.

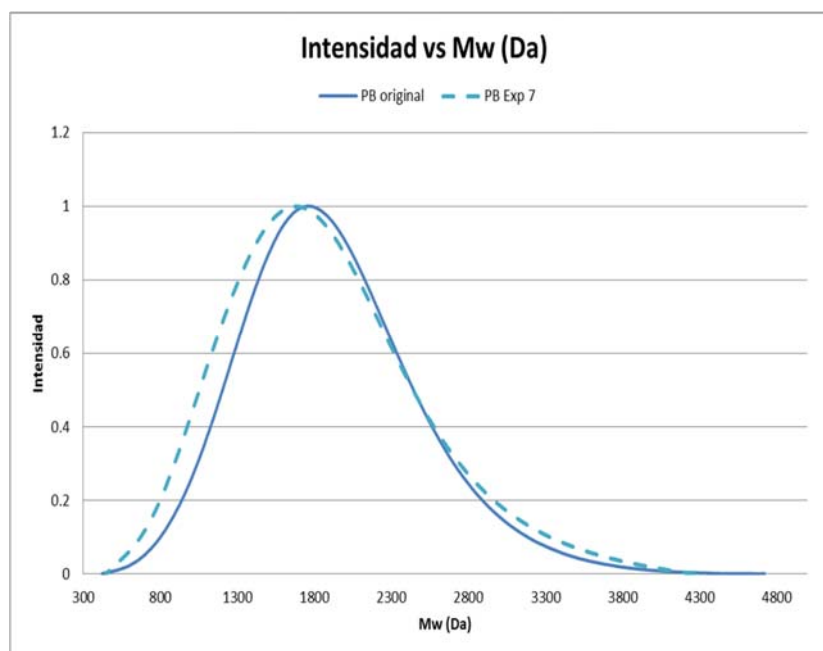


Figura 5. Cromatogramas (GPC) de un Polibutadieno antes y después de su uso en un experimento no reactivo. Intensidad de la señal en función del peso molecular. Curva (azul) continua: PB original (Tabla N° 1). $M_n=1590$ gr/mol, $M_w=1760$ gr/mol. Curva (azul suave) de guiones: PB a la finalización del experimento N° 6 (Tabla N°3). $M_n=1480$, gr/mol, $M_w=1690$ gr/mol.

Cambiar la naturaleza de los componentes de la mezcla solvente tuvo efecto sobre el grado de hidrogenación. El experimento N° 17 (mezcla solvente: C5 + DME) presenta un grado de hidrogenación del 65% en comparación con 74% para el experimento N° 9 (C3+DEE).

El incremento del peso molecular del PB redujo el grado de hidrogenación. Por ejemplo, el experimento N° 21 ($M_n=23500$) y el experimento N° 8 ($M_n=1590$) muestran niveles de hidrogenación del 45% y 86%, respectivamente.

En el APÉNDICE se brindan algunos detalles sobre los análisis espectroscópicos efectuados.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los experimentos reactivos y no reactivos llevados a cabo en este trabajo tuvieron como foco el problema de hidrogenar PB para producir PBh.

El PB no presentó signos de degradación aparente luego de haber sido sometido a ensayos de comportamiento de fases (no reactivos).

Se observó en los experimentos no reactivos que a mayor peso molecular del polímero corresponden menores temperatura y presión de transición de heterogeneidad a homogeneidad (tabla N° 3, experimentos N° 18 y N° 6, y experimentos N° 19 y N° 7). Este resultado podría considerarse, a primera vista, contrario a la intuición.

Los espectros (RMN e IR) demuestran que todos los ensayos de hidrogenación no generaron polímeros totalmente saturados. Esto se refleja en los porcentajes de hidrogenación de la tabla N° 4. Los experimentos N° 8 y N° 9 (los cuales fueron realizados bajo condiciones, en principio, de homogeneidad) presentan grados de saturación elevados (Tabla 4).

La reducción del tiempo de reacción y el aumento del peso molecular del PB, implicaron la disminución del grado de saturación (Tabla 4). Lo mismo sucede cuando la reacción se lleva a cabo en medio heterogéneo en vez de en medio homogéneo.

Al comparar los grados de saturación entre los experimentos N° 20 y N° 9, por un lado, y N° 21 y N° 8, por el otro, correspondientes a la modificación del peso molecular del PB (Tabla 4), se concluye que esta variable afecta considerablemente a la reacción de hidrogenación: a mayor peso molecular, menor grado de saturación. Esto sugiere que la hidrogenación de PBs de mayor peso molecular requiere condiciones más demandantes que las de los PBs de menor peso molecular, para alcanzar niveles de hidrogenación especificados, por ejemplo mayores tiempos de reacción.

La hipótesis de que bajo condiciones de heterogeneidad se obtendrían menores grados de hidrogenación, queda confirmada preliminarmente por los resultados de la tabla 4. Al comparar los grados de hidrogenación de los experimentos N° 8 (homogéneo) y N° 13 (heterogéneo) por un lado; y N° 9 (homogéneo) y N° 14 (heterogéneo), por el otro, se concluye que la hidrogenación homogénea permite obtener un mayor grado de hidrogenación, si la comparación se realiza a densidad global constante.

En conclusión, las condiciones que maximizan el grado de saturación son: tiempos de reacción no menores a 3 horas y llevar a cabo la reacción de hidrogenación en la región homogénea.

Se plantea trabajar en el futuro con una celda/reactor equipada con ventanas de observación visual que permitan monitorear la condición de fases durante el curso de la hidrogenación.

5. APÉNDICE: Análisis espectroscópicos efectuados.

En los experimentos de hidrogenación, luego de transcurrido el tiempo de reacción, el producto de reacción es extraído, lavado y secado. Posteriormente, se realizan los espectros (RMN e IR)

para averiguar qué tipo de enlaces tienen presentes estos PBHs y, sobre todo, el grado de saturación, es decir, cuán efectivo fue el proceso de hidrogenación.

Los espectrogramas obtenidos (no mostrados aquí) permitieron concluir que ninguno de los ensayos de hidrogenación de la tabla N° 4 ha logrado la hidrogenación completa, ya que los picos correspondientes a enlaces insaturados estuvieron presentes en todos los espectros IR.

A partir del análisis de los espectros (no mostrados) IR de los PBHs, se concluyó que los experimentos N° 8 y N° 9 (fig 6) no hay presencia de enlaces vinílicos en comparación con los demás experimentos. Todos los experimentos menos los ya nombrados presentaron multiplicidad de enlaces insaturados (cis, trans y vinílicos). Los enlaces vinílicos, son las más fácilmente hidrogenables y nos dan una rápida noción acerca del proceso de hidrogenación. Lo cual es consistente con los cálculos del grado de hidrogenación, ya que los experimentos N° 8 y N° 9 presentan los valores más altos.

Por medio de los espectros IR, se logró establecer las cifras de saturación (ver tabla N° 4) haciendo relaciones entre picos característicos. Para determinar los grados de saturación, se seleccionó un pico característico común entre el polímero original y el polímero residual, para luego hacer relación entre las absorbancias correspondientes a los demás picos característicos.

Se eligió el pico centrado en 1400 cm^{-1} correspondiente a un tipo de enlace simple carbono e hidrógeno. En base a las absorbancias de éste tipo de enlace y de los enlaces insaturados, se procedió a determinar el porcentaje de insaturación sumando estas relaciones.

Los espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) permitieron reafirmar que la hidrogenación del PB no ha sido lograda en su totalidad, sino de forma parcial.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico de CONICET, UNS, UNC y ANPCyT; y la ayuda de Vivina Hanazumi, Florencia Muratore, Guillermo Mabe, Miriam Strumia y Gloria María Bonetto.

7. Referencias

- [1] G. A. Cassano and E. M. Valle, "Structure of partially hydrogenated polybutadienes," *Polymer (Guildf)*, vol. 39, no. 22, pp. 5573–5577, 1998.
- [2] C. M. Piqueras, G. Tonetto, S. Bottini, and D. E. Damiani, "Sunflower oil hydrogenation on Pt catalysts: Comparison between conventional process and homogeneous phase operation using supercritical propane," *Catal. Today*, vol. 133–135, no. 1–4, pp. 836–841, 2008.
- [3] J. M. Milanesio, "Equilibrio entre fases a alta presión de sistemas conteniendo polímeros y solventes livianos," Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur, 2010.
- [4] M. Menossi, P. Hegel, J. M. Milanesio, A. E. Andreatta, A. Ciolino, L. M. Quinzani, L. J. Rovetto, and M. S. Zabaloy, "Experimental pressure versus temperature isochoric - isoplethic curves for systems related to the supercritical hydrogenation of polybutadiene," *IV Iberoam. Conf. Supercrit. Fluids (PROSCIBA), Pontif. Univ. Católica Chile, Viña del Mar, Chile. 28 Marzo – 1 Abril*, 2016.
- [5] P. L. Acosta-Perez, D. E. Cristancho, I. D. Mantilla, K. R. Hall, and G. A. Iglesias-Silva, "Method and uncertainties to determine phase boundaries from isochoric data," *Fluid Phase Equilib.*, vol. 283, no. 1–2, pp. 17–21, 2009.

- [6] A. Velez, S. Espinosa, S. Pereda, and E. A. Brignole, "Linear variation lines and determination of phase transitions in size asymmetric mixtures," in *Anales Acad. Nac. de Cs. Ex., Fís. y Nat.*, 2009, vol. 61, pp. 49–52.
- [7] A. Velez, S. Pereda, and E. a. Brignole, "Isochoric lines and determination of phase transitions in supercritical reactors," *J. Supercrit. Fluids*, vol. 55, pp. 643–657, 2010.
- [8] A. Velez, P. Hegel, G. Mabe, and E. A. Brignole, "Density and conversion in biodiesel production with supercritical methanol," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 49, no. 16, pp. 7666–7670, 2010.
- [9] G. Di Nicola, G. Giuliani, G. Passerini, F. Polonara, and R. Stryjek, "Vapor-Liquid-Equilibrium (VLE) properties of R-32 + R-134a system derived from isochoric measurements," *Fluid Phase Equilib.*, vol. 153, no. 1, pp. 143–165, 1998.
- [10] L. Yurttas, J. C. Holste, K. R. Hall, B. E. Gammon, and K. N. Marsh, "Semiautomated isochoric apparatus for p-V-T and phase equilibrium studies," *J. Chem. Eng. Data*, vol. 39, no. 3, pp. 418–423, 1994.
- [11] L. W. Diamond, "Isochoric paths in immiscible fluids and the interpretation of multicomponent fluid inclusions," *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 60, no. 20, pp. 3825–3834, 1996.
- [12] J. M. Milanesio, G. D. B. Mabe, A. E. Ciolino, L. M. Quinzani, and M. S. Zabaloy, "High-pressure liquid-liquid equilibrium boundaries for systems containing polybutadiene and/or polyethylene and a light solvent or solvent mixture," *J. Supercrit. Fluids*, vol. 72, no. 0, pp. 333–339, 2012.
- [13] "National Institute Of Standards and Technology, <http://webbook.nist.gov/chemistry/>."
- [14] J. M. Milanesio, P. Hegel, A. Ciolino, L. M. Quinzani, and M. S. Zabaloy, "Ensayos de hidrogenación de polibutadieno a alta presión," *III Reun. Interdiscip. Tecnol. Química (RITeQ 2014). Univ. Nac. Córdoba, Los Cocos, Córdoba, Argentina. 13 - 16 Abril, 2014*.
- [15] N. Andreucetti, J. Pérez, M. Failla, and E. Vallés, "Modification of model ethylene-butene copolymers using gamma radiation and an organic peroxide," *Macromol. Symp.*, vol. 245–246, pp. 93–105, 2006.
- [16] J. M. Milanesio, G. D. B. Mabe, A. E. Ciolino, L. M. Quinzani, and M. S. Zabaloy, "Experimental cloud points for polybutadiene + light solvent and polyethylene + light solvent systems at high pressure," *J. Supercrit. Fluids*, vol. 55, no. 1, pp. 363–372, 2010.
- [17] N. G. Polikhronidi, I. M. Abdulagatov, R. G. Batyrova, G. V. Stepanov, E. E. Ustuzhanin, and J. T. Wu, *Experimental Study of the Thermodynamic Properties of Diethyl Ether (DEE) at Saturation*, vol. 32, no. 3, 2011.
- [18] E. C. Ihmels and E. W. Lemmon, "Experimental densities, vapor pressures, and critical point, and a fundamental equation of state for dimethyl ether," *Fluid Phase Equilib.*, vol. 260, no. 1, pp. 36–48, 2007.

TOPOGRAFÍA DE SUPERFICIES OBTENIDA POR INTERFEROMETRÍA DE BAJA COHERENCIA DE ALTA RESOLUCION ESPACIAL

P. Tabla, Lab. de Optoelectrónica y Metrología Aplicada. Facultad Regional Delta - UTN, pablotabla@outlook.com

M. Sallese, Lab. de Optoelectrónica y Metrología Aplicada. Facultad Regional Delta - UTN, sallese.marcelo@hotmail.com.

E. N. Morel, Lab. de Optoelectrónica y Metrología Aplicada. Facultad Regional Delta - UTN, nmorel@frd.utn.edu.ar

J. R. Torga, Lab. de Optoelectrónica y Metrología Aplicada. Facultad Regional Delta – UTN, otorga@frd.utn.edu.ar.

Resumen—La tomografía óptica coherente (OCT por sus siglas en inglés) es una técnica óptica no destructiva, que utiliza una fuente de luz de gran ancho espectral que se enfoca sobre un punto de la muestra para determinar la distancia (rigurosamente la diferencia de camino óptico) entre este punto y una superficie de referencia. El punto puede ser superficial o en una interfase interior de la muestra (transparente o semitransparente), permitiendo realizar topografías y/o tomografías en distintos materiales. El interferómetro de Michelson es el esquema experimental tradicional para esta técnica, en el cual un haz de luz se divide en dos ramas, una de referencia y la otra de muestra. La superposición de la luz reflejada en la muestra y en la referencia genera una señal de interferencia que nos da información de la diferencia de camino óptico entre ramas. A partir de esta información es posible obtener la distancia mencionada.

En este trabajo se presenta una nueva configuración experimental en donde la señal de referencia y la señal reflejada en la muestra viajan por una misma rama, mejorando la calidad de la señal de interferencia. Entre los aspectos más importante de esta mejora podemos mencionar que se reduce considerablemente el ruido y los errores producidos por el movimiento relativo referencia-muestra y por la dispersión del índice de refracción. De esta manera es posible obtener imágenes 3D de superficies con una resolución espacial en el orden del micrón.

Se presentan resultados obtenidos en topografía de superficies metálicas, vidrios y tintas impresas sobre papel.

Palabras clave— *Interferometría, topografía, tomografía.*

1. Introducción

Las técnicas de interferometría óptica de baja coherencia han tenido en los últimos años un gran auge debido a que ofrecen la posibilidad de medir distancias, sin contacto y con alta resolución (inferior al micrón) [1-4]. Para el caso de muestras transparentes o semitransparentes (vidrios, polímeros, tejidos biológicos) estas técnicas ofrecen un atractivo adicional que es la posibilidad de realizar mediciones en el interior del material en lo que se

conoce como tomografía óptica coherente [2]. La OCT se ha desarrollado notablemente en los últimos años en aplicaciones relacionadas con la medicina [3-4] pero recientemente ha tenido un gran impulso en el área de los ensayos no destructivos y estudios de materiales [5-6]. Esta técnica es utilizada normalmente en tres modalidades, en el dominio del tiempo (OCT-TD), en el dominio de la frecuencia (OCT-FD) y utilizando fuentes de barrido (OCT-SSD). En aplicaciones donde el objetivo es obtener mediciones *in situ* y en tiempo real, es utilizada predominantemente la modalidad en el dominio de la frecuencia porque permite esquemas experimentales compactos y robustos, que pueden resolverse en sistemas integrados con fibra óptica y sin partes móviles. En una configuración típica se tiene una resolución espacial cercana a los 10 micrones y un rango de medición cercano a los 3 mm.

En el presente trabajo se presenta una nueva configuración experimental en donde ambas señales (referencia y muestra) viajan por una misma rama, mejorando la obtención de topografías y tomografías de la pieza en inspección.

2. Sistema Experimental y Metodología.

En el sistema experimental utilizado en este trabajo, el haz de luz se enfoca sobre cada punto de la muestra, es decir las imágenes se obtienen haciendo un barrido del haz sobre la superficie muestra, midiendo punto a punto sobre la región de interés.

Para la obtención de una topografía se crea una imagen a partir de la medición de las coordenadas espaciales de cada punto medido. Estas coordenadas surgen de la siguiente secuencia. Mediante un sistema de desplazamiento en dos ejes (en el plano x-y) se hace el barrido del haz sobre la muestra, el mismo sistema mide este desplazamiento y permite obtener las coordenadas x e y. La distancia (z) se obtiene analizando la señal de interferencia obtenida con la técnica OCT. Con el conjunto de puntos se obtiene una imagen 3D de la topografía deseada.

El sistema interferométrico utilizado comúnmente es el de una configuración tipo Michelson como se muestra en la Fig. 1. La fuente de luz es un diodo superluminiscente (SLD) con una longitud de onda central de 840 nm. y un ancho de banda de 60 nm. con salida en fibra (Superlum 351 –HP3), que se conecta a un divisor de haz (BS) 50/50, las salidas del divisor se dirigen, una al espejo de referencia y la otra a la muestra, la luz reflejada en la muestra y en la referencia se recombinan generando la señal de interferencia, que se obtiene en la salida del divisor y que es detectada por un espectrómetro con un rango espectral entre 740 y 920 nm.(OceanOptics HR-4000).

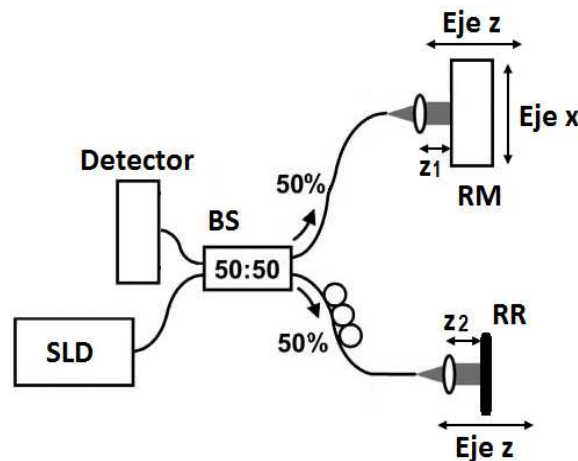


Figura 1. Sistema interferométrico en fibra, SLD es el diodo superluminiscente, BS es el divisor de haz 50/50, RM es la rama de muestra y RR la rama de referencia.

Tanto el espejo de referencia como la muestra se encuentran montados en sendos sistemas de posicionamiento que permiten un ajuste a voluntad de los caminos ópticos de cada rama (z_1 y z_2 en la figura 1). La señal de interferencia obtenida al superponer las intensidades de cada rama tiene la siguiente expresión:

$$I = I_r + I_s + 2\sqrt{I_r I_s} \cos(\delta) \quad (1)$$

Donde I_r e I_s son las intensidades provenientes de la referencia y de la muestra y la fase δ es igual al producto $k\Delta z$, donde k es el número de onda o frecuencia óptica y z es la diferencia de camino óptico entre la referencia y la muestra ($\Delta z = z_2 - z_1$, de acuerdo a la figura 1).

Supondremos que la fuente de luz de baja coherencia tiene un espectro de intensidades Gaussiano (I_i) cuyo módulo se indica en la ecuación 2:

$$I_i(k) = I_o e^{-\left(\frac{k-k_0}{\Delta k}\right)^2} \quad (2)$$

Donde k_0 y Δk corresponden respectivamente al valor central y el ancho del espectro mencionado. En este caso la ecuación (1) puede reescribirse como:

$$I(k) = \alpha I_o e^{-\left(\frac{k-k_0}{\Delta k}\right)^2} \left[1 + \beta^2 + 2\beta \cos(k\Delta z)\right] \quad (3)$$

Donde por comodidad se definen las relaciones de intensidades:

$$\beta^2 = \frac{I_r}{I_s} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{I_s}{I_i} \quad (5)$$

Al realizar la transformada de Fourier [7-9] en función de la variable conjugada z_1 , se obtiene la expresión (6) donde en el segundo y tercer término se evidencian dos picos Gaussianos centrado en el valor de z .

$$|FI(z)|^2 = \left(2A\sqrt{\pi^3} (1+\beta^2) \right) \left[e^{-2\left(\frac{\Delta k}{2}\right)^2 z^2} + \left(\frac{\beta}{1+\beta^2} \right)^2 e^{-2\left(\frac{\Delta k}{2}\right)^2 (z-\Delta z)^2} + \left(\frac{\beta}{1+\beta^2} \right)^2 e^{-2\left(\frac{\Delta k}{2}\right)^2 (z+\Delta z)^2} \right] \quad (6)$$

A partir del análisis de la expresión (6) y obteniendo el centro de cada pico Gaussiano es posible obtener la coordenada z de cada punto medido con el interferómetro.

En la figura 2 se muestra el sistema experimental modificado utilizado en este trabajo. El esquema propuesto elimina una rama, colocando la superficie de referencia en la misma rama que la muestra.

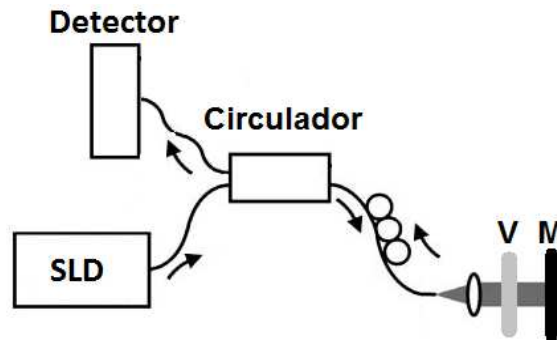


Figura 2. Sistema interferométrico propuesto. La luz emitida por la fuente (SLD) viaja a través de fibra óptica hasta un colimador y una segunda lente que enfoca el haz sobre la placa de vidrio (V) y sobre la muestra (M), las reflexiones generadas por estas superficies son acopladas nuevamente en la fibra y enviadas al detector (espectrómetro) después de pasar por el circulador.

El barrido x - y es generado por un sistema de posicionamiento constituido con 2 motores paso a paso dispuestos en forma perpendicular, cada motor tiene un rango de 2.5 mm y dependiendo de la muestra la resolución utilizada puede ser hasta 2 μm . Cada valor de posición se adquiere junto al espectro dando origen a la terna de coordenadas, como se indicó anteriormente. Estos valores son procesados mediante un software desarrollado específicamente que permite la generación de la imagen 3D correspondiente a la topografía de la muestra.

3. Resultados y Discusión

A continuación se presentan una serie de imágenes en distintos tipos de superficies obtenidas con el sistema descrito anteriormente. En primer lugar se muestra en la figura 3 la reconstrucción de una indentación realizada en una muestra plana de vidrio para un ensayo de micro dureza donde se utilizó como penetrador una punta de diamante piramidal de 4 lados. La superficie barrida es de aproximadamente 200 μm . x 200 μm . y el barrido se realizó en pasos de 2 μm .

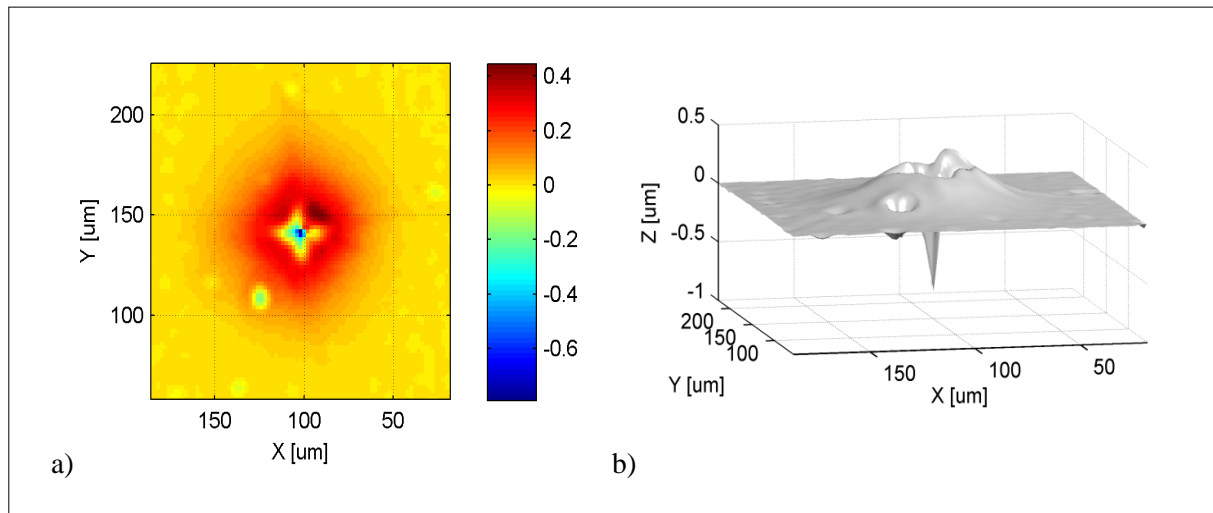


Figura 3. Muestra de vidrio con indentación. La figura 3-a es una vista superior de la imagen obtenida y la figura 3-b muestra la topografía de la superficie.

En la figura 4 se muestra una topografía obtenida de una superficie metálica con forma escalonada. Se puede ver claramente que el sistema permite obtener imágenes que reconstruyen la topografía en regiones donde la muestra presenta flancos abruptos. En este caso el área medida es de 2mm x 5mm obtenida en paso de 20 μm .

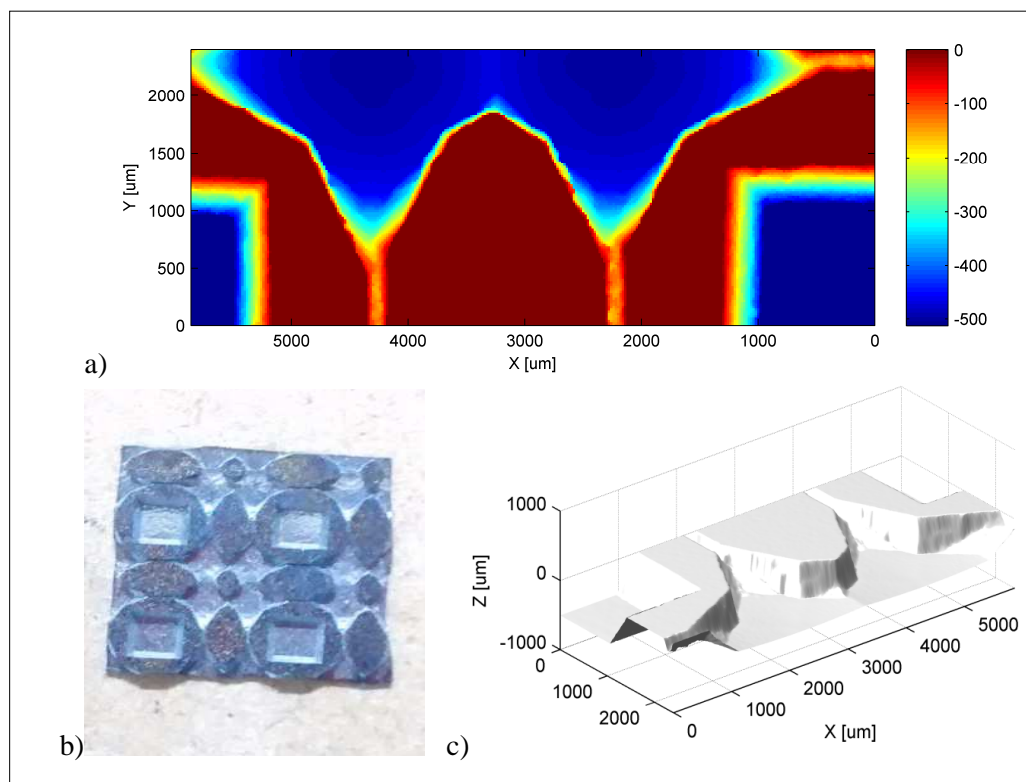


Figura 4. Topografía de una superficie metálica. a) vista superior (parcial) de la imagen obtenida b) fotografía de la muestra. c) topografía parcial de la superficie donde se aprecian los flancos mencionados.

En la figura 5 se muestra un último ejemplo, en este caso la perfilometría de una impresión de tinta sobre papel. En el perfil se puede apreciar cómo es posible distinguir regiones con

depósito de tinta y depapel, A través de la interpolación de puntos obtenidos del sustrato papel y tinta se puede estimar el espesor de la impresión.

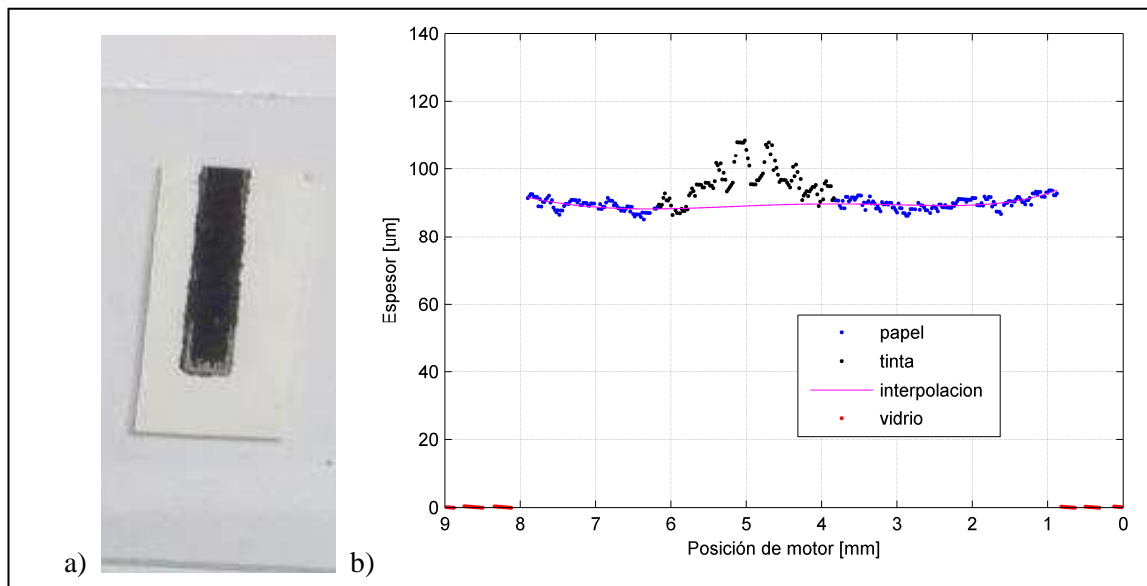


Figura 5. Perfilometría de tinta base carbono sobre papel. a) foto de la muestra. b) perfilometría de un barrido transversal.

4. Conclusiones

Se ha presentado un esquema de interferometría de baja coherencia de una sola rama para la determinación de topografía de superficies en distintos materiales. De los resultados obtenidos concluimos que esta configuración tiene varias ventajas sobre el esquema tradicional (dos ramas). En primer lugar permite disminuir ruidos y errores debidos al sistema de translación y a inestabilidades en las fibras del interferómetro. Se ha mostrado que el sistema puede ser aplicado en una variedad de materiales y permite medir en regiones normalmente complicadas para esta técnica como son los flancos abruptos, los cambios bruscos de índice de refracción y reflectividad. El sistema puede ser adaptado a una forma compacta, estable y económica por lo que creemos es una buena opción como sistema de medición de superficies, rugosidades, control de calidad y evaluación de materiales en diversos ámbitos industriales. En base a los buenos resultados obtenidos el trabajo a futuro estará orientado al desarrollo de un sistema industrial y la ingeniería requerida para transformarlo en un equipo transferible.

5. Referencias

1. D. Huang, E. A. Swanson, C. P. Lin, J. S. Schuman, W. G. Stinson, W. Chang, M. R. Hee, T. Flotte, K. Gregory, C. A. Puliafito, and J. G. Fujimoto, "Optical coherence tomography", *Science* 254, 1178-1181 (1991).
2. A.F. Fercher, C. K. Hitzenberger, G. Kamp, and S. Y. Elzaiat, "Measurement of Intraocular Distances by Backscattering Spectral Interferometry", *Opt. Commun.* 117, 43-48 (1995).
3. F. Lexer, C. K. Hitzenberger, A. F. Fercher, and M. Kulhavy, "Wavelength-tuning interferometry of intraocular distances", *Appl. Opt.* 36, 6548-6553 (1997).
4. G. Häusler, and M. W. Lindner, "'Coherence radar" and "spectral radar"-new tools for dermatological diagnosis", *J. Biomed. Opt.* 3, 21-31 (1998).
5. S. A. Boppart, G. J. Tearney, B. E. Bouma, J. F. Southern, M. E. Brezinski, and J. G. Fujimoto, "Noninvasive assessment of the developing *Xenopus* cardiovascular system using optical coherence tomography", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94, 4256-4261 (1997).
6. J. Rogowska, C. M. Bryant, and M. E. Brezinski, "Cartilage thickness measurements from optical coherence tomography", *J. Opt. Soc. Am. A* 20, 357-367 (2003).
7. A. V. Oppenheim, and R.W. Schaffer, "Discrete-Time Signal Processing", 2nd ed., Prentice-Hall (1998).
8. J. Na, W. J. Choi, E. S. Choi, S. Y. Ryu, and B. H. Lee, "Image restoration method based on Hilbert transform for full-field optical coherence tomography", *App. Opt.* 47, 459-466 (2008).
9. L. R. Rabiner, and B. Gold, "Theory and Application of Digital Signal Processing", Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall (1975).



III CADI
IX CAEDI
2016



“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS COHESIVOS DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO”

María Fernanda Mellano, Universidad Nac. de Sgo del Estero, fermellano@gmail.com

Pedro Juvenal Basualdo, Universidad Nac. de Sgo del Estero, basualdo@unse.edu.ar

Ángel del Rosario Storniolo, Universidad Nac. de Sgo del Estero, arstorniolo@yahoo.com.ar

Edgardo Ávila, Universidad Nac. de Sgo del Estero, eavila2011@yahoo.com.ar

Raúl Edgardo Cuevas, Universidad Nac. de Sgo del Estero, raulce@hotmail.com

Ramón Sueiro Fernández, Universidad Nac. de Sgo del Estero, ramon_sf86@hotmail.com

Florencia Pacheco, Universidad Nac. de Sgo del Estero, 91florenciapacheco@gmail.com

Mariano Marteleur, Universidad Nac. de Sgo del Estero, marteleurmariano@hotmail.com

Francisco Durán, Universidad Nac. de Sgo del Estero, paqui_duran@hotmail.com

Resumen— El comportamiento de los suelos cohesivos en estado natural y como material de fundación, representa un gran problema en la construcción, ya que cuando es sometido a variaciones de humedad, puede sufrir contracciones e hinchamientos y convertirse en un material blando y resbaladizo que provoca fallas en los pavimentos e inestabilidad en las estructuras fundadas. Frente a esta situación en nuestro medio es común el estabilizado de las calzadas con agregados granulares acarreados de los cauces de los ríos sin hacer un estudio y análisis comparativo con otras técnicas de estabilización que tal vez podrían transformarse en una alternativa óptima para mejorar las calzadas conformadas sobre suelos cohesivos, y posiblemente abaratar costos en la construcción y mantenimiento de este tipo de obra civil. El mejoramiento de los suelos mediante la estabilización significa cambiar algunas características tales como: la resistencia al esfuerzo cortante, la deformación, la compresión y la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua. Lo que se busca es lograr el buen comportamiento de los suelos ante el esfuerzo-deformación, que mantenga estable su estructura y la estabilidad de todo aquello que se coloque sobre ellos. Para proponer otras técnicas de estabilización es conveniente tener un buen conocimiento de las características físicas y químicas de los suelos cohesivos.

Palabras clave— Suelos Cohesivos, Análisis físico-químicos, Estabilización, Técnicas.

1. Introducción

En nuestra Provincia, y cuando se trata de la construcción de caminos, es frecuente que en un lugar específico, el ingeniero pueda encontrarse con suelos poco o nada adecuados para la ejecución de este tipo de obra. Esta situación obliga al profesional a tomar decisiones que pueden ir desde: retirar el material problemático y reemplazarlo por otro más adecuado, aceptar el suelo natural tomando en cuenta su calidad real en el diseño o bien tratar el suelo con técnicas aplicables y económicas que permita su buen uso. Esta última opción puede incluir la estabilización del suelo con su amplia gama de técnicas dirigidas a mejorar una o más propiedades del material problemático para que el mismo sea capaz de cumplir con los requerimientos necesarios que se exigen en el campo de la ingeniería. El comportamiento de los suelos cohesivos en estado natural y como material de fundación, representa un gran problema en la construcción, ya que cuando es sometido a variaciones de humedad, puede sufrir contracciones e hinchamientos y convertirse en un material blando y resbaladizo que provoca fallas en los pavimentos e inestabilidad en las estructuras fundadas. Frente a esta situación en nuestro medio es común el estabilizado de las calzadas con agregados granulares acarreados de los cauces de los ríos sin hacer un estudio y análisis comparativo con otras técnicas de estabilización que tal vez podrían transformarse en una alternativa óptima para mejorar las calzadas conformadas sobre suelos cohesivos y resultar más económicas. Diversos son los procedimientos para lograr la mejoría de los suelos, pero dos son las técnicas que más se destacan: a) la estabilización por medios mecánicos y b) la estabilización por medios químicos.

El mejoramiento de los suelos mediante la estabilización es una necesidad para mejorar algunas características tales como: la resistencia al esfuerzo cortante, la deformación, la compresión y la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua. Lo que se busca es lograr el buen comportamiento de los suelos ante el esfuerzo-deformación, que mantenga estable de su estructura y la estabilidad de todo aquello que se coloque sobre ellos a lo largo de su vida útil. Hoy en día, gracias a estudios e investigaciones realizadas en el mundo, se cuenta con una interesante gama de datos, que han dado como resultados especificaciones que sirven como guías para la aplicación de diferentes técnicas tendientes a estabilizar un suelo con fines viales.

Se deben clasificar los suelos a fin de ser estabilizados, basándose, principalmente, en la enmarcación como gravas, arenas y arcillas o limos, pero en la actualidad no resultan adecuadas para trabajos muy especializados como lo es la estabilización de suelos, pues es de suma importancia el prever la forma en que el suelo responderá ante la estabilización.

Los suelos provienen de la intemperización de las rocas in situ, o bien por su depósito una vez que han sido transportados por el agua o por el viento. En la práctica vial uno de los sistemas de clasificación más ampliamente utilizado es el propuesto por la Highway Research Board (HRB) el cual indica la aptitud de un suelo para ser utilizado como subrasante (fundación sobre la cual será construido el pavimento) [1].

El propósito del reconocimiento de los suelos descrito es permitir decisiones lógicas respecto al tipo de estabilización más adecuado así como las pruebas a realizar. Para que este reconocimiento sea más efectivo, debe complementarse con el conocimiento de las propiedades del suelo y de sus componentes.

El Departamento Académico de Obras Viales de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE, tomando como base el concepto usado en los países Escandinavos, donde más del 90 % de los productos de demolición son usados para formar el núcleo de terraplén de los caminos [2], decidió estudiar el efecto que la vinaza generaría en este tipo de terraplenes, usándola en remplazo total o parcial del agua de mezclado necesaria para la

compactación o como mejorador del comportamiento de suelos utilizados en la estabilización de banquetas.

Para tal fin, se hace necesario, previamente, un estudio físico-químico de los suelos seleccionados para tal fin, que es lo que se quiere mostrar en el presente trabajo, aclarando que solo se trata de estudios previos, ya que los análisis exhaustivos se realizarán durante el segundo semestre del año.

1.1 Zona de Estudio

Por las características particulares de los suelos a tratar, la disponibilidad de infraestructura y costos se resolvió elegir un lugar ubicado muy cerca de la Ruta Nacional N° 9 que une las Ciudades de Santiago del Estero (residencia de los investigadores y los laboratorios de ensayos y análisis) y San Miguel de Tucumán (donde se ubican algunos ingenios que producen vinaza). El área de estudio se encuentra ubicada aproximadamente a 33 Km de la Ciudad de Santiago del Estero y se accede desde la Ruta Nacional N°9 entre los kilómetros 1171 y 1172, ingresando a mano izquierda en sentido ascendente de la referida Ruta. Los Ensayos de campo y la toma de muestras de material para los Estudios de Suelos se realizaron a la vera del camino de tierra que une las localidades de Rodeo de Soria y el paraje doña Luisa, ambas en Departamento Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero. Se definió una zona de muestreo y se identificaron seis puntos para realizar las calicatas, los cuáles fueron perfectamente georeferenciados y cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Puntos de muestreo

Puntos	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)
1	27° 41' 57,5''	64° 35' 58,2''
2	27° 41' 53,9''	64° 36' 0,8''
3	27° 41' 48,9''	64° 36' 3,5''
4	27° 41' 44,6''	64° 36' 6,2''
5	27° 41' 40,9''	64° 36' 8,9''
6	27° 41' 38,3''	64° 36' 12,1''

Fuente: Elaboración propia

La Figura 1 muestra una imagen satelital del área de estudio donde se puede apreciar su ubicación en relación a las Ciudades de Santiago del Estero y San Miguel de Tucumán.

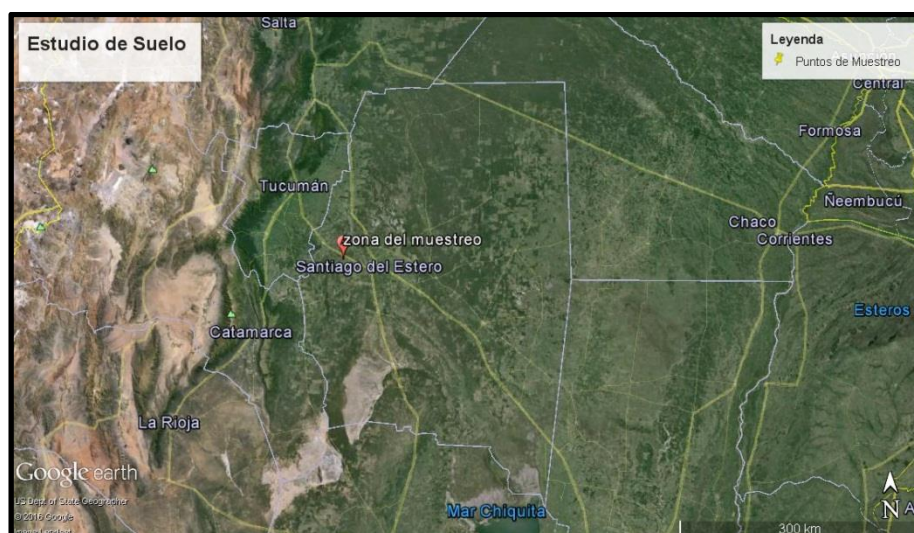


Figura 1. Ubicación Zona de Muestreo

La Figura 2 muestra la ubicación del camino seleccionado que une las localidades de Rodeo de Soria y Doña Luisa.

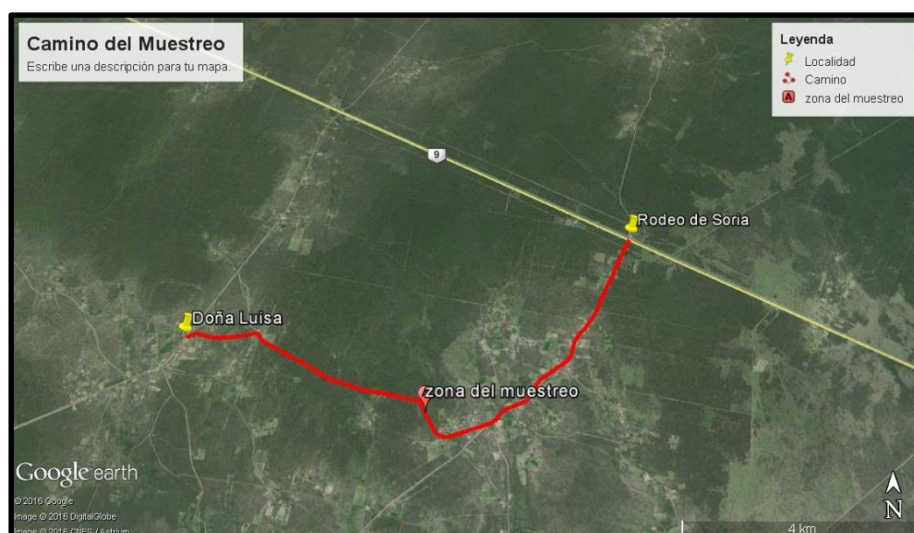


Figura 2. Ubicación de camino seleccionado

2. Materiales y Métodos

2.1 Construcción de calicatas y toma de muestra

La zona de muestreo se ubicó a una distancia de 10 km a partir de la Ruta Nacional N° 9 partiendo de la localidad de Rodeo de Soria. Las calicatas, seis en total, se ubicaron una al lado de la otra con una separación entre ellas de aproximadamente 200 m., Figura 3.

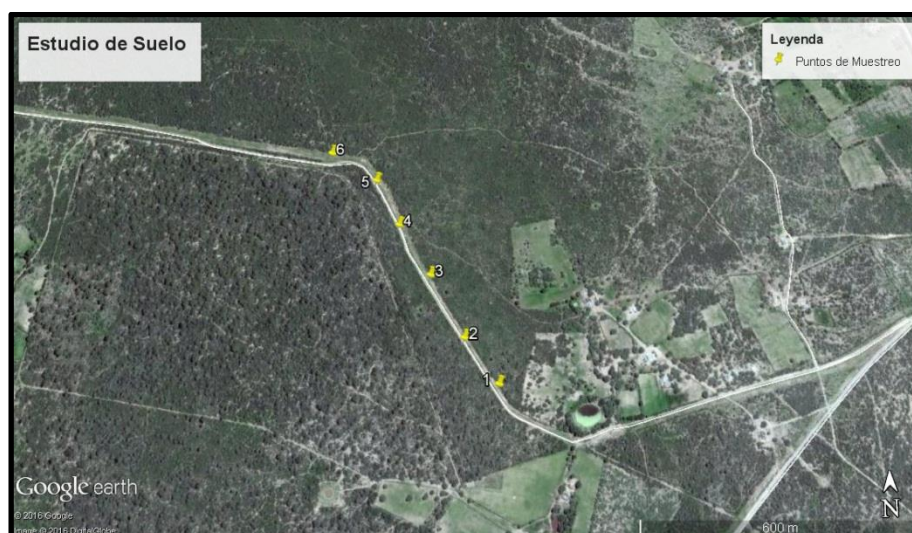


Figura 3. Ubicación de las calicatas

Las calicatas se realizaron manualmente, con pala de punta, con una superficie aproximada de 0,5 m² y 50 cm de profundidad. Se extrajeron cuatro muestras de suelo alteradas por pozo, en cantidad aproximada a 25 kg cada una.

La recolección de muestras se llevó a cabo teniendo en cuenta las especificaciones técnicas especificadas en la normativa vigente.

Las muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno completamente limpias y previamente rotuladas y fueron trasladadas al Laboratorio de Vialidad de la Provincia de Santiago del Estero y a la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, donde se realizaron los análisis programados.

3. Resultados y Discusión

3.1 Ensayos de Laboratorio

En el Laboratorio de Vialidad de la Provincia de Santiago del Estero, las muestras de suelo recogidas fueron sometidas a los siguientes análisis y ensayos:

- Inspección visual
- Contenido de humedad
- Límites de Atterberg, según la Norma de la Dirección Nacional de Vialidad VN-E2-65 y VN-E3-65.
- Granulometría, según la Norma de la Dirección Nacional de Vialidad VN-E1-65.
- Clasificación por el método HRB, según la Norma de la Dirección Nacional de Vialidad VN-E4-84.
- Determinación del Índice de Grupo, según la Norma de la Dirección Nacional de Vialidad VN-E4-84.
- Ensayo de compactación, para la determinación de la Densidad Máxima y la Humedad Optima, según la Norma de la Dirección Nacional de Vialidad VN-E5-93.
- Ensayo de Determinación del Valor Soporte e Hinchamiento, según la Norma de la Dirección Nacional de Vialidad VN-E6-84.

En el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE, las muestras se secaron al aire por cinco días, se molieron en un mortero y se pasaron por el tamiz N° 10 (2 mm), con el fin de homogenizar el suelo desechando el resto del material y

evitando cualquier tipo de contaminación. Finalmente se almacenaron en recipientes de plástico previamente rotulados, para la luego realizar los siguientes análisis físico-químicos:

- **Determinación de pH:** Se colocaron 10 g de suelo en un vaso de precipitado de 100 mL, se añadieron 20 mL de agua, lo cual dió una relación suelo/solución 1:2. Se agitó manualmente durante 1 minuto y se dejó reposar por 10 minutos. La operación se repitió dos veces. Se agitó perfectamente la suspensión del suelo antes de efectuar la lectura correspondiente de pH. Se calibró el instrumento con las soluciones amortiguadoras, teniendo cuidado de leer las muestras problema en el intervalo de pH correspondiente [3].

- **Conductividad (para evaluar contenidos de Sales Totales):** Se colocaron 10 g de suelo en un vaso de precipitado de polipropileno de 100 mL. Se añadieron 50 mL de agua (si se utilizó la muestra en la que se determinó el pH, adicionar 30 mL) Se agitó la suspensión y se dejó reposar por 24 h. Se midió la conductividad eléctrica del sobrenadante. Se enjuagó la celda tres veces con agua destilada. Se enjuagó con la solución problema, dos o tres veces. Se tomó la temperatura de la solución problema. Las lecturas se corrigieron por un factor de temperatura y se expresaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante [4].

- **Determinación de Carbonatos:** Se pesaron 5 g de suelo seco en una bureta de 250 mL; se añadieron 50 mL de solución de ácido Clorhídrico (HCl) de concentración 0.50 M, se agitó intermitentemente y luego se dejó reposar por 24 h.

Se tomó cuidadosamente una alícuota de 20 mL de extracto de suelo y se añadieron 2 o 3 gotas de indicador fenolftaleína, a fin de realizar una titulación volumétrica de la muestra con solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración 0.50 M, hasta que la solución viró de incolora a rosa pálido [5].

3.2 Análisis de Resultados

Los resultados de estos ensayos se resumen en las Tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. Resultados de los Ensayos

Puntos	Pasa # 10	Pasa # 40	Pasa # 200	Hum. In Situ	L.L.	L.P.
1	100	97.49	56.40	7.2	22.9	14.40
2	99.54	96.72	63.93	6.8	18.4	13.00
3	99.8	92.00	50.60	9.1	22.6	13.40
4	99.6	97.80	69.00	8.3	19.9	13.40
5	100	97.53	65.39	7.5	21.7	14.00
6	99.62	97.74	58.50	8.5	18.3	12.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resultados de los Ensayos

Puntos	I.P.	I.G.	Densidad Máxima Kg.m ⁻³	Humedad Optima %	Valor Soporte
1	8.5	2	1756	13.10	6.0
2	5.5	1	1803	12.30	5.3
3	9.3	2	1825	11.80	8.0
4	6.5	2	1778	12.10	8.2
5	7.7	3	1790	13.50	13.00
6	5.7	1	1821	10.30	11.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resultados de los Ensayos Físico-Químicos

Puntos	pH	Sales Totales %	Carbonatos Totales %
1	8.00	0.6 %	1.30
2	7.80	<0.10	2.00
3	8.20	0.40	2.20
4	8.20	1.05	1.60
5	8.00	0.95	1.80
6	7.90	0.40	2.50

Fuente: Elaboración propia

3.3 Descripción del perfil de los suelos-condiciones sub-superficiales

De acuerdo con la información obtenida a partir de las excavaciones, ensayos efectuados, la experiencia que se tiene sobre la litología dominante en esta zona de la Provincia de Santiago del Estero, la geología local, se pudo concluir que los suelos muestreados, en general, presentaron el siguiente perfil y características:

Estrato I considerado desde nivel de terreno natural (N.T.N.) Hasta aproximadamente los 0,5 m de profundidad con el siguiente detalle:

- Cubierta vegetal de 0,10 a 0,15 m de potencia, apoyado sobre un limo arenoso y algo de materia orgánica color castaño claro.
- Contenido de humedad varía entre 6 a 9 % según sea el sector.
- Pasante tamiz N° 200 de 50 a 70%.
- Baja plasticidad, algo áspero, poco rugoso y nada pegajoso al tacto.
- Según la clasificación H.R.B. el horizonte corresponde al tipo A-4, suelo limoso arenoso.
- En base a los análisis físico-químicos, se observa que:
- El pH de la totalidad de las muestras es alcalino, lo que coincide con estudios previos realizados en la zona, y por el tipo de composición del suelo.
- Con bajo contenido de sales.
- La presencia de carbonatos, tiene una acción positiva sobre la estructura del suelo (ya que el calcio es un catión floculante) y está íntimamente relacionado con los valores de pH, ya que si el suelo es alcalino deben existir la presencia de carbonatos, los cuales pueden tener efectos

concretos en la estabilización de subrasantes, que es el trabajo complementario de ésta investigación preliminar.

4. Conclusiones y recomendaciones

Según los análisis efectuados a los suelos muestreados se pudo concluir en que:

- Los suelos encontrados en los estratos analizados, por debajo del suelo orgánico vegetal existente, son, en general, limos con contenidos variables de arena fina que van decreciendo al profundizar en el perfil.
- Las clasificaciones según la HRB es de suelo limoso, dentro del grupo A-4, con índices de grupo variables.
- Poseen una compacidad media que va ascendiendo hasta llegar, incluso, a densa, al profundizar dentro del estrato.
- Las condiciones subsuperficiales no reflejan variaciones, esto no quiere decir que a mayor profundidad que la del muestreo no puedan presentarse. De haberlas, estas variaciones pueden deberse a cambios naturales, inherentes a las condiciones subsuperficiales propias de esta zona, y/o a condiciones creadas por antiguas actividades del hombre.

El trabajo de investigación continuará, siguiendo la línea investigativa de Estabilización de terraplenes de caminos, estudiando los procesos físicos, químicos, y físico-químicos tendientes a modificar las propiedades de los suelos que interesan para un determinado uso en ingeniería, haciendo que el material “suelo” sea adecuado para la utilización prevista reemplazando a otros materiales no DISPONIBLES o MÁS COSTOSOS, utilizando para tal fin algún estabilizador de interés medioambiental.

5. Referencias

- [1] Laboratorio de Mecánica de Suelos - Laboratorio de Materiales y Estructuras- Departamentos de Estabilidad y Construcciones- Facultad de Ingeniería – UBA – 2008.
- [2] Normas de Ensayos de laboratorio – Dirección Nacional de Vialidad.
- [3] JACKSON, ML. 1964. Análisis químico de suelos. Traducción al español por J. Beltrán M. Omega, Barcelona, España.
- [4] RICHARDS, LA. (ed.). 1990. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6a. ed., Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. Limusa, México, D. F.
- [5] United States Department of Agriculture Salinity Laboratory Staff. 1954. L.A. Richards (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. of Agriculture Hamb. 60. Washington D.C.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE CATALIZADORES APLICADOS AL REFORMADO DE ETANOL

Mariana Inés Saber, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. (INTEQUI),
Universidad Nacional de San Luis, mariasab2012@gmail.com

María Elena Iriarte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. (INTEQUI),
Universidad Nacional de San Luis, meiriarte23@gmail.com

Resumen

El requerimiento energético mundial actual, se ve cubierto principalmente por combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural, los cuales tienen importantes repercusiones tanto económicas como ambientales. Esta situación no resulta sostenible a mediano plazo y se apunta a la necesidad de preparar una transición hacia una nueva forma de producción y consumo energético que sea limpio, seguro y confiable. Una de las respuestas a esta situación es el uso de hidrógeno como fuente de energía, obteniéndolo a partir de biocombustibles en reemplazo de los combustibles fósiles y su posterior transformación en electricidad por medio de las pilas de combustible.

En este trabajo se estudió el desarrollo de catalizadores para la producción de hidrógeno a partir de etanol, se prepararon en el laboratorio catalizadores de níquel y rutenio soportados en alúmina y óxido de cerio, por distintos métodos de preparación.

Estos catalizadores fueron analizados por técnicas de caracterización, como determinación de superficie específica, difracción de rayos X, reducción térmica programada, etc. estas técnicas se utilizan para determinar las propiedades fisicoquímicas de los catalizadores.

Posteriormente, se realizó un análisis comparativo en un reactor de lecho fijo con la reacción de reformado de etanol con vapor de agua, y se determinó cual fue el catalizador que presentó mejores condiciones operativas para la reacción mencionada.

Palabras clave— *Reformado de etanol, hidrogeno, catalizadores.*

1. Introducción

El requerimiento energético mundial actual, se ve cubierto en más de un 87% por combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural. Esta dependencia tiene importantes repercusiones tanto económicas como ambientales. En ausencia de alternativas viables, el agotamiento de las reservas de petróleo, estimadas en no más de 40 años, causaría un encarecimiento progresivo hasta niveles tales que afecten el desarrollo económico global. El incremento de la concentración del CO₂ (dióxido de carbono) en la atmósfera altera la temperatura de la Tierra provocando el efecto invernadero.

Esta situación no resulta sostenible a mediano plazo y se apunta de forma insistente a la necesidad de preparar una transición controlada hacia una nueva forma de producción y consumo energético que sea limpio, seguro y confiable. Una de las respuestas a esta crisis que se avecina es el uso de hidrógeno como fuente de energía y su transformación en electricidad por medio de las llamadas pilas de combustible.

Actualmente, se está trabajando en la aplicación y el uso de los biocombustibles, estos son combustibles de origen biológico.

El uso de los biocombustibles, genera una menor contaminación ambiental y son una alternativa viable, como son hoy el gas y el petróleo. Es importante destacar que los biocombustibles son una alternativa más en vistas a buscar fuentes de energías sustitutivas, que sirvan de transición hacia una nueva tecnología como por ejemplo el hidrógeno [1].

La catálisis es clave para las transformaciones químicas. Muchas síntesis y casi todas las reacciones biológicas requieren catalizadores. Además, la catálisis es una de las tecnologías más importantes para la protección del medio ambiente y la prevención de emisiones. Los catalizadores que se usan para el reformado de etanol son catalizadores sólidos, constituidos por un soporte que es inerte a las reacciones químicas que se producen en el reformado de etanol y sitios activos que es donde se produce la reacción.

En este trabajo se plantea el estudio comparativo de cuatro catalizadores aplicados al reformado de etanol, los catalizadores se prepararon por dos métodos, método másico y por impregnación, usando diferentes soportes, tales como alúmina, óxido de lantano y óxido de cerio, con el objetivo de realizar un estudio comparativo de los mismos evaluando cuál de los cuatro catalizadores presenta la mejor performance para un posterior uso a escala industrial.

2. Materiales y Métodos

2.1. Preparación de catalizadores

Se prepararon en el laboratorio cuatro catalizadores por distintos métodos y con diferentes soportes y sitios activos:

Por un método másico:

-Ni/ γ -Al₂O₃ (catalizador preparado con un soporte de alúmina y como sitio activo níquel).

-Ru/ γ -Al₂O₃ (catalizador preparado con un soporte de alúmina y como sitio activo rutenio).

Por un método de impregnación:

-Ru/ La₂O₃ (catalizador preparado con un soporte de óxido de lantano y como sitio activo rutenio).

- Ru/ Ce₂O₃ (catalizador preparado con un soporte de óxido de cerio y como sitio activo rutenio).

2.1.1. Catalizadores preparados por métodos másicos.

Por el método másico, se prepararon dos catalizadores, el catalizador Ni/ γ -Al₂O₃ y el Ru/ γ -Al₂O₃.

El catalizador Ni/ γ -Al₂O₃ se preparó a partir de un precursor del níquel que es un alcóxido de níquel y se incorporó al precursor de la matriz de alúmina. Se usó como precursor del catalizador específico, un alcóxido, para obtener partículas de níquel pequeñas y de tamaño homogéneo e incorporar este precursor al precursor de la matriz para obtener un alto grado de dispersión del níquel en la misma.

Además, como sabemos por la literatura y por experiencia propia la presencia de pequeñas cantidades de metales nobles en estos catalizadores produce cambios interesantes en su comportamiento catalítico.

El catalizador se preparó por un método sol-gel usando sec-butoxido de aluminio mezclado 1-metoxi-2-propoxido de níquel, la solución se hidrolizó y seguidamente se peptizó con ácido nítrico (0,18 mol HNO₃/mol alcóxido). El gel obtenido se secó durante la noche y luego se calcinó a 600°C durante 100 h. La carga nominal de Ni fue de 3,5 % en peso.

El catalizador Ru/ γ -Al₂O₃ se preparó de la siguiente forma: en una primera etapa se mezcló la solución del alcóxido de aluminio (secbutóxido de aluminio) y la sal de rutenio (173,25 mg de cloruro de rutenio y 10 g de secbutanol anhidro) a temperatura ambiente dando una solución color marrón oscura. La hidrólisis se realizó agregándole 182,5 g de agua a ebullición gota a gota, siendo la relación agua: alcóxido de aluminio siempre de 100 mol/mol respecto al alcóxido de aluminio. Como resultados de la hidrólisis, se obtuvo una suspensión marrón que se peptiza con una relación ácido/alcóxido totales de 0,16, con 1 ml de una solución de ácido nítrico 7,2N. Se destiló el azeótropo del alcohol, se concentró y se secó, obteniéndose unas plaquitas de color marrón oscuro, que finalmente se calcinan a 600°C durante 100 h. La carga nominal de Ru fue de 1,4 % en peso.

2.1.2 Catalizadores preparados por un método de impregnación

Por el método de impregnación se prepararon dos catalizadores, el catalizador Ru/ La₂O₃, y el Ru/ Ce₂O₃.

El método de impregnación involucra tres etapas: 1) contacto del soporte con la solución a impregnar por un cierto período de tiempo, 2) secado del soporte para sacar el líquido embebido, y 3) la activación del catalizador por calcinación, reducción u otro tratamiento apropiado. En este caso se utilizó el método de impregnación a humedad incipiente, en donde el soporte se puso en contacto con una solución de concentración apropiada, correspondiente a la cantidad total del volumen de poro conocido o un poco menos.

Los catalizadores fueron preparados con una carga metálica nominal del 1,4% por impregnación a humedad incipiente de los soportes, utilizando solución acuosa de RuCl₃. Las muestras impregnadas se secaron a 100°C en estufa durante una hora en las sucesivas etapas de la impregnación. Los soportes utilizados fueron: CeO₂, La₂O₃. La carga nominal de Ru en ambos catalizadores fue de 1,4 % en peso.

2.2. Caracterización de Catalizadores.

2.2.1 Determinación de Superficie Específica.

El método BET desarrollado por Brunauer, Emmet y Teller [2,3] es reconocido mundialmente como estándar. Se basa en la técnica desarrollada por Langmuir, extendida a la formación de multicapas y presupone que el calor de adsorción de la monocapa es distinto al de las otras capas, pero todas las siguientes capas presentan el mismo calor de adsorción.

Las áreas superficiales BET, fueron determinadas por fisisorción de N₂ a -196 °C, utilizando el equipo Quantachrome Chembet 3000.

2.2.2 Difracción de Rayos X.

Los espectros de difracción de rayos X (DRX) fueron obtenidos con un difractómetro Rigaku Geigerflex operado a 40 kV y 30 mA, utilizando una radiación CuK ($\lambda_{B1B} = 1,5405$ nm), y NaCl y cuarzo como estándares de calibración externos, con una velocidad de 5°/min en el rango comprendido entre 10-70°. Los patrones de los espectros de DRX se obtienen de la base de datos JCPDS.

2.2.3. Reducción Térmica Programada.

El análisis de TPR de los catalizadores frescos fue realizado utilizando el equipo Chembet Quantachrome 3000, usado para determinación BET. En el estudio de TPR, la muestra (0,1 g) fue pretratada en flujo de N₂ (15 ml/min) a 100-120°C durante 2,5 h en la estación desgasificadora del equipo, para eliminar trazas de agua adsorbida, y luego fue enfriada a temperatura ambiente. Subsiguientemente, fue colocada en la estación de análisis y calentada en un flujo al 5% H₂/N₂ hasta 850°C a una velocidad de 10°C/min.

2.3. Actividad Catalítica

Los catalizadores se compararon en iguales condiciones de operación, las variables consideradas para el estudio de actividad catalítica son la temperatura de reacción, el tiempo espacial (relación de masa de catalizador sobre el flujo de metano, $W/F^{\circ}\text{CH}_4$) y la relación molar de alimentación $\text{CO}_2:\text{CH}_4$ en las siguientes condiciones de operación, Temperatura del lecho, TR: 600°C , se trabajó a presión atmosférica; el tiempo espacial, $0,5 \text{ g h/mol}$; la relación molar de alimentación de CO_2 con respecto a CH_4 : $1\text{molCO}_2/\text{molCH}_4$.

Las experiencias se realizaron en un reactor convencional de flujo continuo. El reactor es un tubo de cuarzo. Los gases efluentes se analizaron en un cromatógrafo de gases Buck Scientific 910 con detector TCD y columna de Carbosphere. Se verificó la ausencia de influencias difusionales. El precursor se diluyó en relación 1:10 con alfa alúmina inerte del mismo tamaño de partícula, y se redujo in situ con hidrógeno puro a 850°C durante 12 h, para lograr una fuerte interacción metal soporte.

3. Resultados y Discusión

3.1. Caracterización de Catalizadores

3.2.1. Superficie Específica y Tamaño de Poro

En la tabla 1 se presentan las áreas específicas de los soportes utilizados para los catalizadores de todos los catalizadores sin reducir respectivamente.

Tabla 1: Área Superficial de los catalizadores estudiados.

Catalizadores	Área Superficial (m^2/gr)
Ni- $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	223
Ru/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	20,00
Ru/ La_2O_3	70
Ru/ CeO_2	67,8

3.2.2. Difracción de Rayos X

Para el catalizador de Ni/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, sus patrones de difracción muestran, además de los picos de NiO, reflexiones asociadas a la fase $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (JCPDS 10-0425), también se observan picos correspondientes a la fase $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

El catalizador de Ru/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta las fases correspondientes a RuO_2 (JCPDS 43-1027), $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (JCPDS 43-1484) y $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (JCPDS 10-0425). Esta tendencia a la formación de la fase gama de la alúmina puede deberse a la alta temperatura alcanzada durante la etapa de calcinación del catalizador.

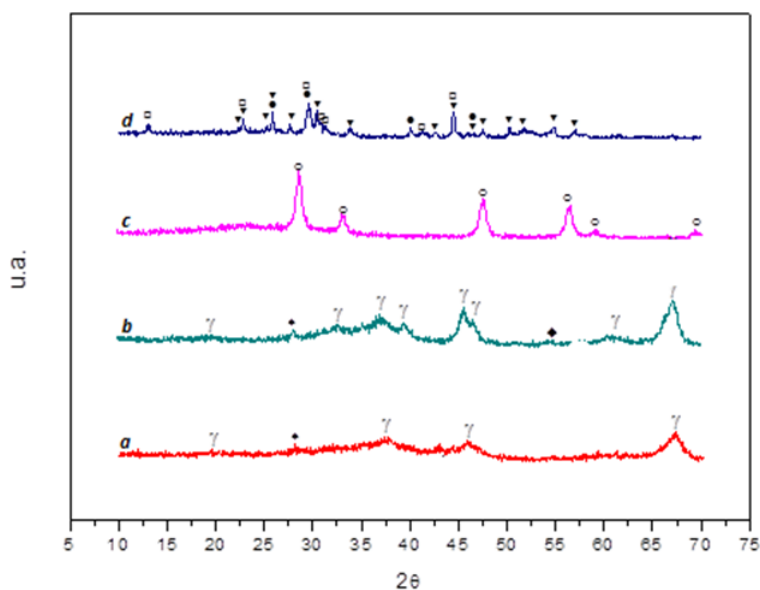


Figura 1: Difracción de rayos X de los catalizadores impregnados de a) Ni/ γ -Al₂O₃, b) Ru/ γ -Al₂O₃ c) Ru/CeO₂, d) Ru/La₂O₃

El catalizador Ru/CeO₂ presenta los picos relacionados con CeO₂, pero no se observa la presencia de picos de RuO₂, que probablemente se encuentren solapados con los de CeO₂ a $2\theta = 28$ y 54° .

El difractograma del catalizador Ru/La₂O₃ presenta las fases correspondientes a La₂O₃ (JCPDS 05-0602), y especies de La-dioxomonocarbonatadas (JCPDS 25-0423 y 25-0424).

3.2.3. Reducción Térmica Programada

Se usó la técnica de TPR, con el objeto de investigar la reducibilidad de los iones de Ni²⁺ y Ru²⁺, para estudiar las cuatro muestras de catalizadores. Los perfiles de reducción para estos catalizadores de Ni y Ru, se muestran en la Figura 2. El perfil del catalizador Ni/ γ -Al₂O₃ posee un pico a aproximada 630 °C, que puede ser asignado a la presencia de especies NiO_x interactuando con el soporte [4] con un pequeño hombro entre 360 y 420 °C, que podría indicar la presencia de NiO.

Los perfiles de reducción térmica programada de los catalizadores de Ru impregnados también se muestran en la Figura 2. El catalizador soportado en γ -Al₂O₃ presenta un pico a 221 °C, asignado a la reducción de RuO₂ [5]. El catalizador Ru/CeO₂ presenta un marcado pico a 150 °C, atribuible a la reducción de RuCl₃. Esto indicaría que los cloruros no han sido completamente eliminados luego del proceso de calcinación [4]. Ha sido sugerido que Ru existe en CeO₂ bajo diferentes estados de oxidación, dependiendo del método de preparación [6]. El catalizador Ru/La₂O₃, presenta un leve y ancho pico entre 200-300 °C, que indicaría la presencia de RuO₂, como en los catalizadores soportados en alúmina.

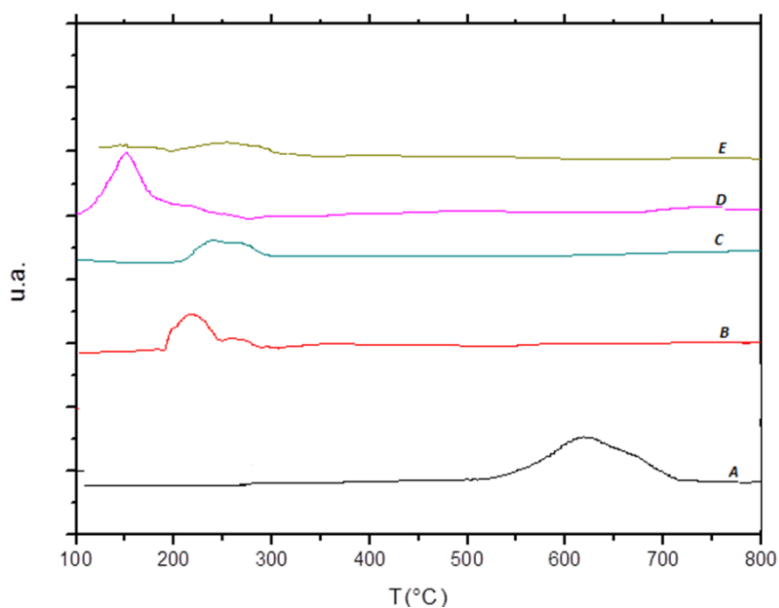


Figura 2: A) Ni/ γ -Al₂O₃ B) Ru/ γ -Al₂O₃ C) Ru/ γ -Al₂O₃, D) Ru/CeO₂, E) Ru/La₂O₃.

3.3. Actividad Catalítica

El objetivo en esta etapa es estudiar todos los catalizadores en iguales condiciones de referencia: temperatura, presión, W/F_{Et}, Relación de alimentación agua:etanol. De esta forma podemos observar el comportamiento de cada catalizador en iguales condiciones de alimentación.

Tabla 2: Condiciones de Análisis para todos los catalizadores.

Variable	Unidad	Condición Operativa
Temperatura (T)	[K]	923
Presión (P)	[atm]	1
Flujo Másico (w)	[mg]	7,5
Flujo Volumétrico (F _{v,seco})	[ml/min]	400
θ_v	[min.mg/ml]	0,0170
$y_{H_2O}^E$	-----	0,080
y_{Et}^E	-----	0,0146
$H_2O:Et$	-----	5,5:1
Diámetro de partícula	μm	44-88
Inerte /Catalizador	-----	10:1

El cálculo de las fracciones molares de los diferentes compuestos, durante la reacción, se obtuvo a partir de los datos obtenidos de los cromatogramas, tomando el valor del pico sobre el factor de calibración para cada compuesto. A continuación se presentan los resultados gráficos correspondientes a las fracciones molares de los principales compuestos en función

del tiempo, la conversión obtenida de etanol en dicho catalizador estudiado y los rendimientos de dióxido de carbono e hidrogeno.

En las gráficas siguientes se muestra el resultado obtenido de la conversión de etanol que se observó en cada una de los catalizadores estudiados, como así también el rendimiento de hidrogeno.

- Ru/ γ -Al₂O₃ (catalizador preparado con un soporte de alúmina y como sitio activo níquel).

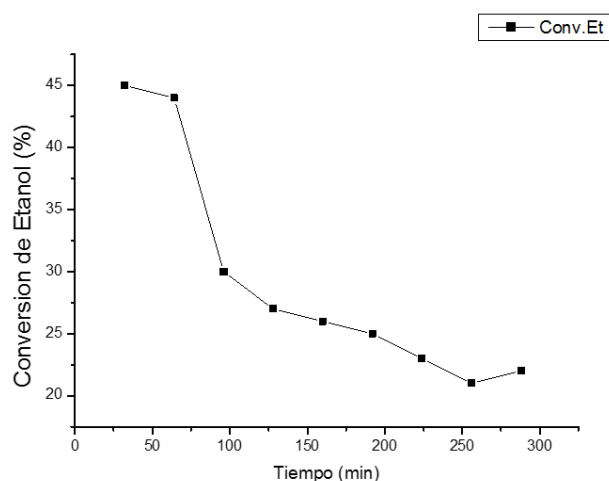


Figura 3: Conversión de etanol para el catalizador Ru/ γ -Al₂O₃.

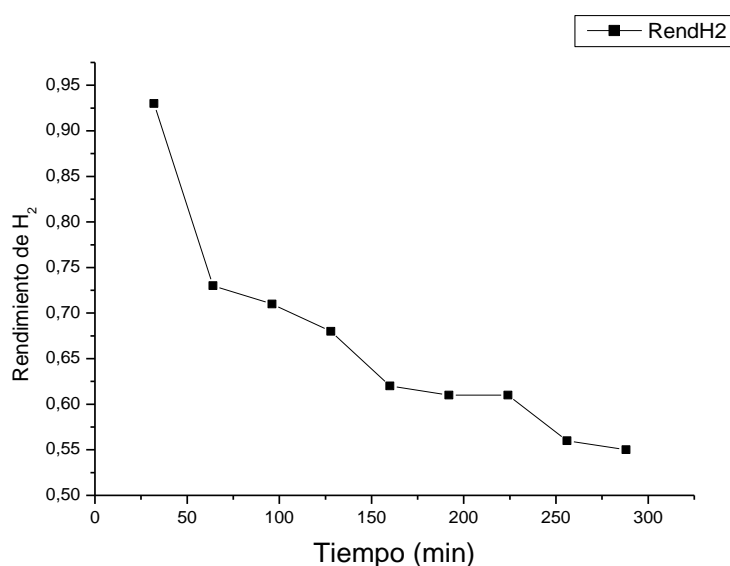


Figura 4: Rendimiento de hidrógeno para el catalizador Ru/ γ -Al₂O₃.

- Ni/ γ -Al₂O₃ (catalizador preparado con un soporte de alúmina y como sitio activo rutenio).

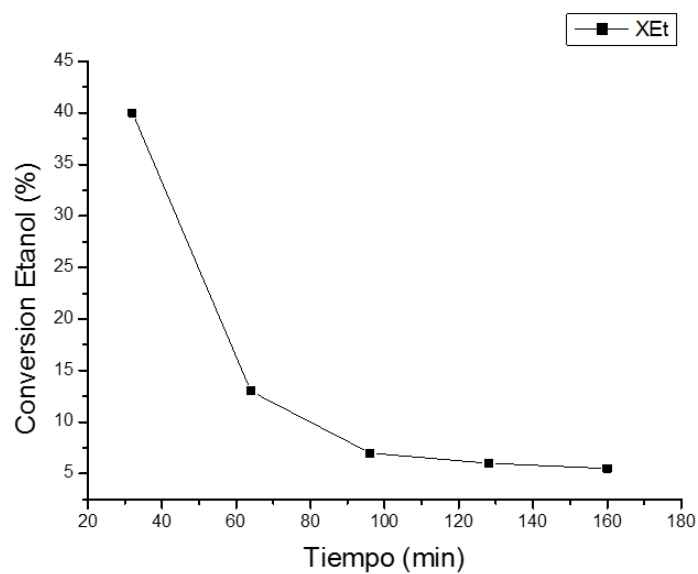


Figura 5: Conversión de etanol para el catalizador Ni/ γ -Al₂O₃.

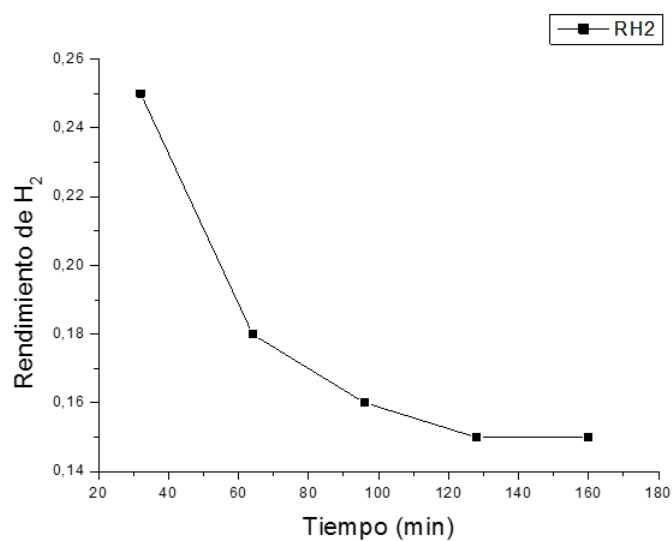


Figura 6: Rendimiento de hidrógeno para el catalizador Ni/ γ -Al₂O₃.

-Ru/ La_2O_3 (catalizador preparado con un soporte de óxido de lantano y como sitio activo rutenio).

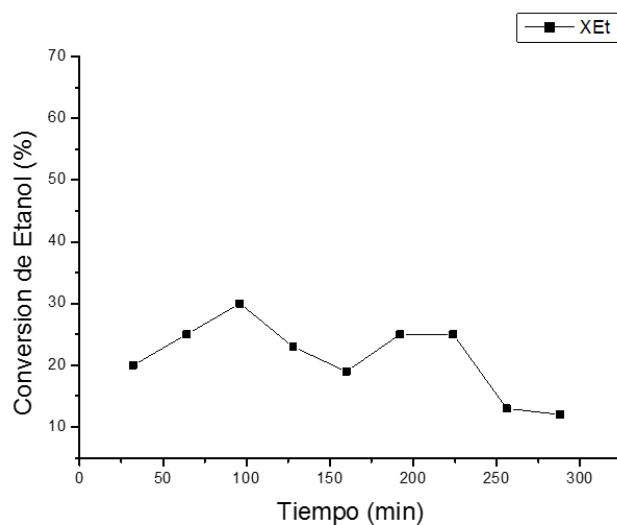


Figura 7: Conversión de etanol para el catalizador Ru/ La_2O_3

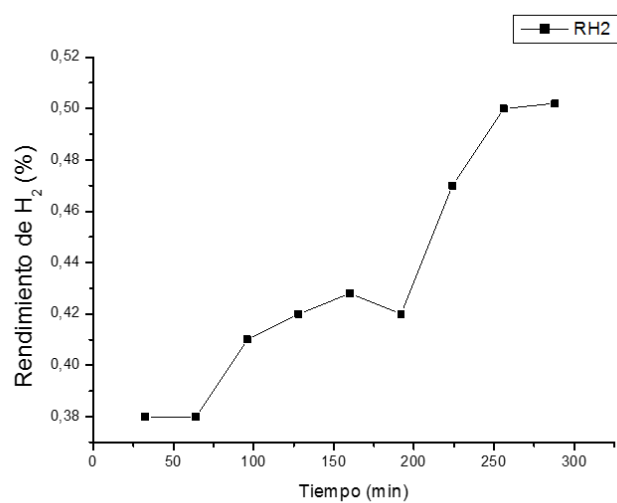


Figura 8: Rendimiento de hidrógeno para el catalizador Ru/ La_2O_3

- Ru/ Ce_2O_3 (catalizador preparado con un soporte de óxido de cerio y como sitio activo rutenio).

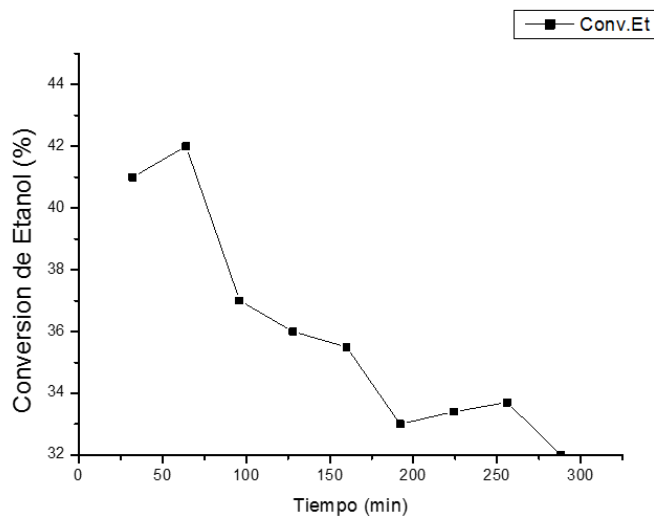


Figura 9: Conversión de etanol para el catalizador Ru/ Ce_2O_3

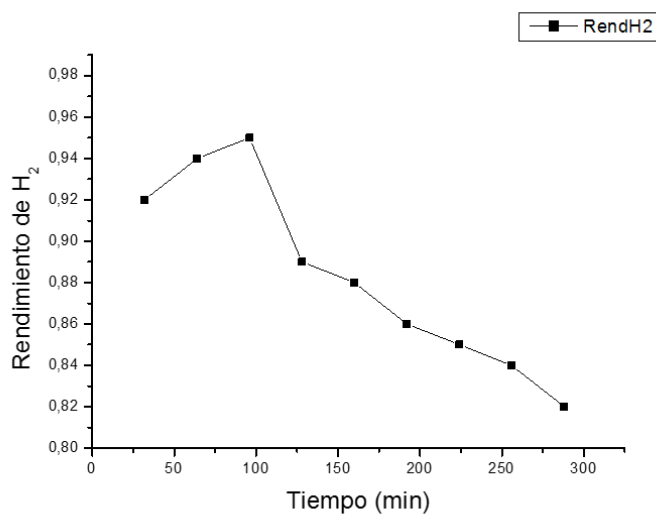


Figura 10: Rendimiento de hidrógeno para el catalizador Ru/ Ce_2O_3

4. Conclusiones y recomendaciones

Se investigó el Reformado de Etanol, estudiando cuatro catalizadores, obtenidos por distintos métodos de preparación.

Se desarrollaron cuatro catalizadores, los catalizadores Ni/ Al_2O_3 y Ru/ Al_2O_3 se prepararon por el método so-gel, y los catalizadores Ru/ CeO_2 y Ru/ La_2O_3 , se prepararon por el método de impregnación.

Se realizó la caracterización de los cuatro catalizadores, usando las técnicas de BET, para determinar superficie específica, Difracción de Rayos X y Reducción a Temperatura Programada, con estas técnicas se logró determinar las características de los catalizadores.

Finalmente, se realizó un estudio comparativo de actividad catalítica, en iguales condiciones de operación. El comportamiento de los catalizadores fue el siguiente; el catalizador Ni/Al₂O₃ alcanzó una conversión de etanol del 40% y luego se comenzó a desactivar, el catalizador Ru/Al₂O₃, al igual que el anterior, alcanzó una conversión de etanol del 40% y luego se comenzó a desactivar; el catalizador Ru/CeO₂ alcanzó una conversión de etanol un poco mayor a los anteriores (43%) pero luego comenzó a desactivarse igual que los anteriores y por último en el catalizador Ru/La₂O₃ la conversión de etanol fue más constante, pero no superó el 32%.

Se puede observar que los catalizadores los cuatro catalizadores mostraron una buena actividad catalítica en relación a la temperatura de operación seleccionada, todos catalizadores presentaron una buena conversión entre 43% y 30%, el catalizador de Ni/ γ -Al₂O₃ mostró una conversión del 40 % que puede deberse al área superficial, que es mucho mayor que en los otros catalizadores, pero su pronta desactivación puede ser causada porque los catalizadores de Ni tiene una alta tendencia a formar carbón en este tipo de reformado.

El catalizador Ru/La₂O₃ preparado por el método de impregnación presenta una conversión de 30%, esto puede suceder, ya que a que los catalizadores preparados por este método tiene una cantidad de sitios activos expuestos menor que los catalizadores másicos, pero el rutenio en esta tipo de reformado presenta mayor resistencia a la formación de carbón por eso la conversión se mantiene constante a la largo del tiempo de operación.

5. Referencias

- [1] Pedro Barrientos Felipa (2015). *El Significado del Etanol en el Mercado de los Combustibles*. Pensamiento Crítico N° 9, 115-136 p.
- [2] Chen Y., Ren J.,(1994).Conversion of methane and carbon dioxide into synthesis gas over alumina-supported nickel catalysts. Effect of Ni-Al₂O₃ interactions. *Catalysis Letters*,V. p 29, 39-48.
- [3] Garcia, E.Y. & Laborde, M.A. (1991), *Hydrogen production by the steam reforming of ethanol: thermodynamic analysis*. International Journal of Hydrogen Energy 16, 307-312.
- [4] Xu Z., Li Y. , Zhang J., Chang L., Zhou R., Duan Z., (2009). Characterization of aerogel Ni/Al₂O₃ catalysts and investigation on their stability for CH₄-CO₂ reforming in a fluidized bed. *Fuell Processing Technology*, V.90, p113- 121.
- [5] Mazziere V., Coloma-Pascual F., Arcoya A., L'Argentièrre P.C., Fígoli N.S. (2003) Effect of Chlorine on the Properties of. Ru/Al₂O₃. *Applied Surface Science* V6, p 210-222.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LADRILLOS REFRACTARIOS DE ALTA ALÚMINA FRENTE AL ATAQUE QUÍMICO DE DISTINTOS TIPOS DE ESCORIAS

Díaz, Cecilia del Carmen, Laboratorio de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, ceciliadiaz83@gmail.com

Antequera, Teresa, Laboratorio de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, teantequera@yahoo.com.ar

Lamas Ricardo, Compañía Minera Aguilar S.A., rlamas@aguilar-arzinc.com

Resumen—En la industria de fundición de minerales concentrados de Pb, los materiales refractarios son ampliamente usados en el revestimiento de hornos del tipo rotatorio. Esta actividad se da en condiciones severas de proceso, debido a la existencia de gradientes de temperaturas variables. El rendimiento de los mencionados materiales, se ve afectado por varios factores degradantes de los cuales el choque térmico y el ataque químico debido a la formación de escorias y mata en el horno, son los causantes de desgastes prematuros. Por lo expuesto, es de interés evaluar el comportamiento de estos materiales, a los fines de prolongar la vida útil de las piezas, aumentar la producción y disminuir tiempos muertos. En este trabajo analiza el comportamiento de refractarios de alta alúmina utilizados en un horno (Lurgi-Jumbo), frente al ataque químico de distintos tipos de escorias. En principio, se ensayan las muestras (provistas por una Fundidora de Pb) con DRX y FRX, para conocer fases mayoritarias y composición química. Seguidamente se realizan ensayos de porosidad, corrosión estática (Finger Test) y finalmente se calcula el tamaño de grano, a fin de obtener resultados para comparar el grado de incidencia del ataque químico de escorias sobre el material de estudio.

Palabras clave— *refractarios, corrosión estática, escorias.*

1. Introducción

1.1 Materiales refractarios de alta alúmina

Se define como material refractario a aquel cuerpo que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni descomponerse. Es decir, se considera como material refractario a todo aquel compuesto o elemento que es capaz de conservar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas a elevada temperatura.

Los materiales refractarios son materiales polifásicos y heterogéneos, tanto desde el punto de vista de su composición química como de su estructura física.

Existe una variedad de ladrillos que pueden ser aplicados según el tipo de horno y proceso que se está llevando a cabo. Los ladrillos refractarios de alta alúmina del tipo I, de acuerdo a la norma IRAM 12508 [1] se dividen en clases que contienen desde un 90% hasta un 50% de Al_2O_3 .

Según la norma UNE-61-001-75, los refractarios del tipo A6 corresponden los de muy alto contenido en alúmina (contenidos de Al_2O_3 superiores al 56 %). Los ladrillos utilizados para este estudio corresponden al tipo I y clase 80.

2. Materiales y métodos

Los materiales utilizados en este trabajo fueron dos ladrillos refractarios de alta alúmina identificados como L-24 y L-25, con un contenido de alúmina de 76,911% y 77,715 % respectivamente.

Con el fin de caracterizar el comportamiento de los materiales de estudio, se realizaron los siguientes ensayos: DRX, FRX, corrosión estática (con distintos tipos de escorias), tamaño de grano y porosidad.

Las fases presentes en las zonas sin atacar de las probetas y la interfaz de reacción escorias-refractario se determinaron por difracción de rayos X (DRX) en un equipo RIGAKU-Modelo MINI FLEX de 1KV de potencia y , y el análisis químico de materiales se realizó por fluorescencia de rayos X (FRX).

Del ladrillo en estudio, se hicieron ocho probetas de 50x50x50 mm y se perforó con una mecha el centro de cada una de las mencionadas, a fin de darle forma de crisol. Los huecos fueron rellenos por cenizas de afino de cobre, Escorias grises, Escorias grises+ pellet de óxido y pellet de óxido.

Seguidamente se realizó el ensayo de corrosión estática en un horno de mufla eléctrico, con una temperatura de trabajo de 1150°C y un tiempo de tres horas y media.



Figura 1. Horno eléctrico utilizado para ensayo de corrosión estática a 1150°C. Fuente: Foto tomada durante el ensayo de corrosión estática en el laboratorio de materiales- U.N.Ju.

Luego del ensayo las probetas fueron cortadas a la mitad y sobre la superficie expuesta se analizó el grado de ataque por medio de la determinación del índice de penetración (IP).

El índice de penetración se determina a través de la relación entre el área reaccionada (Sr) y el área total (So) de la sección transversal de la probeta.

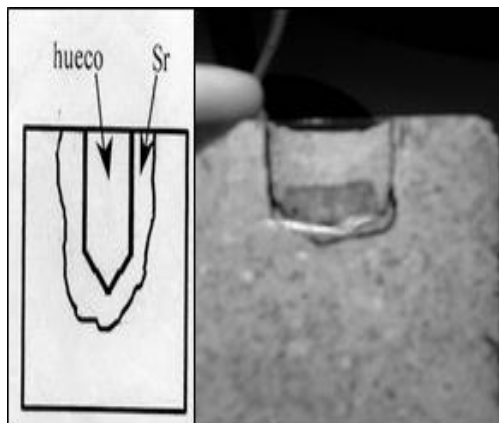


Figura 2. (Izq.) Esquema de corte transversal realizado en probetas. (Der.) Corte transversal de la probeta de refractario. Fuente: Foto tomada durante el ensayo de corrosión estática en el laboratorio de materiales-U.N.Ju.

Este parámetro se determina a través de la ecuación (1):

$$IP(100\%) = \frac{Sr}{So} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

Sr: área reaccionada mm²

So= área total de la sección transversal mm²

La porosidad relativa de las muestras, se determinó por el método de inmersión en agua de acuerdo a la norma IRAM-12510 [2]



Figura 3. Probetas para ensayo de porosidad (Izq.) Equipo para ensayo de porosidad (Der).

Fuente: Fotos tomadas durante los ensayos de porosidad el laboratorio de materiales U.N.Ju.

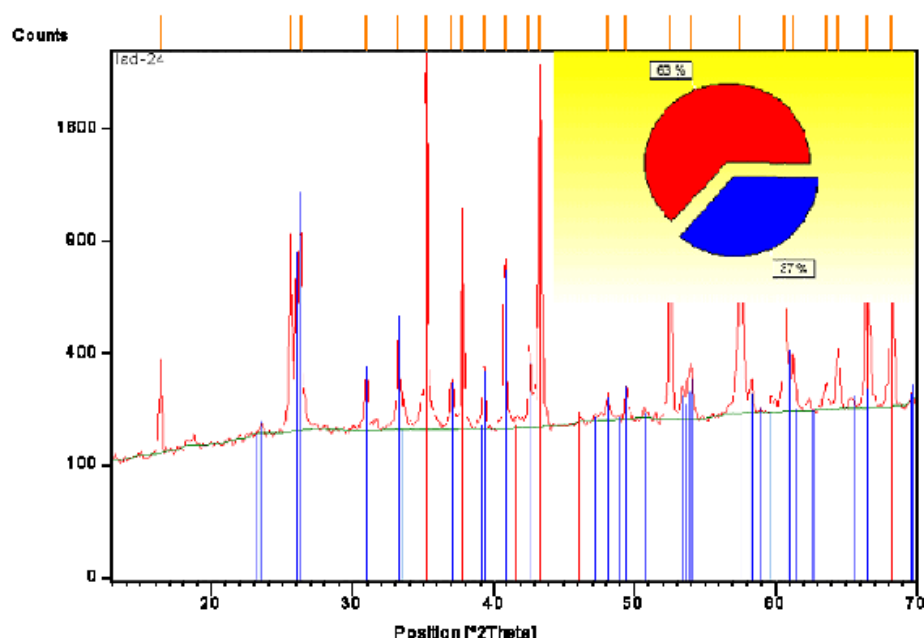
El tamaño de grano fue determinado por método lineal, el cual consiste en tomar fotografías al microscopio a un aumento de 10X y sacar una foto de una regla también con el mismo aumento, para luego superponerla en determinados granos y así tomar las medidas de los mismos. Cada subdivisión de la regla es de 0,01mm.

Se seleccionó granos de diferentes tamaños y se estimó aproximadamente su diámetro (considerando éstos como una circunferencia). Finalmente se realizó el cálculo del tamaño de diámetro promedio.

3. Resultados

3.1 Análisis DRX

En las figuras mostradas a continuación se observan que las fases mayoritarias para los ladrillos L-24 y L-25 respectivamente.



Identified Patterns List: (Ladrillo 24)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Chemical Formula
Rojo	01-071-1123	79	Corundum	Al ₂ O ₃
Azul	01-083-1881	68	Mullite	Al (Al1.272 Si0.728 O4.864)

Figura 4. Resultado ensayo DRX Ladrillo L-24. Fuente: Instituto de Geología y Minería- U.N.Ju.

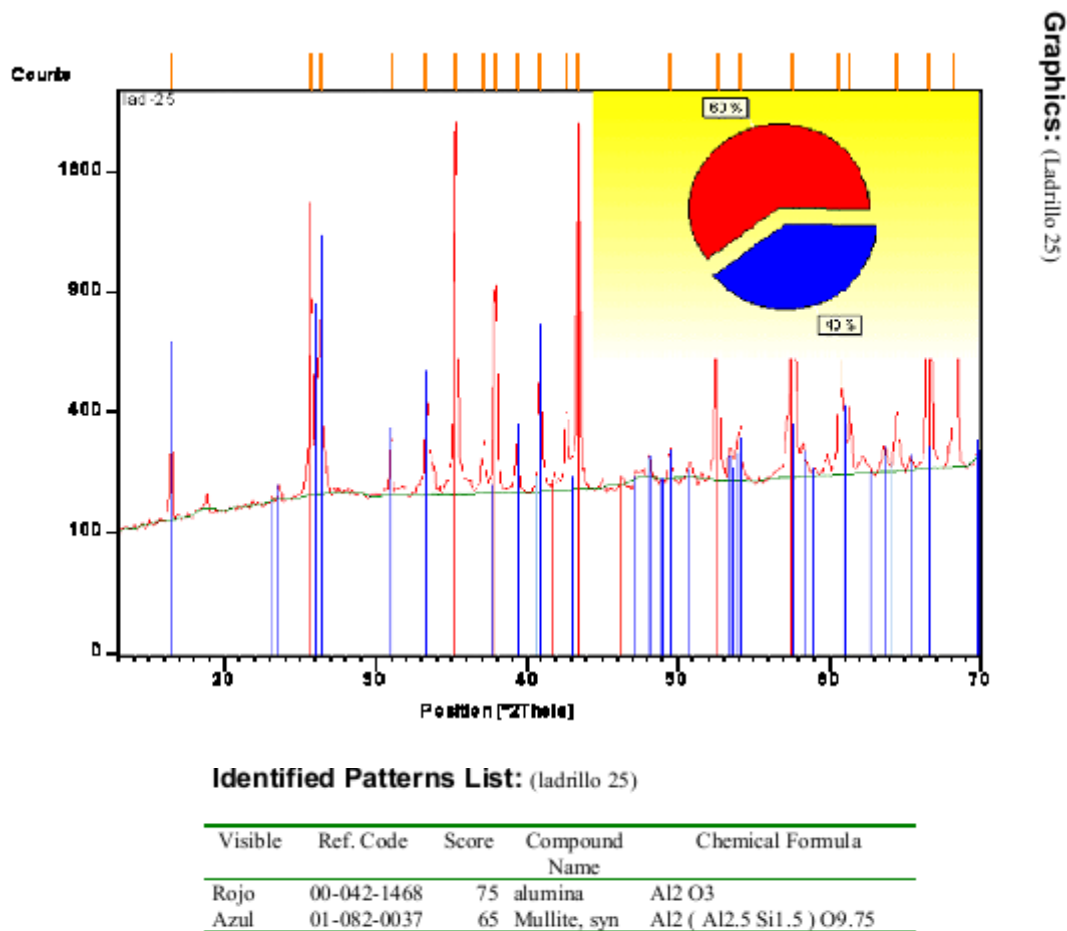


Figura 5. Resultado ensayo DRX Ladrillo L-25. Fuente: Instituto de Geología y Minería- U.N.Ju.

3.2 Análisis químico FRX

Tabla1. Resultados ensayos FRX.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%
L-24	16,77	3,098	76,919	1,927	0,019	0,186	0,27	0,078	0,707	0,359
L-25	16,15	3,255	77,715	2,1	0,029	0,17	0,285	0,049	0,692	0,229

Fuente: Instituto de Geología y Minería- U.N.Ju.

3.3 Ensayos de porosidad

Los valores de los ensayos de porosidad se aprecian en las tablas 2 y 3 respectivamente, siendo para el ladrillo L-24 (6,94) y para el ladrillo L-25 (10,19) respectivamente.

Tabla2. Ensayos de porosidad ladrillo-L24.

Probeta	Capilaridad	Porosidad relativa	Peso específico aparente	Peso específico aparente en agua	Porosidad aparente
P24-1	0,06	8,13	1,45	1,58	8,13
P24-2	0,06	8,04	1,43	1,55	8,04
P24 -3	0,05	8,08	1,50	1,63	8,08
P24_4	0,06	8,83	1,43	1,57	8,83
P24-5	0,01	1,64	1,54	1,56	1,64
Totales (promedios)	0,05	6,94	1,47	1,58	6,94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ensayos de porosidad ladrillo-L25.

Probeta	Capilaridad	Porosidad relativa	Peso específico aparente	Peso específico aparente en agua	Porosidad aparente
P25-1	0,07	10,25	1,41	1,57	10,25
P25-2	0,07	10,39	1,46	1,63	10,39
P25 -3	0,07	10,44	1,45	1,62	10,44
P25_4	0,07	10,85	1,45	1,62	10,85
P25-5	0,06	9,00	1,45	1,60	9,00
Totales (promedios)	0,07	10,19	1,45	1,61	10,19

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Ensayos de corrosión estática- Índice de penetración

En la tabla 4, se aprecian los resultados de los índices de penetración calculados, en las probetas atacadas con distintos tipos de escorias:

Tabla 4. Índice de penetración.

Probetas + Escorias	Sr (mm ²)	So (mm ²)	IP
Cenizas de Afino de Cu -L25	187	2114	8,85
Cenizas de Afino de Cu -L24	170	2175	7,82
Escoria gris -L24	175	2075	8,43
Escoria Gris -L25	99	2050	4,83
Escoria Gris-Pellet de óxido -L24	26	2150	1,21
Escoria Gris-Pellet de óxido- L25	107	2100	5,10
Pellet de óxido- L24	26	2200	1,18
Pellet de óxido- L25	42	2225	1,89

Fuente: Elaboración propia.

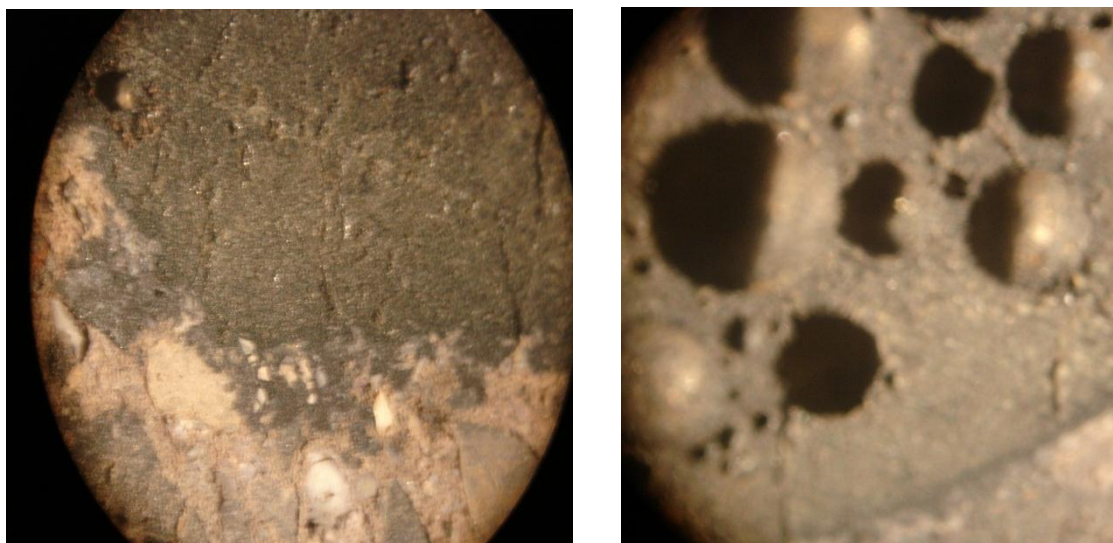


Figura 6. Probetas atacadas con cenizas de afino de cobre, y pellet de óxido (Izq.)-Interfase refractario escoria (der.) .Foto en lupa con aumento 4X.Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de materiales U.N.Ju.

3.3 Tamaño de grano

En lo que refiere al tamaño de grano, los resultados se observan en la tabla 5, para ambos ladrillos son valores muy pequeños.

Tabla 5. Tamaño de grano.

Tamaño de grano						
Corte Delgado	Refractario +Escoria gris + Pellet de óxido (mm)	Refractario+ Cenizas de afino de cobre (mm)	Refractario+ Escoria Gris (mm)	Refractario+ Pellet de óxido (mm)	Promedio (mm)	Desviación estándar
1-L24	0,08	0,073	0,062	0,062	0,07	0,01
2-L25	0,06	0,053	0,11	0,08	0,08	0,03

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

Ambos ladrillos se clasifican como de alta alúmina, esto se ve claramente reflejado en los ensayos de DRX y FRX.

De los índices de penetración calculados, se observa que las cenizas de afino de cobre fueron las que mayor grado de ataque tuvieron sobre el material refractario a la temperatura

1150°C, se recomienda por esto un análisis en el que se aprecie la composición química de las escorias, como también una microscopía electrónica (de la zona reaccionada) a fin de comprender con mayor claridad los resultados arrojados al momento.

Finalmente se puede afirmar que; el material ensayado posee una buena resistencia mecánica y alta capacidad de carga debido a su baja porosidad; por lo que es recomendable para solicitaciones del tipo mecánicas rigurosas (presión, tracción, vibración, etc), y no así para ser usado como material aislante o resistente al choque térmico (Verdeja, 2008) [3].

5. Referencias

- [1] IRAM Argentina (1990). *Materiales Refractarios, ladrillos refractarios sílicoaluminosos, semisílice y de alta alúmina*. Designación 12508.
- [2] IRAM Argentina (1949). *Ladrillos Refractarios, Métodos de designación de pesos específicos, porosidad y absorción en agua*. Designación 12510.
- [3] VERDEJA, L.; SANCHO, J.; BALLESTER, A (2008). *Materiales Refractarios y Cerámicos*. Proyecto Editorial Bibliotecas Químicas. Síntesis S.A. Madrid. P.168-169.

Tecnología de la Información y Comunicación





III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

INSERCIÓN DE TICS EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Alicia Mon, Universidad Nacional de La Matanza, alicialmon@gmail.com

Claudio Figuerola, Universidad Nacional de La Matanza, claudio.figueroa@gmail.com

Eduardo De María, Universidad Nacional de La Matanza, demaria.edu@gmail.com

Horacio Del Giorgio, Universidad Nacional de La Matanza, hdelgiorgio@unlam.edu.ar

Matías Querel, Universidad Nacional de La Matanza, matias.querel@gmail.com

Resumen— Las Tecnologías de la información y la Comunicación (TICs) favorecen el desarrollo y la innovación en los diferentes sectores productivos y de servicios. Su incorporación en la industria, tiende a facilitar un reordenamiento de los procesos productivos, de logística y distribución, así como el control sobre las cadenas de valor y comercialización, generando un mayor nivel de valor agregado sobre el producto final.

Ante esta situación, una forma de mejorar la competitividad que posee la industria es mediante la incorporación de tecnologías innovadoras. Sin embargo, la innovación tecnológica es un proceso que requiere de un conocimiento acerca de las tecnologías existentes, analizar su impacto y definir con precisión las necesidades y posibilidades de desarrollos tecnológicos que agreguen valor en diferentes procesos o áreas específicas.

El presente artículo expone los resultados parciales de una investigación que se está desarrollando en la Universidad Nacional de La Matanza que propone analizar las TICs instaladas en los diferentes sectores industriales a partir de una tipificación y agrupamiento por Área de Negocio diferenciándolas en función del equipamiento, la infraestructura de redes y comunicaciones así como de productos software que utilizan. A partir de este análisis se podrá definir un conjunto de indicadores que permitan la medición de la inserción de TICs en la industria para establecer estrategias de mejoras de la productividad e innovación.

Palabras clave— *Inserción de TICs, Innovación Tecnológica, Desarrollo Industrial.*

1. Introducción

El desarrollo de ventajas competitivas, no sólo de las empresas, sino también de otros sectores, regiones y países depende en gran medida de la posibilidad de generar y desarrollar innovaciones. Fue Schumpeter [1] quien asoció primeramente el desarrollo económico a la aparición y difusión de innovaciones, principalmente tecnológicas, a través de lo que denominó procesos de “destrucción creativa”.

Por otra parte, Carlota Pérez [2] asegura que la mejora continua y la innovación están reemplazando a la práctica anterior de rutinas estables y cambio planificado. Noción como la de “capital humano” y el poder creador de valor del conocimiento y la experiencia están desplazando a la visión del personal como “recurso humano”. Aunque todavía hay resistencia ante algunos de estos cambios, ningún otro ha estado tan sujeto a debate y a posturas extremas

como el proceso de globalización. También menciona que la penetración de los mercados globales es consecuencia directa de la aplicación y el aprovechamiento de todas las ventajas del potencial y las características de las TICs. Ahora es posible alcanzar niveles más altos de productividad con organizaciones en red que abarcan el globo. La infraestructura de Internet, con sus satélites y cables de fibra óptica transoceánicos, hace posibles las comunicaciones fluidas e instantáneas a todo lo ancho y largo del mundo y permite evaluar al planeta entero en términos de ventajas comparativas.

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) impacta directamente en la estimulación de la productividad industrial y ofrece un considerable potencial para el crecimiento de las industrias [3]. Sin embargo, poner en acción dicho potencial depende crucialmente de la realización de profundos cambios en la estructura productiva, reorganización de los negocios, desarrollo de capital humano y las estrategias de promoción de las políticas públicas. Estas consideraciones son válidas no solamente para los países en desarrollo sino también para los países más avanzados.

Las TICs aportan valor a la producción y en la competitividad, al tiempo que constituyen uno de los factores intangibles que plantean mayor dificultad en su gestión. Cada actividad industrial generadora de valor, contiene algún tipo o nivel de tecnología. La incorporación de TICs tiende a facilitar un reordenamiento de los procesos productivos, de logística y distribución, así como el control sobre las cadenas de comercialización, generando un mayor valor agregado sobre el producto final.

Según Lester y Thuang [4], existen por lo menos cuatro factores que motivan a las PyMEs a invertir en TICs:

- Los ahorros en costos y los beneficios percibidos de generación de ingresos.
- La presión externa de competidores, clientes o proveedores.
- La disposición o preparación de la organización.
- La facilidad de uso percibida.

También indican los mismos autores que es esencial que las TICs sean consideradas no tanto como un instrumento funcional, sino más bien como una capacidad estratégica de la empresa que puede traducirse en una ventaja competitiva.

Por otra parte, Kotelnikov [5] sostiene que se pueden obtener los siguientes beneficios a través del uso de TICs en las empresas, y los presenta a partir de la Matriz de la Cadena de Valor de Porter, del siguiente modo:

- Infraestructura de la Empresa: Mejores prácticas de contabilidad y gestión financiera, mejora de la comunicación entre los diferentes departamentos a través de una Red Interna (Intranet), una mejor comprensión de las tendencias comerciales y los precios de mercado a través de un acceso más fácil a la información, uso de modelos para mejorar las capacidades de planificación de negocios.
- Gestión de Recursos Humanos: Facilidad del entrenamiento del personal, a través de herramientas de e-learning.
- Desarrollo de Tecnología: Disminución de los costos, al hacer más eficientes los procesos, disminución en las pérdidas de material y productos terminados, mayor facilidad para el análisis financiero, entre otras aplicaciones.
- Compras: Mejoramiento de la comunicación en el interior de la empresa, y con clientes, proveedores, gobierno y otros aliados.

- Logística Interna: Comunicación más barata y más rápida con los proveedores a través de la gestión de la cadena de suministro.
- Operaciones: Mayor capacidad en los sistemas de gestión de inventario, software de planificación de recursos empresariales, programas de creación rápida de prototipos y fabricación.
- Logística Externa: Mayor facilidad para conectarse con las cadenas de suministro globales y las oportunidades de tercerización.
- Marketing y Ventas: Aumento de las ventas, a través del comercio electrónico, el marketing electrónico, las páginas Web, el posicionamiento en buscadores, entre otros.
- Servicios de Post Venta: Impacto positivo sobre la satisfacción de clientes y proveedores y su fidelidad, a través de aplicaciones que facilitan la relación y conocimiento de sus clientes y proveedores.

En lo que respecta a la Industria, el uso de estas tecnologías puede referirse a tareas específicas implicadas en la creación de un producto (tecnologías de producto), a tareas involucradas en el desarrollo de un proceso productivo (tecnologías de proceso), a las prácticas implicadas para la operación de las áreas funcionales de una unidad productiva (tecnologías de gestión), o bien a las prácticas realizadas para garantizar la correcta apropiación de las competencias requeridas para hacer uso de los bienes y/o servicios por parte de consumidores y usuarios (tecnologías de uso) [6].

Sin embargo, la incorporación de tecnologías requiere de la definición de estrategias basadas en el conocimiento de un conjunto de instrumentos que permitan la gestión de los recursos tecnológicos y la incorporación de nuevos desarrollos que agreguen valor y formen recursos, mejorando los niveles de empleo y valorización del capital.

En este sentido, la industria del software en Argentina ha generado un crecimiento sustancial en sus volúmenes de producción de aplicaciones. Sin embargo, las soluciones tecnológicas han sido focalizadas hacia los servicios financieros, destinando más de un 50% del desarrollo de productos software, en tanto que los sectores industriales solo demandan un 9% del total del software desarrollado¹.

El sector industrial en Argentina no es demandante del desarrollo de nuevas tecnologías de la información, y es en ese sentido que no basa la mejora de la competitividad en la incorporación de TICs en sus procesos productivos, comerciales o de gestión.

En este contexto, la investigación que se expone en el presente artículo, se propone analizar la inserción de TICs en la industria a fin de generar instrumentos de medición que permitan evaluar el valor agregado que aportan las TICs en este sector. Una vez definidos los instrumentos de evaluación de la inserción de estas tecnologías se propone medir su inserción efectiva en la industria radicada en el partido de La Matanza, uno de los conglomerados industriales más importantes de la Argentina.

Si bien existe diversa bibliografía sobre el desarrollo productivo y los desarrollos tecnológicos [7] [8] [9], no se ha encontrado aún una forma específica de medir los diferentes niveles de TICs y el impacto que generan en los niveles de productividad y en las estrategias de innovación requeridas por la industria.

¹Informe Observatorio Permanente de Software y Servicios Informáticos - OPSSI 2012 <http://www.cessi.org.ar/opssi>

2. Materiales y Métodos

El presente artículo expone los resultados preliminares de un Proyecto de investigación que se está desarrollando en la Universidad Nacional de La Matanza² con el objetivo de realizar un análisis de la inserción de TICs en la industria local.

Para la ejecución del Proyecto se han seleccionado un conjunto de métodos de investigación científica que se combinan en su aplicación para las diferentes etapas.

La metodología utilizada para la investigación sobre industrias del distrito de La Matanza se basa en la recopilación de datos disponibles en diferentes organismos gubernamentales, entidades que nuclea a los diversos sectores y bibliografía de referencia.

Se realizan además, entrevistas en profundidad a informantes clave con el objetivo de relevar datos cualitativos que faciliten el ordenamiento de la información recabada.

- La recopilación bibliográfica sobre desarrollo industrial permite elaborar una tipificación de industrias.
- La recopilación bibliográfica sobre TICs permite elaborar una tipificación de las tecnologías existentes, jerarquizarlas y sistematizar su análisis.
- La recopilación bibliográfica sobre procesos productivos permite elaborar una tipificación de áreas de procesos industriales.

Seguidamente, se elaborará una tipificación cruzada que permita evaluar los usos de TICs por industria y por área de proceso.

A partir del cruce de variables de tipos de TICs con tipos de industrias y procesos, se diseñará una forma de evaluar el nivel de tecnologías que tienen incorporadas las diversas industrias.

Se realizará un estudio de campo en las industrias del Partido de La Matanza, a partir del diseño de una muestra representativa.

El estudio se basará en una encuesta que releve la suficiente cantidad de datos para analizar los tipos de TICs implementadas en las diferentes industrias que permitirá:

- Validar la tipología de TICs
- Validar la tipificación de áreas de proceso industriales
- Validar el análisis de inserción de TICs en la industria

Finalmente, se diseñarán los instrumentos necesarios que permitan realizar el estudio en otras regiones con desarrollo industrial de similares características.

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis de la conformación industrial de La Matanza

El Partido de La Matanza se encuentra emplazado dentro de la Provincia de Buenos Aires en la región del Gran Buenos Aires, y cuenta con una población de 1.775.816 habitantes en una superficie de 32Km² según datos del Censo 2010 [10].

El distrito posee una variada actividad productiva, registrando unos 7.500 establecimientos productivos de diferentes sectores, en su mayoría PyMEs industriales, comerciales y/o

²Dicho Proyecto se está desarrollando en el marco de un Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica Orientados (PICTO) cuyo nombre es “Creación de un Observatorio de TIC’s en la Industria del Partido de La Matanza”

agrícolas. Su distribución sobre el territorio le permite extenderse dentro de los conocidos como los 3 cordones industriales del conurbano. En el primer cordón se encuentran radicadas la mayoría de las industrias del Distrito, siendo predominante la estructura en pequeñas y medianas empresas [10].

Teniendo en cuenta que el Gran Buenos Aires representa el 60% del PBI Industrial Argentino, en este caso, la actividad industrial en el Partido de La Matanza representa el 22% del PBI Industrial Provincial [11] Si bien geográfica y administrativamente es un municipio bonaerense, se lo reconoce como la 5ª provincia más importante del país debido a la cantidad de población y su actividad productiva en relación al PBI nacional.

El distrito se ha caracterizado por presentar en la última década un proceso de industrialización sustancial, que ha acompañado en gran medida la evolución del sector a nivel nacional.

De acuerdo a estas características, su actividad industrial genera gran impacto social y económico en el entramado industrial de la Provincia de Buenos Aires, convirtiéndose en un distrito estratégico para el estudio del sector productivo, sus principales actividades y el valor agregado que involucra.

La conformación industrial de La Matanza se caracteriza por registrar poco más de 4.000 establecimientos industriales de una gran diversidad de sectores que incluyen el metalúrgico, automotriz, calzado, textil, química, plástica, gráfica, etc. Sus formas de asociación incluyen un puñado de grandes empresas transnacionales, un gran conglomerado de PyMEs de capital nacional, cooperativas de trabajo y hasta fábricas recuperadas.

Según un estudio realizado en 2014 [11] el 42% de las empresas productivas que operan en La Matanza están representadas por la Industria Metalúrgica, siguiendo la industria Textil en segundo lugar y luego el Calzado, representando estas tres últimas el 64% del total de empresas según rama de actividad, tal como se presenta en el siguiente gráfico elaborado por los autores del estudio:

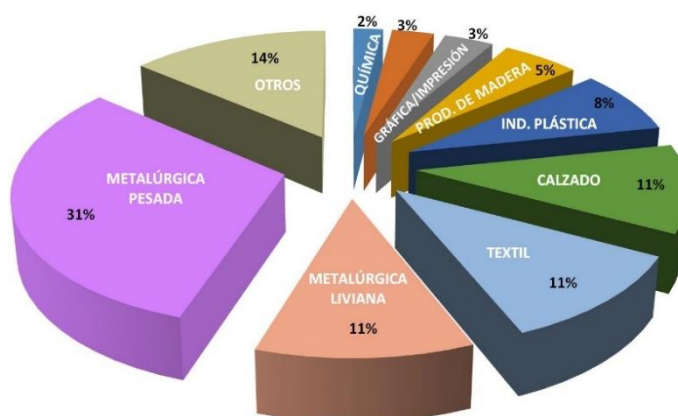


Figura 1. Distribución de Industrias por Tipo de Actividad

Fuente: Caracterización del perfil exportador de las pymes industriales del partido de La Matanza [11]

En la actualidad el desarrollo industrial sigue concentrado en el primer cordón del Distrito en zonas que históricamente eran el núcleo central industrial del Partido. Por lo que se puede observar más del 77% de los establecimientos están radicados en las ciudades de La Tablada,

Lomas del Mirador, San Justo y Ramos Mejía, en tanto que cerca del 20% está emplazado en el segundo cordón y solo el 3% de las industrias se localizan en el tercer cordón, quedando esta como una zona especialmente agrícola de pequeños productores.

3.2. Taxonomías

Como resultado parcial del primer año de proyecto, se han elaborado un conjunto de Tipologías ordenadas en base a diferentes taxonomías [12] que permiten analizar las áreas al interior de las industrias y las tecnologías insertas en cada área.

Con el objetivo de establecer el aporte de valor de las TICs en los diferentes procesos industriales, se ha establecido un ordenamiento que permita detectar el nivel de desarrollo tecnológico involucrado en cada área de una organización, según rama de actividad.

La estructura básica de la tipificación permite inicialmente distinguir dos Taxonomías.

La primera analiza las áreas de negocios, definiendo un conjunto de funciones básicas que se desarrollan al interior de una empresa, independientemente de la estructura específica que adopte cada organización, de la rama a la que pertenezca o del tamaño de la misma. Esta taxonomía permite detectar los sistemas involucrados en una organización que incluyen diversos tipos de TICs, en las funciones de Dirección, Compras, Ventas, Logística, Producción, Contabilidad y Finanzas y Recursos Humanos.

La segunda taxonomía diferencia las TICs en productos Software, en Equipamiento o Hardware, y en Comunicaciones o Infraestructura, entendiendo que existen diferentes niveles de desarrollo tecnológico en cada uno de estos tipos que agregan valor y facilitan el proceso de innovación tecnológica.

En la siguiente figura se presentan las dos tipificaciones:

Tabla 1. Taxonomías



Fuente: elaboración propia

El análisis en base a la Taxonomía de TICs diferencia a cada una de ellas por los tipos de productos que tienen implementados, evaluando su aporte en base al mayor nivel de desarrollo tecnológico que contenga y al valor que agregue a la productividad.

Cada grupo de producto TIC se analiza a partir de una diferenciación de tipos y su aplicación concreta ya sea para toda la organización o para alguna de las áreas en particular.

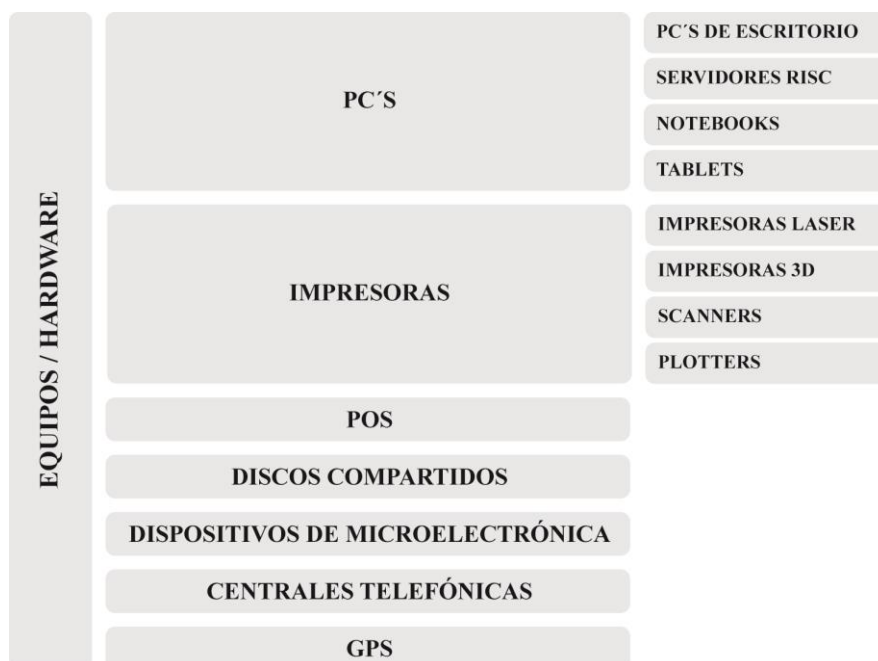
La diferenciación al interior de cada tipo se expone de manera sintética en las siguientes tablas:

Tabla 2. TICs (Productos Software).

SOFTWARE	WEB	SITIO
		INTRANET (SITIO INTERNO)
		TRANSACCIONAL
		PUBLICIDAD ON LINE
		BIG DATA
	HERRAMIENTAS DE OFICINA	
	COMUNICACIÓN Y COLABORACIÓN	VIDEO CONFERENCIA
		TELEFONÍA IP
		MENSAJERÍA INSTANTÁNEA
		EMAIL
		REDES SOCIALES
		SINCRONIZACIÓN DE ARCHIVOS
		APLICACIONES MÓVILES
	SISTEMAS DE GEOLOCALIZACIÓN	PARA DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA
		PARA PUBLICIDAD
	SISTEMAS DE GESTIÓN	ERP
		CRM
		ATENCIÓN DE RECLAMOS
		TABLERO DE CONTROL
		BUSINESS INTELLIGENCE
		LOGÍSTICA / ABASTECIMIENTO
		SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD
		RRHH
	SOFTWARE DE SIMULACIÓN	DISEÑO DE PRODUCTO
		OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS
		MONITOREO DE PROCESOS PRODUCTIVOS
		OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS COMERCIALES
	SISTEMAS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN	PROGRAMACIÓN Y PLANIFICACIÓN
		CONTROL
		CALIDAD
		INGENIERÍA DE PLANTA / MANTENIMIENTO
		SISTEMAS EN TIEMPO REAL
		SISTEMAS DE AGENTES Y MULTIAGENTES
	SOFTWARE DE SEGURIDAD	SEGURIDAD DE INFRAESTRUCTURA CRÍTICA
		SEGURIDAD DE INFORMACIÓN CRÍTICA
		SEGURIDAD FÍSICA
	DISEÑO DE PRODUCTO	DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA
		FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA

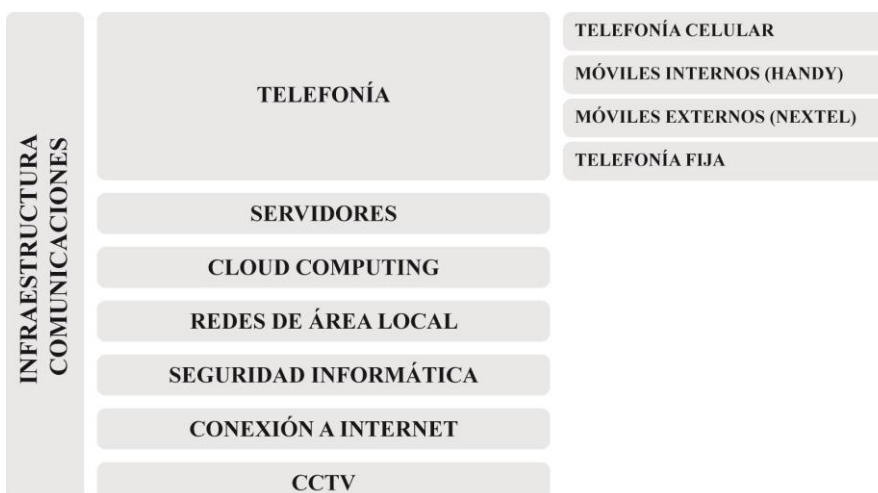
Fuente: elaboración propia

Tabla 3. TICs (Equipamiento/Hardware).



Fuente: elaboración propia

Tabla 4. TICs (Comunicaciones/Infraestructura).



Fuente: elaboración propia

Cada uno de los tipos de TICs aporta valor según el área de negocio en la que esté implementado. Esta lista de opciones es sólo indicativa. No pretende ser un listado exhaustivo y se encuentra en etapa de discusión.

Tal como ya se expresó, el objetivo es combinar las TICs en sus diferentes categorías para cruzarlas con las áreas de negocios propuestas en las taxonomías definidas para poder crear dos índices basados en estas agrupaciones.

Un Índice por Área o Función de Negocio, que evalúe los sistemas que se definen en cada una de las áreas de una organización y un Índice General por Tecnología, que evalúe la

organización de forma transversal en relación a las TICs que contenga, ya sea productos software, equipos o comunicaciones que utiliza.

A este análisis debe agregarse una siguiente evaluación en base a las formas de adquisición de software que tiene impacto directo en la innovación, según la misma se adquiriera a través de:

- Compra de productos enlatados
- Asimilación en un proceso de transferencia desde un organismo público o privado.
- Desarrollo propio
- Copia mediante ingeniería inversa

En la siguiente etapa del proyecto se terminarán de conformar las taxonomías definitivas y se crearán los instrumentos metodológicos de relevamiento y análisis para poder validar las tipologías con la medición de las mismas en la industria. Se espera que al finalizar el proyecto se pueda evaluar el nivel de desarrollo tecnológico de los sectores industriales del distrito productivo de La Matanza y definir las necesidades de investigación, desarrollo e innovación de TICs que tiene la región.

Los índices que se están desarrollando serán construidos a partir de información relevada mediante un estudio cualitativo de encuestas, en los establecimientos industriales definidos a partir de una muestra censal, determinada por rama y sector industrial en el distrito específico de La Matanza.

4. Conclusiones y recomendaciones

La incorporación de nuevas tecnologías en los sectores industriales requiere de un profundo conocimiento sobre la capacidad existente; es decir que, sin información relativa a las TICs instaladas y utilizadas en los diferentes procesos, no es posible definir estrategias de incorporación tecnológica para generar una reconversión en las cadenas de valor.

En el primer año del proyecto de investigación que aquí se expone, se ha analizado la conformación industrial del Partido de La Matanza y se han analizado los tipos de productos software y de TICs que se implementan en la industria en general, diferenciándolos según el valor agregado que aportan en los niveles de productividad e innovación.

En la siguiente etapa del proyecto se trabajarán en la definición de las taxonomías y se crearán los instrumentos de relevamiento y análisis de las tipologías para realizar la medición en el distrito industrial de La Matanza. Se espera que al finalizar el proyecto se pueda evaluar el nivel de desarrollo tecnológico de los sectores industriales en un distrito en particular y generar las bases metodológicas para su aplicación en diversas regiones industriales así como definir las necesidades y estrategias de investigación, desarrollo e innovación de TICs en los distintos sectores.

5. Referencias

- [1] SCHUMPETER, J.A. (1934). *Theory of Economic Development*. Cambridge, Harvard University Press. Estados Unidos.
- [2] PÉREZ, C. (2010). *Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales*. Revista Cepal N° 100. Disponible en: www.carlotaperez.org/downloads/pubs/RVE100Perez.pdf

- [3] MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA. (2009). *Libro Blanco de la Prospectiva TIC - Proyecto 2020*. Disponible en <http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/va1028.pdf>
- [4] LESTER, D.; THUHANG, T. (2008). *Information Technology Capabilities: Suggestions for SME Growth*. Institute of Behavioral and Applied Management. Middle Tennessee State University. Estados Unidos. Disponible en http://www.ibam.com/pubs/jbam/articles/vol10/No1/JBAM_10_1_4.pdf
- [5] KOTELNIKOV, V. (2007). *Small and Medium Enterprises and ICT*. United Nations Development Programme, Asia-Pacific Development Information Programme (UNDP-APDIP) and Asian and Pacific Training Centre for Information and Communication Technology for Development (APCICT). Disponible en <http://www.unapcict.org/ecohub/resources/small-and-medium-enterprises-and-ict>
- [6] ZUBIETA, R.; VILLADEAMIGO, J.; CIANCI, L. (2013): *El abordaje cuantitativo al nivel tecnológico de sectores industriales, su papel en una estrategia de desarrollo productivo*. PIUBAD – Programa Interdisciplinario para el desarrollo. Universidad de Buenos Aires. Disponible en http://www.uba.ar/archivos_secyt/image/SIMPOSIO%20VIII%20Presentaci%C3%B3n.pdf
- [7] CA' ZORZI, A. (2011). *Las TIC en el desarrollo de la PyME: Algunas experiencias de América Latina*. Disponible en http://www.oitcinterfor.org/livedrupal/sites/default/files/file_publicacion/tic_pyme.pdf
- [8] SAAVEDRA GARCÍA, M.; TAPIA SÁNCHEZ, B. (2013). El uso de las tecnologías de información y comunicación TIC en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) industriales mexicanas. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/823/82326270007.pdf>
- [9] YOGUEL, G.; NOVICK, M.; MILESI, D; ROITTER, S; BORELLO, J (2004). *Información y conocimiento: la difusión de las tecnologías de información y comunicación en la industria manufacturera argentina*. Disponible en <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/2/19412/lcg2220e-yoguel.pdf>
- [10] SECRETARÍA DE LA PRODUCCIÓN DE LA MATANZA. (2014). *Plan de Desarrollo Productivo Matanza 2020*. Disponible en <http://produccion.lamatanza.gov.ar/assets/files/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20PRODUCTIVO%20MATANZA%202020%20-%20Cuerpo%20Principal.pdf>
- [11] SERRA, D.; RODRÍGUEZ, S.; NOVELLINO, H.; BOYCHENKO, D.; PENNELLA, C.; INCAURGARAT, N. (2016). *Caracterización del perfil exportador de las pymes industriales del partido de La Matanza*. Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- [12] NOVICK, M; RITONDO, S. (2013). *El desafío de las TIC en Argentina. Crear capacidades para la generación de empleo*. CEPAL, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. 2013. Disponible en http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3009/S2013168_es.pdf?sequence=1



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Evaluación de Niveles de RNI según Resolución N° 3690/2004 CNC

Carlos Arturo Miranda, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carturomiranda@gmail.com

Alberto Daniel Valdez, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
dvaldez@exa.unne.edu.ar

Paola Luciana Schlesinger, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
pupelu@gmail.com

Juan Ángel Chiozza, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
condosz@hotmail.com

Carlos Víctor Miranda, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carlitos22@gmail.com

Resumen—El AFSCA (Autoridad Federal de Servicio Audio Visual) en la actualidad ENACOM (Ente Nacional de Comunicaciones) le solicita a la Empresa Transportadora de caudales Juncadella S.A. que posee instalaciones en la ciudad de Resistencia, Provincia del Chaco y opera con sus móviles a través de un servicio radioeléctrico de comunicación en la modalidad MEVHF la medición de los niveles de radiación no ionizante con el objetivo de verificar el cumplimiento de los valores establecidos en las resoluciones N°3690/2004 CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones) y N°202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. A partir de este requerimiento por parte de ENACOM la empresa transportadora le solicita a el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes, dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas, UNNE, realizar lo solicitado por el Ente Nacional de Comunicaciones, específicamente evaluar a partir de la medición de los niveles de señales irradiados y constatarlos con los máximos establecidos por resolución. El objetivo de este trabajo es realizar una descripción de cómo se desarrolló la tarea de medición, método utilizado, instrumento, rango de frecuencia, selección de los puntos de medida, informe técnico y conclusiones a las que se arribaron.

Palabras clave— No ionizantes, radiaciones, niveles máximos

1. Introducción

La actual ENACOM, anterior AFSCA y CNC, tiene entre otras misiones y funciones, la facultad de administrar, gestionar, monitorear y controlar los servicios y sistemas de telecomunicaciones de la República Argentina. Este Organismo es responsable a nivel nacional, de combinar los procedimientos administrativos, jurídicos, técnicos y económicos con el fin de lograr el funcionamiento eficaz y eficiente de los servicios de telecomunicaciones que se utilizan en el país, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente actualizada e incorporada a través de la Resolución N°3690/2004 de la CNC [1]. Las normas se originan a través del tiempo desde 1974, cuando la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) formó un grupo de trabajo para Radiaciones No Ionizantes, el cual ya comenzó a observar los problemas relacionados en el campo de la

protección contra los varios tipos de Radiaciones No Ionizantes (RNI). En el Congreso de la IRPA en París en 1977, este grupo de trabajo se convirtió en Comité Internacional para las Radiaciones No Ionizantes (INIRC) conjuntamente con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la IRPA/ INIRC [2] desarrolló documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del Programa de Criterios de Salud Ambiental de la OMS. Cada documento trata sobre las particularidades de las características físicas, mediciones e instrumentación, fuentes, y aplicaciones de las RNI, una revisión total de la literatura sobre los efectos biológicos y una evaluación de los riesgos a la salud provenientes de la exposición a las RNI. Creando así la base de datos científica para el subsiguiente desarrollo de los límites de exposición y los códigos de práctica relacionados a las RNI. En el Octavo Congreso Internacional de la IRPA (Montreal, Mayo 18-22, 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente la COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES (ICNIRP), como sucesora de la IRPA/ INIRC. Las funciones de la Comisión son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las mismas.

1.1. Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética es generada por la oscilación o aceleración de cargas eléctricas originando ondas que tienen componentes eléctricos y magnéticos. Estas ondas electromagnéticas cuentan con dos variables que interactúan entre sí: la frecuencia de sus oscilaciones y la longitud de las mismas. El conjunto de las ondas electromagnéticas da origen al espectro electromagnético, cuya extensión las abarca a todas. En orden creciente de frecuencia tenemos las ondas de radio, las microondas, las radiaciones infrarrojas, los rayos de luz visible, las radiaciones ultravioletas, los rayos X y los rayos gamma. Presentan como característica principal su propiedad relacionada a radiación no ionizante, para la banda desde radio hasta las ultravioletas bajas; y radiaciones ionizantes a las ultravioletas alta, rayos X y gamma. La radiación no ionizante engloba toda la radiación y campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para entregar a una molécula o un átomo y de esta forma alterar su estructura quitándole uno o más electrones. Las ondas electromagnéticas son ondas de fuerzas eléctricas y magnéticas, cuyo movimiento ondulatorio se define como propagación de perturbaciones en un sistema físico. Todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa. Estos fenómenos fueron descritos en 1863 por J.C. Maxwell [3], [4], [5] en cuatro ecuaciones que ahora se conocen como ecuaciones de Maxwell (1), que en su forma más general y diferencial se escriben:

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (1)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (4)$$

Los parámetros que intervienen en la formulación de las ecuaciones de Maxwell son los siguientes:

- D: Vector desplazamiento o densidad de flujo eléctrico
- E: Campo eléctrico
- B: Densidad de flujo magnético
- H: Campo magnético
- ρ : Densidad de carga eléctrica
- J: Densidad de corriente
- ϵ : Permitividad eléctrica
- μ : Permeabilidad magnética

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por un conjunto de parámetros que incluyen la frecuencia (f), la longitud de onda (λ), la intensidad del campo eléctrico (E), la intensidad del campo magnético (H), la polarización eléctrica P (dirección del campo E), la velocidad de propagación (C) y el vector de Poyting (S).

Estas ondas transportan energía y son generadas, en el espectro electromagnético, en la banda llamada radiofrecuencia, por dispositivos denominados antenas.

La región de campo radiado por una antena donde la distribución angular de campo es independiente de la distancia respecto de la antena es la denominada región de campo lejano. En ella el campo tiene el comportamiento de una onda plana, cuadratura espacial del campo eléctrico con el magnético y en fase temporal, transversal a la dirección de propagación como la representada en la Fig.1.

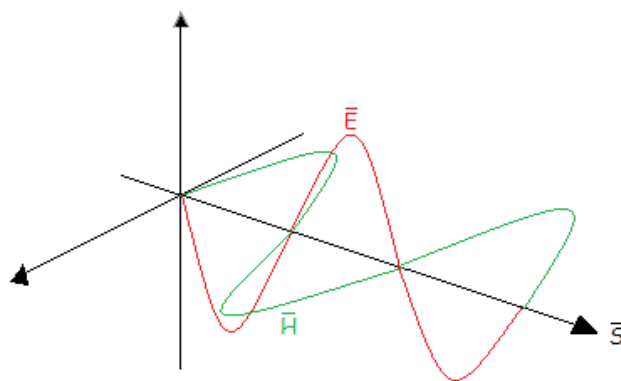


Figura N° 1 Representación de una onda plana

El campo electromagnético radiado por una antena puede dividirse en dos regiones: la zona de campo próximo denominado también Región de Fresnel y la zona de campo lejano o Región de Fraunhofer. Normalmente, el límite entre estas zonas viene dado por: $r = 2D^2 / \lambda$ donde D es la dimensión máxima de la antena. En la zona de campo próximo, la exposición ha de caracterizarse por los campos eléctrico y magnético. En la de campo lejano, es suficiente con uno de ellos, ya que ambos están relacionados entre sí por el vector densidad de potencia o Poyting $P = E \times H$ y la razón de los módulos de E y H que dan por resultado la impedancia intrínseca del medio (η). En la práctica, la situación de campo próximo suele darse a frecuencias inferiores a 300 MHz. Las unidades de medida de los campos electromagnéticos están formuladas en el Sistema Internacional de Unidades metro-kilogramo-segundo (MKS)

racionalizado como; campo eléctrico, volt/metro; campo magnético, amper/metro y vector de Poyting o Densidad de Potencia, watt/m².

2. Materiales y Métodos

El método de medición de Radiaciones No Ionizantes adoptado para dar cumplimiento a lo solicitado por el AFSCA a la Empresa titular de la licencia de la estación radioeléctrica de radiocomunicación fue el de INMISION, esta tiene por objeto el de obtener el nivel de pico máximo de la totalidad de las componentes de campo eléctrico a lo largo de una línea vertical que representa la altura del cuerpo humano ,2 metros promedio, en el punto de medición y registrándose a continuación el valor máximo de la trayectoria vertical.

El instrumento de medición acorde al método utilizado, fue una sonda, de banda ancha del tipo isotrópico, que entrega una respuesta independiente de la orientación de la misma, las características de la misma se detallan en la planilla donde se describen los datos técnicos.

El procedimiento de medición del nivel de radiaciones no ionizantes se realizó teniendo presente las recomendaciones de la Resolución 3690/2004 de la Comisión Nacional de Comunicaciones y de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UITK- 83 [6].Previo a la medición se llevó a cabo un relevamiento visual de la instalación radioeléctrica, ubicación, altura de la torre soporte, tipo de antena, características del transceptor (frecuencia, potencia).En un todo de acuerdo al protocolo se seleccionó los 16 puntos de medición, ampliándose a 21 debido al entorno urbano que rodea a la estación radioeléctrica y con una radiación del tipo omnidireccional, los mismos están indicados en las Figuras 2 y 3. Se tomó especial atención de realizar las medidas a una distancia mayor de 20 cm en puntos donde se observaba existencia de objetos conductores, portones de acceso a garaje, estructuras metálicas, etc. con el objeto de minimizar reflexiones y no obtener indicaciones erróneas .El servicio de comunicación operado por la empresa solicitante de las mediciones, Juncadella S.A., es del tipo Modalidad Exclusiva por Muy Alta Frecuencia (MEVHF) y es operado a requerimiento de la estación base ubicada en Avda.25 de Mayo 1.601, Resistencia ,Chaco, con las unidades móviles. Por ello al momento de realizar las mediciones se solicitaba la operación continua del transceptor base, dentro del régimen de operación máximo permitido, en cada punto previamente establecido para la medida de niveles irradiados por la estación.

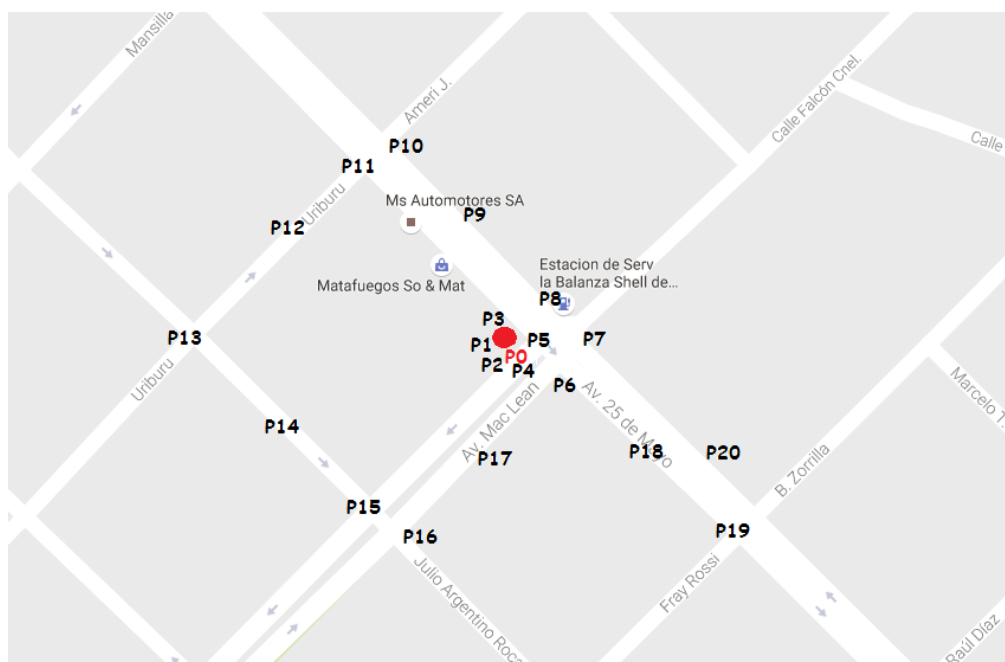


Figura 2. Croquis de ubicación de los puntos medidos. Fuente: Elaboración propia



Figura. 3 Mapa satelital de los puntos medidos
Fuente: Elaboración propia

2.1 Certificado de encomienda

A partir de la firma del Certificado de Encomienda entre el profesional y el titular de la estación radioeléctrica y registrado en el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) [7], documento que refleja el contrato por el cual un Comitente encarga la Representación Técnica a un Profesional Ingeniero para la realización de un servicio según las normas vigentes del ejercicio profesional, se comienza a desarrollar la tarea especificada como Medida de Radiaciones No Ionizantes de acuerdo a la Resolución 3690/2004 de la CNC.

2.2 Datos técnicos y administrativos del titular de la Estación Radioeléctrica

La tabla 1 que se da a continuación contienen los datos administrativos del titular de la estación radioeléctrica bajo estudio, como su ubicación geográfica para verificación de las autoridades contralores. Además se incluye la frecuencia de operación, como el tipo de antena y la estructura soporte de la misma y potencia de radiación por medio del parámetro denominado PIRE (potencia isotrópica radiada efectiva, se toma como referencia una fuente de radiación isotrópica) y PRA (potencia radiada aparente, se toma como referencia una antena dipolo de media longitud de onda).

TABLA 1.DATOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS TITULAR DE ESTACIÓN RADIOELÉCTRICA

ATOS ADMINISTRATIVOS DE LA AUTORIZACIÓN / LIC.	N° DE EXPEDIENTE: 8434-SC/87
	AUTORIZACIÓN – LICENCIA
	N° de Res. /Disp./Decreto PEN: 5236GI99
	Fecha de Res./ Disp./ Decreto: 15/11/1999
	Tipo de Servicio/Sistema: MEVHF
Datos del titular del sistema o servicio	
Apellidos y nombres/razón social	TRANSPORTADORA DE CAUDALES JUCADELLA S.A.
Número de CUIT	30-54696987-4
Datos de la estación	
Nombre o identificación de la estación	BASE
Domicilio, localidad, ruta o paraje, departamento y provincia	Av. 25 de Mayo N°1601 – Resistencia - Chaco
Coordenadas geográficas (grados / minutos / segundos)	27° 26' 16.7" S 59° 00' 02.9" O
Banda de frecuencia de operación o frecuencia de transmisión (MHz)	158,235 MHz
Señal distintiva	LSV891
Tipo de torre o estructura (torre, mástil o monoposte) (para mástiles irradiantes en estaciones de AM indicar N° de λ)	Mástil
Tipo de antena (Omnidireccional / direccional / sectorizada)	Tipo Ringo - Omnidireccional
Polarización	Vertical
Cantidad de irradiantes	1
Altura de la base de la torre o estructura hasta el punto más bajo de la antena (m)	40
Número de canales (antena omnidireccional) o máximo número de canales (antena sectorizada)	2
PIRE (W) por canal	200,50
PRA (W) por canal	122,20

2.3 Características de la sonda de medición.

En la tabla 2, se describen las características técnicas del instrumento utilizado para la medida de los niveles de radiación. Se destacan en las mismas el ancho de banda, 0,3 Hz a 50.000 MHz, apto para el método de medición adoptado (Inmisión), el error acotado en cada

medición y fecha de calibración. Como así también el tiempo de ejecución del trabajo. Se observa en la tabla que la columna prevista para Emisión no hay registrado ningún valor debido a que en la lectura y registro de los niveles de RNI no supero el máximo valor permitido por norma.

TABLA 2. CARACTERISTICAS DE LA SONDA DE MEDICIÓN

	INMISION	EMISIÓN
Tipo de Instrumento de Medición	Narda Broadband Field Meter Modelo NBM-550	-
Rango de Medida del Instrumento [en MHz]	0,3 a 50.000	-
Fecha de Calibración del Instrumento	18/08/2011	-
Entidad que expidió el Certificado	Narda Safety Test Solutions GmbH	-
Tipo de Sonda o Antena de Medición	Narda Probe ED5091, Shaped E-Field, INCIRP	-
Fecha de Calibración de la Sonda o la Antena	11/08/2011	-
Entidad que expidió el Certificado	Narda Safety Test Solutions GmbH	-
Error total de la medición (dB)	0.79	-
Fecha de la medición	19/09/2014	-
Hora de inicio	09:00	-
Hora de finalización	12:00	-

2.4 Ubicación de los puntos de medición seleccionados.

Los mismos están indicados en el croquis, Fig.2, y el mapa satelital, Fig.3, con el fin de permitir la realización de controles periódicos como lo establece el protocolo para la evaluación de radiaciones no ionizantes de la CNC.

3. Resultados y Discusión

Se observa en la Tabla 3 los puntos identificados con su numeración en el croquis y mapa satelital, a partir de la ubicación la distancia entre este y la estructura soporte antena, en la segunda columna, y en la tercera el ángulo azimutal que hay entre el norte magnético y la dirección radial formado por la antena y el punto de medida.

A continuación tenemos el registro de los valores de campo eléctrico radiado en volt por metro y medidos por medio del método de INMISIÓN, que consiste en la medida de los niveles con un instrumento de banda ancha (0,3 a 50.000 MHz). Estos valores medidos se utilizan para analizar los niveles emitidos por esta radioestacion.

Debido a que los valores medidos de campo eléctrico, en todos los puntos, no superan el 50% de los valores máximos establecidos en la Resolución N°3690/2004 CNC, Resolución N°202/95 Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, que corresponde para el servicio Modalidad Exclusiva Muy Alta Frecuencia, rango de frecuencia 10 a 400 MHz, un nivel de 27,5 V/m. Tabla N°2. no se procedió a medir por el método de EMISION (método que contempla los aportes individuales de cada una de las fuentes emisoras de radiaciones no ionizantes). Alternativa contemplada en los métodos de medición de RNI por la CNC.

TABLA 3. VALORES MEDIDOS

Punto	Distancia de la base [m]	Azimut (°)	Inmisión E [V/m]	Emisión [V/m]
1	10,00	87,39	1,531	-
2	6,00	95,34	2,289	-
3	1,00	128,17	1,965	-
4	4,00	92,93	2,068	-
5	17,01	136,64	1,515	-
6	43,17	132,87	1,286	-
7	59,83	100,49	0,743	-
8	32,18	61,95	1,169	-
9	43,16	355,88	2,409	-
10	79,34	335,39	3,325	-
11	104,89	315,27	1,748	-
12	118,53	290,19	2,554	-
13	155,62	269,09	1,050	-
14	115,57	242,53	0,669	-
15	113,34	218,21	1,328	-
16	106,23	199,51	1,597	-
17	50,04	168,57	0,975	-
18	99,26	130,83	1,095	-
19	147,3	133,33	1,424	-
20	124,34	119,61	1,043	-
21	109,80	67,31	0,805	-
22	143,24	61,35	1,111	-

Fuente: Elaboración propia

3.1 Conclusión y recomendaciones

En el análisis de los niveles medidos se observa que, el nivel máximo medido corresponde al punto identificado como 10, de 3,325 V/m, al mismo le corresponde un 12 % de 27,5 V/m del valor máximo permitido en la resolución N° 202-95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación y 3.690/2004 de la CNC. Estando los niveles de los demás puntos seleccionados para la medición, por debajo de los 3,325 V/m, se infiere que la radiación de la estación radioeléctrica de la empresa transportadora no contribuye con niveles significativos sumados a las señales existentes en la zona ya que el método adoptado de medición, Banda Ancha o Inmisión, determina la contribución total de señales.

TABLA 4: VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RNI - RESOLUCIÓN N° 202-95 M.S. Y A.S. [8]

Rango de frecuencia f (MHz)	Densidad de potencia Equivalente de onda plana S (mW/cm²)	Campo Eléctrico E (v/m)	Campo Magnético H (A/m)
0.3-1	20	275	0.73
-10	20/f ²	275/f	0.73/f
10-400	0.2	27.5	0.073
400-2000	f/2000	1.375 f ^{1/2}	-
2000-100000	1	61.4	-

La emisión de ondas electromagnéticas por todo dispositivo diseñado para tal fin (antenas) y servicio autorizado (emisoras de broadcasting, moduladas en amplitud o frecuencia, emisoras de televisión, enlaces radioeléctricos, telefonía celular, wi fi, etc.) preocupa en diversos sectores de la comunidad por los efectos que produce en la salud humana. Siendo mayor en entornos urbanos, donde la concentración de servicios es elevada. El cálculo previo al nivel es de un grado de complejidad dependiente de la topografía que rodea el la estación radioeléctrica, en cuanto a las mediciones posteriores a su instalación requieren de personal académico con actividad en las Unidades Académicas relacionadas a carreras afines y equipamiento específico (sondas de banda ancha, analizador de espectro, antenas de ancho de banda adecuadas). Esta actividad es desarrollada en la Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, por el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes, con recursos humanos pertenecientes al personal docente integrante de las asignaturas Propagación y Antenas, Electrónica II, Mediciones Electrónicas, Sistemas de Comunicaciones y con equipamiento adecuado.

Para poder hacer comparaciones en el tiempo de niveles de radiaciones no ionizantes y su tendencia, a partir de la instalación de nuevos servicios de radiocomunicación, es necesario poseer registros de los mismos de acuerdo a ordenanzas municipales vigentes [9],[10].

La tendencia actual sobre RNI continúa en dos líneas de investigación, la de los campos electromagnéticos interactuando sobre las personas y sus consecuencias para obtener una base sólida para su conclusión y acciones futuras y el monitoreo del espectro radioeléctrico por medio de medidores autónomos continuos.

4. Referencias

- [1] Resolución N° 3690/2004 Comisión Nacional de Comunicaciones (2004). *Protocolo para la medición de radiaciones no ionizantes*.
- [2] Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (CNIRP).1.998. *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)*.
- [3] RAMO S., WHINNERY J., T .VAN DUZER. (1974). *Campos y Ondas*.Cap.4pp.238-258 Cap.6 pp 332-339.Madrid
- [4] EDWARD C.JORDAN, KEITH BALMAIN, JOAQUIN GOMEZ BARQUERO. (1978) *Ondas Electromagnéticas y Sistemas Radiantes*.Cap.4 pp 124-130 Cap.5 pp. 138-206.Madrid.
- [5] VALENTINO TRAINOTTI, WALTER FANO. (2003). *Ingeniería Electromagnética*. Cap. 2 pp. 301-310
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones. UIT-TK 83. 2011. Procedimiento de evaluación para un sitio de medición. pag.5-12.
- [7] Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) Resolución N°4/1989
- [8] Resolución N° 202/1995.Ministerio de Salud y Acción Social (M.S yA.S.)
- [9] Ordenanza municipal 4600/2008 Municipalidad de la Ciudad de Corrientes.2008. *Normativa reguladora de instalación y control de infraestructura radioeléctrica*.
- [10] Ordenanza 10578/2000 Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe. 2000. *Reglamento para la instalación de estructuras de antenas para receptores y transmisores de radiofrecuencia y microondas y obras complementarias*



III CADI
IX CAEDI
2016



RECONOCIMIENTO DE OBJETOS Y ESTRUCTURAS SIMPLES EMPLEANDO FUSIÓN DE SENSORES VISIÓN ARTIFICIAL SOFTWARE LIBRE Y UNA PLATAFORMA DE ROBOT MÓVIL

Vazquez Raimundo Damian, U.T.N Facultad Regional Resistencia,
ray_vazquez_2005@hotmail.com

Burgos Alejandro, UTN Facultad Regional Resistencia, alexsbur@gmail.com

Fernández Martin, U.T.N Facultad Regional Resistencia, juanmartin_796@hotmail.com

Canali Luis Rafael, UTN Facultad Regional de Córdoba, Luis.canali@gmail.com

Resumen: Se implementa un procedimiento que facilita tareas de navegación de un robot. Las herramientas utilizadas para desarrollar las tareas de investigación fueron: un simulador, librerías de edición de video, dispositivos genéricos, sensores, actuadores, transceptores y un robot. El simulador permite ajustar el algoritmo de navegación guiada en un ambiente virtual, facilitando todo tipo de comunicación entre el software y el hardware. Los sensores utilizados son: de efecto Hall, detectores de objetos y cámaras de video. Los actuadores tienen como finalidad: accionar la apertura o cierre de puertas, controlar posiciones de una barrera móvil y automatizar un semáforo. Los transceptores se utilizan para comunicación entre dispositivos de control y un centro de comandos denominado observador. El observador es un software que tiene como finalidad fusionar los datos sensorísticos que permiten la toma de decisiones en tareas de navegación. También se implementa un algoritmo de seguimiento del robot articulado con la fusión de datos entre los sensores magnéticos y los datos provenientes del video, permitiendo corregir errores de odometría. Mediante la utilización de librerías de edición de video se logra detectar objetos simples mediante el empleo de un filtro de partículas. De esta manera los datos del filtro junto con los sensores de posición facilitan la detección de obstáculos y operarios, permitiendo evitar accidentes y hacer más segura las tareas de navegación.

Palabras clave: automatización, robot móvil, dispositivos genéricos, navegación autónoma.

1. Introducción

La teoría del control automático permite combinar diversas disciplinas como por ejemplo mecánica, informática y electrónica con la finalidad de diseñar y construir aplicaciones. La integración de la arquitectura de control con las funciones de un sistema de medida [1] permite evaluar tareas de fusión sensorial. Normalmente un único sensor cubre un rango espacial reducido y fusionando los datos de varios transductores se puede conseguir una cobertura mayor. Debido a que un sensor necesita un tiempo para obtener y transmitir una medida determinada, la fusión de manera eficiente de la información de varios sensores reduce su número.

Otro problema en el campo de la robótica es la incertidumbre. La incertidumbre depende del objeto que se está observando en vez del sensor. Se da cuando el sensor no puede medir todos los atributos relevantes para la percepción o cuando la observación es ambigua. Un único

sensor es incapaz de reducir la incertidumbre en su percepción debido a su visión limitada del objeto. Al fusionar la información se reduce el conjunto de interpretaciones de una determinada medida. Cuando medidas independientes de la misma propiedad se fusionan midiendo una cualidad determinada con dos o más tipos de sensores, el sistema se vuelve menos vulnerable a interferencias [2].

En el siguiente trabajo se implementa procedimientos de navegación en forma guiada utilizando dispositivos de comunicación articulados con transceptores para facilitar el envío de información a un centro de comandos denominado observador. El observador es un software que tiene como finalidad interpretar las señales enviadas permitiendo realizar tareas de navegación autónoma a una plataforma de robot móvil mediante la fusión de la información proveniente de sensores de posición, magnéticos y una cámara de video.

El siguiente trabajo tiene como objetivos de investigación implementar un procedimiento que permita validar algoritmos de control de robots, examinar programas de control automático o semiautónomo, reconocer objetos y estructuras simples empleando fusión de sensores articulado con visión artificial y software libre.

2. Materiales y Herramienta de Desarrollo

El dispositivo denominado RoMAA II fue desarrollado en el Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería [3], surge como respuesta a la necesidad de disponer de una plataforma sobre la cual ensayar y validar las investigaciones llevadas a cabo. Desde el inicio fue concebido con arquitectura abierta, pudiendo acceder a cada nivel jerárquico de su estructura para modificar o adaptar a los diferentes experimentos. La estructura es de tipo unicycle con dos ruedas motoras y una rueda castor atrás. Las dimensiones son adecuadas para ambientes interiores de laboratorio; con posibilidad de montar diferentes tipos de sensores, actuadores y cámaras de video de manera sencilla en la parte frontal. El robot móvil se complementa con las herramientas de desarrollo Stage-Player [4] y OpenCV [5].

Se pueden destacar en este tema, los siguientes trabajos de investigación de robot como por ejemplo los desarrollados por los investigadores Wu [6] y Lopez [7]. Los desarrollos planteados brindan múltiples plataformas de experimentación para los investigadores en las áreas de robótica y sus afines.

El programa denominado Player-Stage es un esfuerzo internacional en producir herramientas de software libre para investigación y desarrollo en el mundo de la robótica. Se utiliza el lenguaje de programación C++ en plataforma Linux GNU. La elección de la plataforma Player facilita la forma de gestionar los controladores de hardware y la comunicación. Posee un servidor de dispositivos y una pila de protocolo TCP/IP, además su estructura es multihilos. La lectura de sensores es transparente y contempla librerías oficiales en C y C++. Incluye drivers de los sensores, actuadores y robots comerciales como por ejemplo: Robots Pioneer, iRobot Roomba, Segway RMP y cámaras de video.

El Stage simula entornos virtuales con robots complementándose con el Player. Es decir, el Stage permite evaluar la eficiencia del algoritmo de navegación sin conectar la plataforma móvil en el ambiente real. El Stage dispone de muchos modelos de sensores y actuadores. El Player contiene el código fuente de las funciones encargadas de manejar y controlar el hardware del RoMAA II.

Un complemento indispensable del Player-Stage es la librería de visión artificial denominada OpenCV. Se lo utiliza desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Su licencia permite su uso en forma libre para propósitos comerciales o de investigación. El OpenCV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más

de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos, calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica. El proyecto encargado de desarrollar OpenCV pretende proporcionar un entorno fácil de utilizar y altamente eficiente.

Para realizar tareas de acondicionamiento de señales y transmisión de información entre los sensores y la notebook se emplea un dispositivo genérico denominado Student Full [8][9]. El núcleo del Student Full es un microcontrolador diseñado para realizar tareas de control y mediciones analógicas empleando un programa escrito en lenguaje C [10][11]. El software de control y comunicación entre dispositivos se obtiene a partir de un proyecto distribuido por la empresa encargada de comercializa microcontroladores PIC [12]. También proporciona un simulador de software y de hardware permitiendo implementar desarrollos tecnológicos como se muestra en la figura 1, invirtiendo un mínimo esfuerzo y requiriendo solo conocimientos elementales de programación y electrónica.

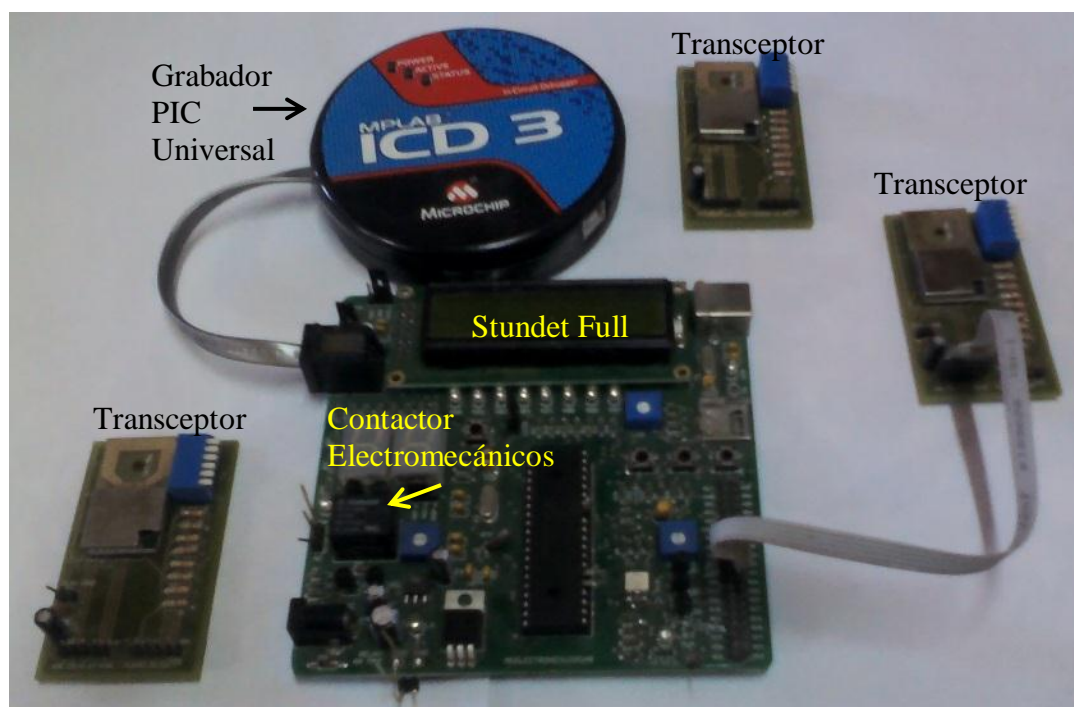


Figura 1. Dispositivo genérico Student Full, transceptores y un grabador PIC
Agregar Fuente: elaboración propia

Se utiliza un framework informático denominado QT. El mismo es un desarrollo para aplicaciones en C++ y otros lenguajes de programación. El QT no sólo incluye un conjunto de librerías y herramientas, si no también una IDE específica que facilita el trabajo sobre dicho framework. Se lo configura para manejar interrupciones en el puerto de comunicaciones USB, facilitando el envío y recepción de información inalámbrica a los dispositivos genéricos encargados de automatizar el sistema de control. Se realiza una fusión de datos proveniente de sensores al programa principal denominado observador. El mismo tiene acceso a la información del sistema por medio de las variables sensadas fusionadas con la información obtenida del filtro de partículas.

3. Hipótesis de trabajo

Es posible implementar un software encargado de controlar y automatizar un sistema electromecánico formado por: un robot móvil, una puerta automática, barrera móvil, un semáforo y un algoritmo de reconocimiento de figuras simples mediante técnicas de fusión de datos.

4. Metodología

La teoría del control automático estudia la estabilidad de los sistemas y proporciona una metodología que permite definir criterios de seguimientos. En la figura 2 se visualiza un modelo simplificado donde una plataforma móvil realiza tareas de navegación en un ambiente dinámico.

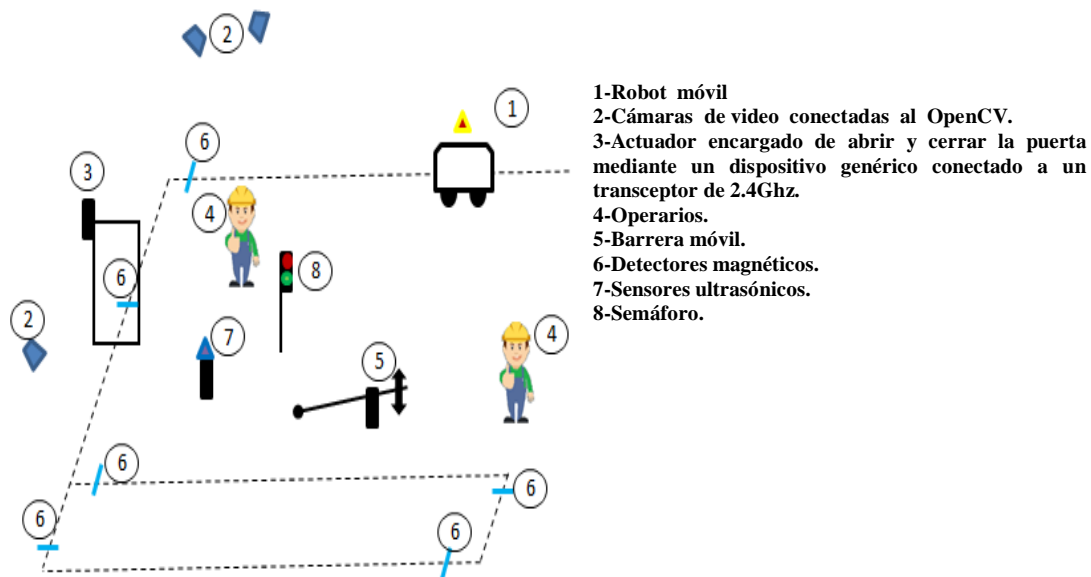


Figura 2. Modelo simplificado del sistema
Agregar Fuente: elaboración propia

El robot móvil es el encargado de realizar una trayectoria como muestra la línea de trazo. La plataforma tiene incorporada sensores magnéticos y de posición. El primero detecta marcas o guías en el suelo, el segundo detecta objetos ubicados delante del robot. Debido al error en el movimiento de traslación el robot no sigue las trayectorias rectas representadas por las líneas de trazo. Por consiguiente la navegación guiada se ve dificultada en tareas de traslación en las líneas de trazo en la figura 1.

Es posible lograr corregir dicho problema empleando un algoritmo de visión artificial encargado de seguir un objeto denominado filtro de partículas.

El filtro de partículas visualiza en todo momento el movimiento de un objeto en una imagen. En la figura 3 se observa las tareas de reconocimiento para visualizar un operario y un objeto esférico.

Se coloca una marca característica en la plataforma móvil, permitiendo detectar el robot según su ubicación y un eje de referencia.

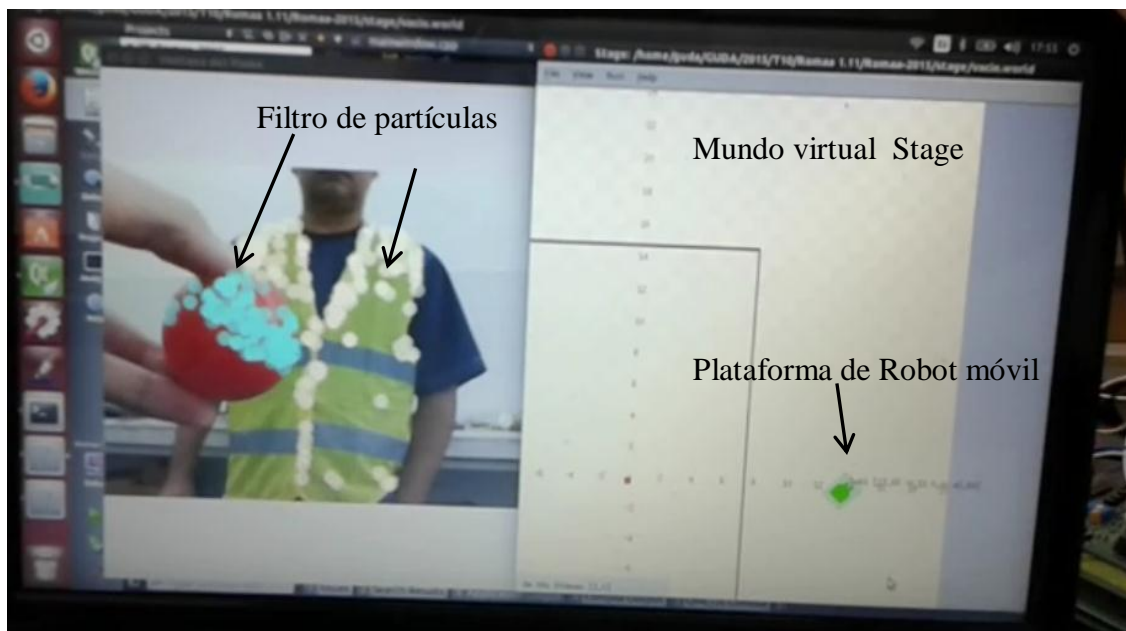


Figura 3. Algoritmo filtro de partículas
Agregar Fuente: elaboración propia

El algoritmo de seguimiento detecta diferentes objetos en movimiento y es robusto ante presencia de oclusiones momentáneas. Por ese motivo es ideal en tareas de detección en la traslación de la plataforma móvil.

5. Procedimiento para realizar la navegación guiada

El algoritmo descrito anteriormente puede detectar operarios y objetos en movimiento. Se utiliza visión artificial para detectar un cuerpo específico y su posición.

Se utiliza un chaleco fosforescente en una primera fase de prueba. El código fuente encargado de realizar las tareas de detección se obtuvieron de las librerías del OpenCV. Luego se articula el algoritmo de seguimiento con las funciones de detección como se muestra en la figura 4.

El procesamiento del video en la detección del círculo rojo separado del eje de referencia se ejecuta concurrentemente con el programa de control principal mediante hilos e interrupciones. Así, se evita que el procesamiento de video aumente el tiempo de respuesta a los eventos externos, tanto de sensores como de la cámara. De esta manera el sistema queda configurado para detectar una marca especial en la plataforma móvil y corregir su trayectoria utilizando como referencia una línea de trazo en la imagen capturada en las cámaras de video.

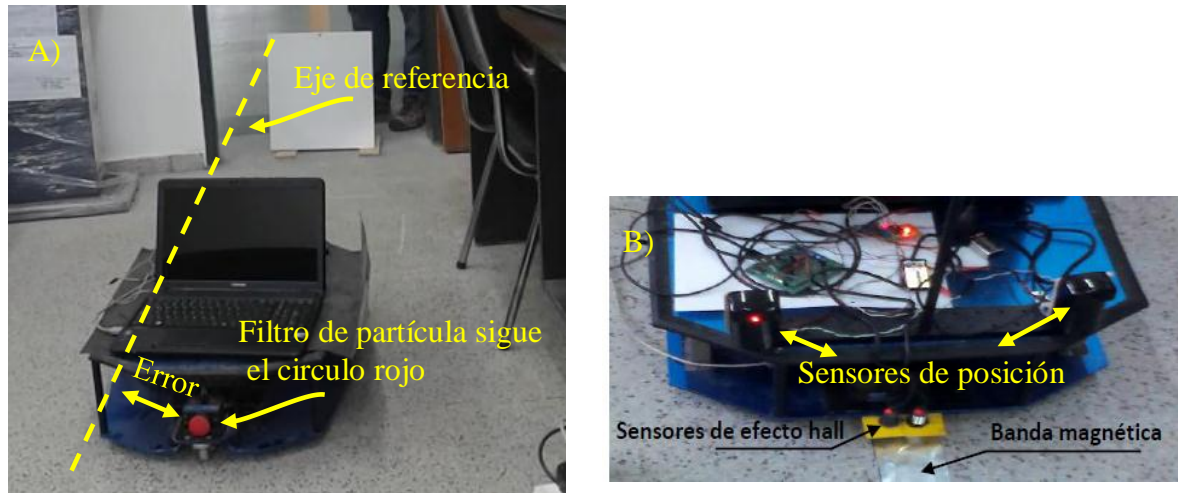


Figura 4. A) Filtro de partículas y B) marcas magnéticas
Agregar Fuente: elaboración propia

6. Resultados y Discusión

El programa denominado observador permite fusionar información enviada por sensores distribuidos en diferentes lugares de la instalación. Los sensores al igual que la plataforma móvil están interconectados en forma inalámbrica mediante un transceptor de 2.4 Ghz. Cada uno de ellos tiene un identificador que permite enviar y recibir información al programa denominado observador.

El sensor ultrasónico permite detectar objetos encontrados en un rango no mayor a tres metros. La barrera móvil tiene la finalidad de detener la circulación del robot cuando por ejemplo los sensores ultrasónicos detectan movimiento del operario en la trayectoria del robot.

El semáforo avisa de situaciones de peligro según corresponda al observador. De esta manera se facilita las tareas de navegación del robot en un ambiente dinámico, debido a que los errores de odometría son corregidos por la implementación del filtro de partículas.

Si existiese peligro de accidente por parte del operario el algoritmo de control puede detectar el color del chaleco y detener el robot. En esa condición el observador envía la orden de a un dispositivo genérico para accionar un relé que comanda las lámparas del semáforo.

También se puede dar el caso donde la puerta este cerrada y obstruya las trayectorias del robot. En ese caso la plataforma móvil detecta obstrucción y manda la orden al observador para abrir la puerta mediante un accionamiento a distancia.

También es posible de accionar dispositivos de potencia como por ejemplo: motores, luces y alarmas.

7. Conclusiones

Se implementó un procedimiento que facilitó las tareas de navegación de un robot. Las herramientas utilizadas para desarrollo de investigación fueron: un simulador, librerías de edición de video, dispositivos genéricos, sensores, actuadores, transeptores y un robot. El simulador permite ajustar el algoritmo de navegación guiada en un ambiente virtual, facilitando todo tipo de comunicación entre el software y el hardware. Los sensores utilizados fueron: de efecto Hall, detectores de objetos y cámaras de video. Los actuadores tenían como finalidad: accionar la apertura o cierre de puertas, controlar posiciones de una barrera móvil y automatizar un semáforo. Los transeptores se utilizaron para comunicación entre dispositivos de control y un centro de comandos denominado observador. El observador es un software que fue desarrollado con la finalidad fusionar los datos sensorísticos que permitieron la toma de decisiones en tareas de navegación. También se implementaron un algoritmo de seguimiento del robot articulado con la fusión de datos entre los sensores magnéticos y los datos provenientes del video, permitiendo corregir errores de odometría. Mediante la utilización de librerías de edición de video se logró detectar objetos simples mediante el empleo de un filtro de partículas. De esta manera los datos del filtro junto con los sensores de posición facilitan la detección de obstáculos y operarios, permitiendo evitar accidentes y hacer más segura las tareas de navegación.

8. Referencias

- [1] Garcia, A., Antón Álvarez, C.,:
Instrumentación Electrónica. Editorial Thomson. Cap 1. pp 10. España. Madrid 2011.
- [2] Baturone, A.,:
Robótica Manipuladores y Robot Móviles. Editorial Marcombo. Cap 1. pp 6.
Tercera edición. España 2010. Madrid.
- [3] <http://ciiii.frc.utn.edu.ar/Robotica/RobotsRoboticaWeb>
- [4] www.playerstage.sourceforge.net/
- [5] www.es.wikipedia.org/wiki/OpenCV
- [6] L. Wu, S. L. Oviatt, P. R. Cohen, "Multimodal Integration - A Statical View" IEEE Transactions on Multimedia, Vol 1, Num. 4, pp 334-341, 1999.
- [7] I. López-Juárez, M. Howarth. Learning Manipulative Skill with ART. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'2000), Takamatsu, Japan, Vol 1, pp 578-583 ISBN 0-7803-6351-5.
- [8] Saravia, B., Coria J., Fiadino, G., Arroldi A.,: MPlab X y Técnicas de Programación en Librerías de Microchip. Editorial MC electronic. Cap 24. pp 313. Primera Edición 2010. Buenos Aires. Argentina.
- [9] Palacio, E., Remiro, F., López L. Microcontrolador PIC 16F84 Desarrollo de proyectos. Editorial Alfaomega-RaMA. Cap 3. pp 21. Segunda Edición. Buenos aires. Argentina.
- [10] Saravia, B., Coria J., Fiadino, G., Arroldi A.,: MPlab X y Técnicas de Programación en Librerías de Microchip. Editorial MC electronic. Cap 24. pp 313. Primera Edición 2010. Buenos Aires. Argentina.
- [11] Palacio, E., Remiro, F., López L. Microcontrolador PIC 16F84 Desarrollo de proyectos. Editorial Alfaomega-RaMA. Cap 3. pp 21. Segunda Edición. Buenos aires. Argentina.
- [12] <http://www.microchip.com/>

¿Pueden aplicarse las herramientas de evaluación web a la evaluación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje?

Sandobal Verón, Valeria C., Facultad Regional Resistencia - UTN,

vsandobal@frre.utn.edu.ar

Cernadas, María A Facultad Regional Resistencia - UTN, ma_cernadas@hotmail.com

Cuenca Pletsch, Liliana R., Facultad Regional Resistencia - UTN, cplr@frre.utn.edu.ar

Maurel, María del C., Facultad Regional Resistencia - UTN, mmaurel_38@yahoo.com.ar

Resumen— En el presente artículo se presentará un análisis de las herramientas disponibles para la evaluación de calidad de sistemas web y su aplicabilidad a la evaluación del Repositorio de Objetos de Aprendizaje (ROA). Este trabajo se realiza en el marco del proyecto “Evaluación del ROA de la Facultad Regional Resistencia (FRRe)”, el cual es continuación del proyecto iniciado en el año 2013 “Modelización y desarrollo de un ROA para la gestión del conocimiento en la UTN-FRRe”.

Para la evaluación de ROA surge la necesidad de evaluar la calidad desde el objeto de aprendizaje (OA) hasta llegar a considerar el repositorio como un todo. En este sentido, existen iniciativas de evaluación de OA que requieren considerar-características disímiles entre sí como son el diseño pedagógico y aquellas donde prima lo tecnológico. Desde lo tecnológico se considera al OA como un producto de software por lo cual podrían evaluarse mediante estándares existentes, como la ISO 9000 y las normas específicas de ingeniería. Desde el diseño pedagógico se presenta una propuesta de evaluación propia acorde a los lineamientos de la institución sobre el concepto de OA. A nivel de repositorio se analizan diferentes propuestas que van desde indicadores cibernéticos y guías de evaluación como la propuesta de RECOLECTA, hasta modelos que permiten a los administradores de los repositorio obtener medidas de rendimiento y calidad.

Palabras clave— *evaluación, aplicaciones web, objeto de aprendizaje, repositorios de objetos de aprendizaje.*

1. Introducción

En los últimos años se han incrementado notablemente los esfuerzos de investigación en el desarrollo de estrategias que mejoren la calidad de la educación, a través de las posibilidades que brindan las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Cada vez más instituciones incorporan herramientas informáticas que colaboran en las diferentes estrategias educativas, ya sea porque tienen como propósito final ofrecer cursos no presenciales o semipresenciales o como complemento a la formación presencial. Tal como se afirma en [1], la incorporación de TIC en la educación se presenta en diferentes formas: simuladores, cursos de formación de cualquier área del conocimiento desarrollados en un

entorno virtual, aplicativos multimedia que representan un conocimiento y su propósito es facilitar el autoaprendizaje por parte del usuario, tutoriales que pretenden simular al maestro y fomentar el autoaprendizaje, documentos interactivos en los que la interacción hace referencia a la consulta de hipertextos y a un sistema de navegación que facilita el acceso a los contenidos. Los estándares para el desarrollo del e-learning marcan la pauta para crear sistemas que integren aplicaciones para los procesos de enseñanza y aprendizaje en línea, en las que los contenidos puedan ser reutilizados y compartidos, entre personas y entre sistemas. A estos contenidos se denominan Objetos de Aprendizaje (OA) y con ellos se están formando bibliotecas de aplicaciones para el ámbito educativo, llamados Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA) [2]. La concepción original de los OA proponía una pieza de software interactivo con una estructura de tres componentes: un objetivo educativo, materiales instruccionales para cumplir con el objetivo, y una evaluación para identificar el nivel de progreso de los aprendices que usaron el objeto [3].

El objetivo fundamental de los OA es la reutilización de los contenidos y actividades orientadas al aprendizaje [1]. En el mismo trabajo se señala que algunos estudios, como los de Paur [4] y López [5], han constatado que la mayoría de los OA estudiados en sus investigaciones (disponibles en repositorios abiertos y tomados al azar), carecen de mecanismos apropiados para lograr una reutilización satisfactoria ya que un gran porcentaje completa muy pocos elementos de los metadatos que ofrece el estándar.

Lo que se busca en el proyecto al que refiere este trabajo, es establecer criterios de calidad contextualizados para evaluar el repositorio modelizado en un proyecto previo. Para poder llevar a cabo la evaluación de un Repositorio de Objetos de Aprendizaje resulta necesario comenzar a evaluar desde la unidad mínima del mismo, que en este caso estaría representado por los OA. En la actualidad se dispone de una gran variedad de herramientas que permiten evaluar los OA entre las que podemos mencionar a LORI [6], HEODAR [7] y MERLOT [8]. Sin embargo, de la FRRe, y específicamente desde el proyecto “Modelización y desarrollo de un Repositorio de Objetos de Aprendizaje para la gestión del conocimiento en la UTN FRRe”, finalizado en diciembre del año pasado, se propuso la evaluación de los OA adoptando la taxonomía propuesta por Álvarez Rodríguez y Muñoz Arteaga [9]. Esta evaluación considera los siguientes aspectos: Objetivos del aprendizaje, Contenidos (coherencia con los objetivos, basados en saberes previos, lenguaje claro y adecuado, ejemplificación, confiabilidad de la fuente de información), actividades (orientadas a los objetivos, autogestión del aprendizaje y retroalimentación), y Tecnológico (accesibilidad, usabilidad, reusabilidad y cumplimiento de estándares). Cada uno de los ítems antes enumerados es evaluado según sea Necesario, Deseado o No se aplica, para cada objeto de la taxonomía [10].

Si bien es cierto que existen estudios que establecen parámetros generales al respecto, es necesario repensar los mismos y adaptarlos a la realidad local e institucional. La principal motivación para la evaluación de un repositorio institucional se basa en su propósito final: dar servicios a usuarios de una comunidad designada (o comunidad destinataria) y, en este sentido, es a todas luces necesario evaluar la calidad del trabajo realizado. La construcción de un repositorio implica un largo proceso hasta alcanzar el nivel de satisfacción esperado, por lo que resulta necesario monitorear el avance o el progreso. Una vez alcanzado el nivel de satisfacción esperado por la comunidad designada se debería avanzar en la certificación de la calidad del Repositorio.

La evaluación que se propone del ROA se realizará teniendo en cuenta tres dimensiones: Organizacional, Formativa y Técnica. La primera está vinculada con la alineación del Repositorio a los objetivos institucionales. La segunda, está referida a la calidad de la formación on line ofrecida. La última está vinculada con la calidad de las plataformas, herramientas y objetos digitales puestos a disposición de la comunidad científica y académica.

2. Materiales y Métodos

Durante el relevamiento bibliográfico se ha detectado que la investigación sobre evaluación de calidad de los Repositorios Institucionales se encuentra en pleno desarrollo. Existen guías tales como: Stellenbosch University [11]; Barrueco Cruz et al [12]; Harvard Open Access Project[13], directrices OpenAIRE Plus 2013 [14], y rankings web para evaluar la calidad de los mismos. Asimismo, existen recomendaciones para la certificación de confiabilidad de repositorios digitales (CCSDS 652.0 M 1)[15]. Se considera relevante mencionar la Guía de Evaluación de Repositorios Institucionales de investigación, propuesta por Barrueco Cruz, que toma como referencia a OpenAIRE (Open Access Infrastructure for Research in Europe) basado en las directrices DRIVER donde se toman como referencia los siguientes aspectos: implementación del protocolo OAIPMH, obligatoriedad de la utilización de sets (agrupaciones) que definen las colecciones accesibles y lo relacionado a metadatos donde se establece como estándar el uso de Dublin Core. Esta guía cuenta con un conjunto de 53 criterios de evaluación tales como: visibilidad; políticas; aspectos legales; metadatos; interoperabilidad; logs y estadísticas; seguridad, autenticidad e integridad de datos. Cada uno de estos criterios cuentan con preguntas cuyas posibles respuestas son SI/NO. Además, en el caso de los metadatos se especifica si se consideran obligatorios o recomendados; y los criterios obligatorios para el protocolo OAI/PMH.

Otra posibilidad de Evaluación para Repositorios Institucionales lo presenta Cassella [16] que toma como base el Balance Score (BSC) propuesto Kaplan y Norton, el cual plantea evaluar la gestión del negocio a partir de cuatro perspectivas: la del cliente, financieros, los procesos internos y el crecimiento y aprendizaje. Realizando un paralelismo con los RI, la autora considera que el modelo de BSC puede contribuir a los administradores de RI evaluar los repositorios alineándolos con la misión y los objetivos de la institución. En este sentido propone tener en cuenta, para cada perspectiva, lo siguiente: *perspectiva del cliente*: basada en la interacción entre los investigadores (en los roles de autores y que depositan sus trabajos en el repositorios y los que buscan recursos) y el repositorio; *perspectiva de procesos internos*: se utilizan indicadores que muestran la cantidad de objetos depositados, el acceso a texto completo de los documentos/artículos almacenados en los RI, número de colecciones activas en el RI, etc; *perspectiva financiera*: se basa en la visión que las instituciones/empresas que financian el proyecto (si las hubiere) tienen sobre la implementación del repositorio. Si bien, el acceso es abierto en los repositorios institucionales, existe un costo relacionado con la puesta en marcha y el mantenimiento de los mismos. Estos costos pueden variar según los objetivos del repositorio. Otra posibilidad de evaluación es tomar los indicadores de naturaleza cibernética, donde se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones, según lo plantea Ordueña [17]: "El repositorio es una ventaja competitiva para la universidad, pero ésta no se provee con su mera implantación: se necesitan estrategias. Un repositorio no debería ser simplemente un depósito, sino una herramienta para mejorar la descripción, organización y recuperación de la herencia de la institución: se proporcionan servicios. Debe ser tan importante la producción de conocimiento como su difusión, impacto y uso, que son aspectos cuantificables y evaluables". Los indicadores propuestos por el autor se clasifican en las siguientes categorías: indicadores de tamaño, de mención, de uso, topológicos, formales, combinados; los cuales pueden aplicarse en diferentes niveles de análisis: nivel entidad o sede (repositorio), nivel de subdominio o subdirectorio (unidad) y nivel de fichero (artículo).

La propuesta realizada por Fushimi [18] hace un relevamiento de los avances actuales en el tema, mencionando 3 trabajos: el realizado por el grupo RECOLECTA [12], el propuesto por María Casella, y un tercer trabajo sobre evaluación de bibliotecas digitales de Ana Cabrera Facundo y Adrián Coutín Domínguez. Las autoras proponen la evaluación de los RI de acuerdo a 51 indicadores cualitativos y cuantitativos, agrupados en 9 categorías: visibilidad,

interoperabilidad, políticas, aspectos legales, comunidades, servicios y colecciones, metadatos, interfaz y presupuesto. Estos indicadores fueron contextualizados a los RI locales de Argentina. En el caso de Ramírez Céspedes [19] propone indicadores para la evaluación de las bibliotecas digitales, entre los cuales se puede mencionar: identidad que se refiere por ejemplo a la declaración de la misión y los objetivos para comprender la finalidad de los servicios y productos que ofrece; actualización donde se evalúa la fecha de actualización del sitio como así también del contenido; accesibilidad que sugiere facilitar la localización y consulta por todos los usuarios del sitio web, con independencia de las condiciones físicas y técnicas; arquitectura de la información en este caso se tienen en cuenta ítems relacionados con la presencia de un sistema de navegación global y empleo de rutas de navegación; servicios de información, se evalúa la presencia de interactividad, tiempo de respuesta y exactitud de la respuesta; colecciones relacionado con las políticas, alcance y formato de las colecciones, entre otras; contenido que tiene indicadores relacionados con la información sobre los autores como ser: adscripción, breve información del curriculum, cobertura, entre otros; diseño de la interfaz vinculado con cuestiones relacionadas con el aspecto físico o la ergonomía de la biblioteca digital; posicionamiento, se refiere al lugar que ocupa la biblioteca digital con respecto a otras bibliotecas; servicios de búsqueda y recuperación y usabilidad relacionado con un conjunto de técnicas empleadas para evaluar la facilidad de uso de un sistema de información digital.

El trabajo realizado por Bernal [20] se enfoca en la elaboración de estadísticas que permitan, según los mismos autores, realizar funciones de seguimiento interno y de promoción y divulgación externa. Proponen las estadísticas de tipo general como, por ejemplo: número de registros por comunidad, usuarios que depositan más registros, autores con mayor número de registros, tipo de registros, entre otros. Desde el punto de vista de estadísticas por centros toman número de registros depositados, número de visualizaciones de registros, número de descargas de registros, tipos de registros por centro.

Las guías, recomendaciones y propuestas se aplican específicamente a los Repositorios que almacenan los resultados de Investigación (artículos, Tesis, Libros). Si se desea aplicar a los ROA, deberían realizarse adaptaciones según el modelo y taxonomía adoptados en la Institución. Atento a que los OA implican objetivos de enseñanza y aprendizaje, su evaluación debe encararse como una tarea constante y, por lo tanto, debe realizarse durante las fases de Análisis y Obtención, Diseño y Desarrollo, con el fin de corregirlo y perfeccionarlo, así como durante su Gestión y Uso real por parte de los usuarios, para juzgar su eficacia y los resultados que con él se obtienen [1].

3. Resultados y Discusión

La comparación propuesta en el presente artículo estará enfocada en la evaluación de la dimensión organizacional y técnica. Es así, que en una primera instancia se realizó un relevamiento de metodologías, métodos y herramientas que puedan servir de guías para esta evaluación.

Comenzando con la dimensión técnica, podemos comparar las propuestas realizadas por la Guía Recoleta [14] (propuesta 1 de aquí en adelante), los Indicadores propuestos por Orduña-Malea [19] (propuesta 2) y el realizado por Fushimi, Genovés y otros [20] (propuesta 3).

Las propuestas 1 y 3 coinciden exactamente en el indicador de Visibilidad y específicamente en los criterios de “Mención del repositorio en la página principal de la institución”, “Presencia del RI en directorios y recolectores nacionales e internacionales”, “Difusión del RI en la propia institución” y “Existencia de una URL amigable”. En este aspecto de visibilidad también se verifica coincidencia con la propuesta 2 en lo referido a indicadores de mención y, más específicamente, en del análisis de enlaces.

La propuesta 1 y 2 coinciden exactamente en los aspectos relacionados con las políticas, los aspectos legales, interoperabilidad y metadatos.

Luego, entre las 3 propuestas se verifican coincidencias en los indicadores de logs y estadísticas (propuesta 1) con servicios y comunidades (propuesta 3) y a su vez con indicadores de uso y tamaño (propuesta 2).

Del análisis realizado sobre las propuestas antes mencionadas, se seleccionaron las siguientes características para la evaluación del ROA de la UTN-FRRe: visibilidad, políticas, aspectos legales, interoperabilidad, metadatos, estadísticas, interfaz y accesibilidad.

Como se muestra en Tabla 1, a cada una de estas características se asignó el valor respectivo y el nivel de prioridad requerido a cada ítem: Imprescindible (I), Recomendable (R) o Conveniente (C).

Tabla 1: Relación entre características, ítems, respuesta y prioridad

Característica	Ítem	Respuesta	Prioridad
Visibilidad	Existencia de enlace al ROA desde la página web inicial de la institución	SI/NO	I
	Presencia del ROA en directorios y recolectores nacionales e internacionales	SI/NO	I
	Difusión del ROA en la propia institución	SI/NO	I
	Al menos el 70% de los grupos de investigación publican sus artículos en el ROA institucional	SI/NO	R
	Al menos el 50% de las tesis y trabajos finales de posgrado se publican en el ROA institucional	SI/NO	R
	Al menos el 50% del material de grado/posgrado es publicado en el ROA institucional	SI/NO	C
	Al menos el 60% de los trabajos finales y tesinas de grado son publicados en el ROA institucional	SI/NO	C
Políticas	Declaración de la misión y objetivos del ROA desde su sitio web	SI/NO	C
	Disponibilidad de la política sobre el archivo en la web del RI	SI/NO	I
	Disponibilidad de la política sobre preservación de los contenidos en la web del ROA	SI/NO	R
	Disponibilidad de la política de acceso abierto en Argentina (Ley 26.899)	SI/NO	I
	Disponibilidad de la Ordenanza de creación del repositorio institucional	SI/NO	I
	Existe una oferta de contacto y asesoramiento visible	SI/NO	R
Aspectos Legales	Inclusión de información sobre propiedad intelectual para los autores	SI/NO	I
	Solicitud de autorización del autor/titular de derechos para la difusión de contenidos	SI/NO	I

	Existe documentación disponible que ayude al autor a decidir si puede o no archivar el documento (Sherpa Romero/Dulcinea)	SI/NO	I
Interoperabilidad	Se proveen los datos a través del protocolo OAI-PMH	SI/NO	I
	Uso de identificadores persistentes	SI/NO	R
	Uso de sets para la recolección selectiva de datos	SI/NO	C
	Relación con la plataforma Moodle	SI/NO	C
	Marcación temporal de registros eliminados	SI/NO	I
Metadatos	Se utiliza el formato de metadatos OAI-DC	SI/NO	I
	El campo tipo de publicación (dc:type) se asigna según los tipos de documentos especificados por el SNRD (Sistema Nacional de Repositorios Digitales de la República Argentina)	SI/NO	I
	El campo derecho de autor (dc:rights) se asigna según los tipos de derecho de autor especificados por el SNRD	SI/NO	I
	Se respeta el esquema de codificación definida por el SNRD para los campos de fecha (dc:date)	SI/NO	I
	Se respeta el esquema de codificación definida por el SNRD para los campos de derechos (dc:rights)	SI/NO	I
	Se respeta el esquema de codificación definida por el SNRD para los campos de idioma (dc:language)	SI/NO	I
	Uso de metadatos técnicos y/o de preservación	SI/NO	R
Estadísticas	Número de servicios de valor agregado	Valor	C
	Número de colecciones disponibles en el RI	Valor	I
	Tasa de crecimiento de las colecciones del RI	Valor	R
	Porcentaje de documentos a texto completo	Valor	I
	Total de ítems depositados en el año	Valor	I
	Total de ítems descargados por año	Valor	R
	Número de comunidades que depositan en el RI	Valor	C
	Porcentaje de miembros de la comunidad que depositan en el RI	Valor	C
	Promedio de ítems depositados por miembro de la comunidad	Valor	C

	Acceso público a estadísticas de uso del RI	Valor	I
Interfaz	Homogeneidad en el diseño del RI	SI/NO	I
	Presencia de versiones en otros idiomas	SI/NO	R
	Interfaz de búsqueda amigable	SI/NO	I
	Inclusión de ayudas para la búsqueda	SI/NO	I
Accesibilidad	Proporciona alternativas textuales para todo contenido no textual	SI/NO	R
	Proporciona alternativas para medios tempodependientes	SI/NO	R
	Proporciona acceso a toda la funcionalidad mediante el teclado	SI/NO	R
	Proporciona medios para ayudar a los usuarios a navegar, encontrar contenido y determinar dónde se encuentra	SI/NO	R
	Los contenidos textuales son legibles y comprensibles	SI/NO	R
	Las páginas web aparecen y operan de manera predecible	SI/NO	R
	Maximiza la compatibilidad con las aplicaciones de usuarios actuales y futuras, incluyendo las ayudas técnicas	SI/NO	R

En misma Tabla 1, se somborean con color las propuestas propias y sin color las propuestas por los autores analizados. En la mayoría de los ítems la evaluación se hace a través de respuestas por SI o por NO. Esto solo cambia en la característica de estadística donde se incluye un valor que servirá, también, para analizar el crecimiento del ROA.

A la característica de **Visibilidad** se le agregaron ítems porcentuales que permitan analizar la participación de los sectores de investigación y académica en la construcción del ROA. Los porcentuales son propuestas de mínima para cada uno de las áreas: investigación, grado y posgrado. Si bien, las producciones de investigación y posgrado no han sido calificadas como imprescindibles, se considera que son recomendables teniendo en cuenta que la Ley de Acceso Abierto en uno de sus artículos “obliga” a que los resultados de investigación y tesis de posgrados con estancias en esos grupos, sean publicados en acceso abierto cuando los recursos son fondos públicos. En el porcentaje propuesto se pretende excluir a los posgrados como las maestrías que no necesitan de estancias en grupos de investigación. Para el material de grado y posgrado se deja librado a la predisposición de los autores para el almacenamiento en el ROA, motivo por el cual se lo incluye como conveniente, porque forma parte de la producción de los docentes de la institución, pero no reviste obligatoriedad la publicación del mismo.

En el caso de la característica de **Políticas** se agregaron ítems relacionados con las políticas implementadas en Argentina, relacionadas con la Ley de Acceso Abierto y la Ordenanza por la cual se crea el Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica Nacional, considerando ambos aspectos como imprescindibles, teniendo en cuenta que debe ser conocido por toda la comunidad de la institución.

Asimismo, para **Interoperabilidad** se han tomado casi la totalidad los ítems propuestos por los autores, con el agregado de la vinculación con la plataforma Moodle. Esta idea de vinculación surgió en el proyecto de “Modelización y desarrollo de un ROA para la gestión del conocimiento en la UTN-FRRe”, y tiene como objetivo principal disminuir el trabajo realizado por docentes e investigadores que utilizan la plataforma de enseñanza para publicar sus archivos.

Para la característica **Metadatos**, se consideraron, específicamente, las recomendaciones realizadas por el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD), ~~propiedades~~ necesarias para cumplir con la Ley de Acceso Abierto y la Ordenanza específicamente de la UTN.

Las características de **Estadísticas** e **Interfaz** se han tomado todas las sugeridas por los autores analizados, considerando que son pertinentes para el caso del ROA de la FRRe.

En el caso de la característica de **Accesibilidad** se trabajó de acuerdo a las recomendaciones de la Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0, utilizadas también en el marco del proyecto de Modelización para la evaluación de la plataforma Moodle [21]. La WCAG establece pautas de accesibilidad para la Web 2.0, proponiendo niveles de orientación entre los que se encuentra: *principios* generales, *pautas* generales, *criterios de conformidad* verificables y una colección de *técnicas*. En el caso de la propuesta de criterios para la evaluación se tomaron en cuenta los cuatro principios, a saber: perceptible, operable, comprensible y robusto.

Para el caso de *perceptible*, que pretende que la información y los componentes de la interfaz de usuario sean presentados a los usuarios de modo que ellos puedan percibirlos; se seleccionaron las pautas:

- Alternativas textuales: Proporcionar alternativas textuales para todo contenido no textual de modo que se pueda convertir a otros formatos que las personas necesiten, tales como textos ampliados, braille, voz, símbolos o en un lenguaje más simple.
- Medios tempodependientes: Proporcionar alternativas para los medios tempodependientes (audio, video); por ejemplo, se proporcionan alternativas para acceder al contenido del audio; o en un video se incluye el lenguaje de señas.

El principio de *operable*, donde se busca que los componentes de interfaz de usuario y la navegación sean operables, se seleccionaron las pautas:

- Proporciona accesibilidad a todas las funciones mediante teclado.
- Navegable: Proporciona medios para ayudar a los usuarios a navegar, encontrar contenido y determinar dónde se encuentran.

En el caso del principio *comprensible*, que busca que la información y el manejo de interfaz usuario sean comprensibles, se escogieron las pautas:

- Legible: Hacer que los contenidos textuales resulten legibles y comprensibles; sólo el ítem idioma de la página.
- Predecible: Hacer que las páginas web aparezcan y operen de manera predecible; evaluando los ítems “al recibir el foco” y “al recibir entradas”.

El último principio de *robustez*, que busca que el contenido sea suficientemente robusto como para ser interpretado de forma fiable por una amplia variedad de aplicaciones de usuario, incluyendo las ayudas técnicas; cuenta con una sola pauta: que sea compatible. Se busca maximizar la compatibilidad con las aplicaciones de usuario actuales y futuras, incluyendo las ayudas técnicas.

Cabe aclarar, que para los principios se han seleccionado pautas que corresponden al Nivel A de conformidad. Este valor es el mínimo y se considera que la página web satisface todos los criterios de Conformidad de Nivel A, o proporciona una versión alternativa conforme. Los otros niveles son Nivel AA y Nivel AAA, que tienen mayores exigencias para el cumplimiento de las pautas.

Todas las características de accesibilidad se han incluido como recomendadas (R), teniendo en cuenta que desde la Facultad se viene trabajando en hacer a todas sus herramientas TIC accesibles, como medio para la inclusión de diferentes perfiles de alumnos.

4. Conclusiones y recomendaciones

De las guías/recomendaciones analizadas pudieron identificarse criterios que sirven de puntapié inicial para la evaluación del Repositorio de Objetos de Aprendizaje de la Facultad Regional Resistencia. Si bien, las herramientas relevadas tienen el objetivo particular de evaluar repositorios netamente de resultados de investigación, se pueden encontrar intersecciones que permitan tomar esos indicadores como parte de la evaluación propuesta. En dicha evaluación, se toman en cuenta las recomendaciones realizadas por el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD), incluyéndose de esta manera la Ley de Acceso Abierto que rige en la actualidad en Argentina.

Un punto importante a destacar es la inclusión de características relacionadas con la accesibilidad, que desde el grupo de investigación se han tenido en cuenta desde proyectos anteriores. Resultan útiles estos puntos de evaluación, teniendo en cuenta que son cada vez más los alumnos con capacidades diferentes, principalmente auditivas y visuales, que eligen y acceden a la oferta académica de nuestra facultad.

Si bien, la propuesta es del tipo evaluación manual, se pretende comparar estos criterios con los que pueda presentar una herramienta automática o semi-automática de evaluación. Se plantea la utilización, o adaptación, de herramientas disponibles en el Framework para la evaluación de la calidad del SW desarrolladas por el Grupo de Investigación en Ingeniería y Calidad de Software (GICS) de esta facultad, otros disponibles bajo la modalidad de software libre, o bien el desarrollo de Nuevas aplicaciones en caso de que fuese necesario.

5. Referencias

- [1] BIANCHI, G. S., SAENZ LÓPEZ, M. S., & ROSANIGO, Z. B. “*Objetos de Aprendizaje: análisis de la calidad*”. In XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
- [2] LOPEZ GUZMAN, C. (2005). “*Los repositorios de OA como soporte para los entornos de elearning*” (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. España).
- [3] BARRITT, C., & ALDERMAN Jr, F. L. (2004). “*Creating a reusable learning objects strategy: Leveraging information and learning in a knowledge economy*”. John Wiley & Sons.
- [4] Paur, A. (2008). “*Objetos de Aprendizaje-Factores que potencian su reusabilidad*”. Tesina de Master, presentada al Programa ERASMUS MUNDUS, EUROMIME. Master en Ingeniería en Medios para la Educación. Consorcio integrado por la Universidad Técnica de Lisboa (Portugal), Universidad Nacional de Educación a Distancia (España) y Universidad de Poitiers (Francia).
- [5] LÓPEZ, M. G., ESCALANTE, A. J. M., & ALONSO, S. S. (2007). “*Reusabilidad de los Objetos de Aprendizaje almacenados en Repositorios de Libre Acceso*”. In SPDECE.
- [6] LEACOCK, T. L., & NeESBIT, J. C. (2007). “*A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources*”. Educational Technology & Society, 10 (2), 4459.
- [7] MUÑOZ, C., CONDE, M. A., GARCÍA PEÑALVO, F. J. (2009). “*Learning Objects Quality: Moodle HEODAR Implementation*”. En Lecture Notes in Computer Science Volume 5736, pp 8897.
- [8] ORHUN, E. (2004). “*WebBased learning materials for higher education: the Merlot Repository*”. The Turkish Online Journal of Educational Technology. TOJET. ISSN: 1303-6521 volume 3 Issue 3 Article 10.

- [9] ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, F.J., MUÑOZ ARTEAGA, J. (2007). *"Fundamentos del enfoque de objetos de aprendizaje"*. Cap.I, pp 20 a 29. Ed. Universidad de Aguas Calientes. Libro electrónico disponible en: <http://ingsw.ccbas.uaa.mx/sitio/images/libro/>
- [10] CERNADAS, M. A., CUENCA PLETSCH, L. R., SANDOBAL VERÓN, V. C. (2014). *"Una propuesta de evaluación para Objetos de Aprendizaje"*. III Jornadas de Investigación del NEa y países limítrofes. Resistencia, Chaco, Argentina.
- [11] STELLENBOSCH UNIVERSITY(2013). *"Guía para la puesta en marcha de un repositorio institucional con Software Dspace"*. Disponible en: <http://recolecta.fecyt.es/sites/default/files/contenido/documentos/irguidev18%5B1%5D.pdf>
- [12] BARRUECO CRUZ, J. M. (2010). *"Guía para la evaluación de repositorios institucionales de investigación"*. FECYT, RECOLECTA, CRUE y Rebiun
- [13] HARVARD OPEN ACCESS PROJECT(2014). *"Good practices for university open-access policies"*. Disponible en: http://cyber.law.harvard.edu/hoap/Good_practices_for_university_openaccess_policies
- [14] OPENAIRE PLUS (2013). *"Directrices OpenAIRE 1.1: Directrices para proveedores de contenido del espacio de información"*. Disponible en: https://guidelines.openaire.eu/wiki/OpenAIRE_Guidelines:_For_Data_Archives
- [15] AUDIT AND CERTIFICATION OF TRUSTWORTHY DIGITAL REPOSITORIES. Recommended Practice. CCSDS 652.0 M 1, 2011. The Consultative Committee for Space Data Systems. Disponible en: <http://public.ccsds.org/publications/archive/652x0m1.pdf>
- [16] CASELLA, M. (2010). *"Institutional Repositories: an Internal and External Perspective on the Value of IRs for Researchers"* Communities. University of Turin.
- [17] ORDUÑA-MALEA, E. (2011). *"Visibilidad de los repositorios institucionales argentinos en la Web"*. Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Segundo Taller de Indicadores de Evaluación de Bibliotecas. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
- [18] ASTD y SMARTFORCE. (2002). *"A field guide to learning object"*.
- [19] RAMÍREZ CÉSPEDES, Z. (2006). *"Criterios e indicadores para evaluar las bibliotecas digitales"*. *Acimed*, 14(6), 0-0.
- [20] BERNAL, I., & PEMAU-ALONSO, J. (2010). *"Estadísticas para repositorios: sistema métrico de datos en Digital"*. CSIC. El profesional de la información, 19(5), 534-544.
- [21] SALINAS GÓMEZ, D.; LOTERO, M. A.; ESCOBAR, F.; CUENCA PLETSCH, L. R.; SANDOBAL VERÓN, V. C. (2014). *"Accesibilidad en el ambiente educativo virtual Moodle 2.7"*. 2º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información. San Luis, Argentina. Disponible en: <http://conaiisi.unsl.edu.ar/ProceedingsCoNaIISI2014.pdf>



EVALUACIÓN DE CALIDAD EN ENTORNOS ÁGILES: UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LA LITERATURA

César Acuña, UTN FRRe, csr.acn@gmail.com

Noelia Pinto, GICS UTN FRRe, ns.pinto@gmail.com

Gabriela Tomaselli, GICS UTN FRRe, gabriela.tomaselli@gmail.com

Nicolás Tortosa, GICS UTN FRRe, nicotortosa@gmail.com

Resumen— Trabajar en el mejoramiento de los procesos software es un paso que las empresas en la Industria del Software deben dar con el objetivo de incrementar la calidad y capacidad de sus procesos y, en consecuencia, la calidad de sus productos y servicios. Este proceso de mejora involucra la adopción de un modelo de calidad adecuado a las características de la empresa, y de una metodología que guíe el ciclo de desarrollo de software.

El presente trabajo aborda de manera general el estado del arte respecto a Modelos de Calidad de Software y su aplicabilidad en procesos ágiles, y aporta elementos comparativos teniendo en cuenta diferentes dimensiones. Además, a partir de esta comparación, se presenta de forma preliminar el diseño de un nuevo modelo que contribuirá a evaluar la calidad en escenarios caracterizados por procesos ágiles.

El objetivo es determinar las características más relevantes y frecuentes entre los modelos seleccionados, estableciendo cuáles pueden considerarse, a priori, componentes de un nuevo modelo que surja como propuesta superadora e integradora y permita evaluar la calidad de procesos ágiles junto a los productos de software obtenidos.

Palabras clave— *Calidad del Producto y del Proceso de Software, Metodologías ágiles, Modelos de Calidad.*

1. Introducción

El rol de América Latina en la industria mundial de Software y Servicios Informáticos (SSI) todavía no es compatible con su importancia económica, pero gradualmente se observa un aumento de su participación, aprovechando un creciente mercado interno y las oportunidades en desarrollo [1].

Y si bien las micro, pequeñas y medianas empresas -PYMES- son una pieza muy importante en el engranaje de la economía mundial [2], en Latinoamérica este tipo de organizaciones insertas en la Industria del Software aún evidencian falta de efectividad en sus procesos generando riesgo respecto a su nivel competitivo en escenarios internacionales.

Particularmente en el caso de Argentina, y según el último informe anual [3] del Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos de la República (OPSSI), el sector se conforma con más del 85% de empresas PYMES con menos de 200 trabajadores, donde se ubica el mayor índice de empleabilidad de la industria. Las mismas constituyen, hoy, un eslabón fundamental en el sector productivo de Argentina, por lo que resulta imperioso implementar ciclos de mejora de procesos que contribuyan con el desarrollo de esta industria.

Es por ello que la calidad del producto final, los bajos costos y las entregas oportunas se transforman en elementos claves para el incremento de las ventas internas y la proyección a nivel internacional del sector. Así, una estrategia fundamental para la consecución de estos objetivos es la implementación de cuestiones asociadas a la gestión de calidad, no solo desde el punto de vista del proceso de desarrollo sino enfocado también al producto de software final que se obtenga.

Varios autores [4][5][6] coinciden en que resulta dificultoso para las PYMES implementar programas de Mejoras de Proceso de Software (SPI) fundamentalmente por la falta de seguimiento de los planes de acción y de implantación debido al alto costo que significan. De esta forma, los parámetros de tiempos de desarrollo y costo de soluciones, afectarán directamente al trabajo que se realice, siendo la calidad la primera variable de ajuste disponible.

La calidad del software se define como el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia [7]. Sin embargo no es correcto asociar calidad solo al producto final sino que también resulta necesario ajustar los parámetros asociados a los procesos que han facilitado la obtención del mismo.

En este sentido existen numerosas propuestas metodológicas para el desarrollo de software que inciden en distintas dimensiones del proceso. Las propuestas más tradicionales se centran especialmente en una rigurosa definición de roles, de las actividades involucradas, los artefactos que se deben producir, y las herramientas y notaciones que se usarán [8].

Sin embargo, estos enfoques no resultan ser los más adecuados para muchos de los proyectos actuales, donde el entorno del sistema es muy cambiante y en donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo, pero manteniendo una alta calidad. Surgen, entonces, metodologías ágiles las cuales persiguen principios como la entrega incremental de funcionalidad nueva al cliente, que se priorizan según el valor de negocio que agrega (de esta forma el producto de software evoluciona en las diferentes entregas), el favorecimiento a la mejora continua y el énfasis en la colaboración cercana entre el equipo de programadores y los expertos del negocio [9].

Dado que la calidad del producto de software desarrollado está estrechamente relacionada con la calidad del proceso utilizado, las PyMEs necesitan implementar proyectos para la mejora de sus procesos que contribuya, de esta forma, incrementar la calidad de sus productos.

El objetivo de este trabajo es presentar un marco comparativo que permita analizar la aplicabilidad de evaluación de calidad sobre procesos ágiles en base a modelos de calidad ya existentes, no solo desde el punto de vista del proceso de software sino también del producto obtenido. A partir de este análisis se podrán seleccionar los componentes que darán forma a un nuevo modelo que se ajuste a la evaluación de calidad de procesos ágiles y los productos que se obtengan.

El artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se incluye el análisis de comparación entre diversos modelos de calidad que pueden aplicarse sobre metodologías ágiles. Luego, en la sección 3, se presentan las características que se consideran necesarias para diseñar la propuesta de modelo de calidad que se pretende obtener como resultado. Finalmente se exponen conclusiones y trabajos futuros que se pretenden abordar a partir de esta línea.

2. Materiales y Métodos

La necesidad de desarrollo rápido de aplicaciones de alta calidad ha llevado a darle gran importancia al concepto de calidad en todas las etapas. Un modelo proporciona un marco y un lenguaje para comunicarse, también proporciona un estándar y la experiencia necesaria en el tema a abordar. Siguiendo con este concepto, un modelo de calidad describe las características que componen la calidad del software y sus relaciones, en base a un conjunto de características y factores [10]. Estos últimos pueden ser medidos directa o indirectamente a través de la definición de criterios de calidad.

En este sentido, por un lado los factores de calidad o atributos externos, representan la calidad desde el punto de vista del usuario. Y por otro los criterios de calidad o atributos internos, son aquellos en los que se descomponen los diferentes factores, y representan la calidad desde el punto de vista del producto. Las métricas se definen para cada criterio de calidad, representando medidas cuantitativas que indican el grado en el que está presente un atributo en el producto [11]. Varios de los enfoques sobre métodos de evaluación y selección de productos software proponen una fase de evaluación donde se deben caracterizar los posibles atributos candidatos bajo un conjunto de propiedades o características y de otros componentes como sub-características (que en definitiva representa el modelo de calidad).

Entre los modelos de calidad que permiten la evaluación del producto de software, se destaca para este estudio en primer lugar el Modelo de Mc Call, creado por Jim Mc Call en 1977 [12]. El mismo establece 3 perspectivas para el análisis de la calidad de software, define 11 factores y 23 criterios relacionados a estos tal como se muestran en la Tabla 1. Estos factores se agrupan en 3 perspectivas (Operatividad del Producto, Revisión del Producto y Transición del Producto). Las métricas que propone son preguntas que aplican una ponderación numérica a un determinado atributo del producto de software. Después de obtener los valores para todas las métricas de un criterio específico, el promedio de todas ellas es el valor para ese criterio.

Tabla 1. Factores de Calidad y Criterios asociados en el modelo de Mc-Call

FACTORES	CRITERIO
Usabilidad	Operatividad
	Entrenamiento
	Comunicación
Integridad	Control de Acceso
	Auditoría de Acceso
Corrección	Rastreabilidad
	Compleitud
	Consistencia
Fiabilidad	Consistencia
	Exactitud
	Tolerancia a Fallos
Eficiencia	Eficiencia en Ejecución
	Eficiencia en Almacenamiento
Mantenibilidad	Simplicidad
	Concreción
Facilidad de Prueba	Simplicidad
	Instrumentación
	Modularidad
Flexibilidad	Capacidad de Expansión
	Generalidad
	Modularidad
Reusabilidad	Generalidad
	Modularidad
Interoperabilidad	Similitud de Comunicación
	Similitud de Datos
	Independencia del sistema
	Independencia del hardware
Portabilidad	Independencia del sistema
	Independencia del hardware

Fuente: De elaboración propia

Otro modelo seleccionado para su análisis fue FURPS [13], desarrollado por Hewlett-Packard en el año 1987, en el que se describen un conjunto de factores de calidad de software: funcionalidad (Functionality), usabilidad (Usability), confiabilidad (Reliability), desempeño (Performance) y capacidad de soporte (Supportability), cada uno de estos factores tienen atributos de calidad, como se incluye en la Tabla 2. Estos elementos pueden usarse para establecer métricas de calidad para todas las actividades del proceso de software.

Tabla 2. Factores de calidad y criterios asociados al modelo FURPS

FACTORES	CRITERIO
Funcionalidad	Características y capacidades del software
	Generalidad de las funcionalidades
	Seguridad del Sistema
Usabilidad	Factores Humanos
	Factores Estéticos
	Consistencia de la Interfaz
	Documentación
Confiabilidad	Frecuencia y severidad de fallas
	Exactitud de las salidas
	Tiempo medio de fallas
	Capacidad de recuperación de fallos
	Capacidad de predicción
Rendimiento	Velocidad de procesamiento
	Tiempo de Respuesta
	Consumo de recursos
	Eficacia
Capacidad de Soporte	Extensibilidad
	Adaptabilidad
	Capacidad de pruebas
	Compatibilidad

Fuente: De elaboración propia

Entre los estándares internacionales se destaca ISO/IEC 9126 [14], aplicable a todo tipo de software, está basado en un modelo jerárquico con tres niveles: Características, Subcaracterísticas y Métricas. El primer nivel tiene seis características principales: Funcionalidad, Fiabilidad, Eficiencia, Facilidad de Mantenimiento, Portabilidad y Facilidad de Uso. Estas características (factores) están compuestas a su vez por subcaracterísticas (subfactores) relacionadas con la calidad externa, y subcaracterísticas relacionadas con la calidad interna. La relación entre los factores y sus criterios se incluyen en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores de calidad y criterios asociados al estándar ISO/IEC 9126

FACTORES	CRITERIO
Funcionalidad	Adaptabilidad
	Exactitud
	Interoperabilidad
	Seguridad
Usabilidad	Comprensibilidad
	Aprendizaje
	Operatividad
	Atractivo

Fuente: De elaboración propia

Tabla 4 (cont.). Factores de calidad y criterios asociados al estándar ISO/IEC 9126

FACTORES	CRITERIO
Mantenibilidad	Análisis
	Cambio
	Estabilidad
	Prueba
Fiabilidad	Madurez
	Tolerancia a fallos
	Recuperabilidad
Eficiencia	Comportamiento de tiempo
	Uso de los recursos
Portabilidad	Adaptabilidad
	Instalación
	Coexistencia
	Reemplazo

Fuente: De elaboración propia

Además existen modelos de calidad que han sido desarrollados teniendo en cuenta las metodologías ágiles y los procesos que se basan en ellas. Uno de ellos es el conocido como AGIS (combinación entre ÁGIL e ISO) [15], el cual establece un mecanismo para medir el grado de agilidad de procesos de desarrollo de software. Complementa el modelo ISO con 10 dimensiones; esta configuración se orienta a medir el grado de aplicación de los valores del manifiesto ágil [16] en las áreas de conocimiento de la ingeniería. AGIS tiene por objetivo satisfacer dos necesidades: por un lado se enfoca en las empresas, pues este modelo permitirá alcanzar una diferenciación de otras empresas que únicamente hayan certificado calidad a través de ISO 9001:2008. Además, AGIS brinda informe de sugerencias de mejora basadas en la valoración de las dimensiones que propone evaluar. Por otro lado, el modelo ofrecerá a los investigadores una definición objetiva del grado de agilidad de un proyecto, que podrá ser utilizado para comparar proyectos teniendo en cuenta sus resultados. Posee 10 dimensiones entre las cuales se pueden mencionar Definición de Ciclo de Vida (AGIS 1), Capacitación y competencias (AGIS 2), Producción de Software Ejecutable (AGIS 3), etc.

En este estudio se analizó también la aplicabilidad de la Norma ISO 9001:2008 [17] elaborada por la Organización Internacional para la Normalización (ISO), que permite determinar los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), utilizado para aplicación interna en las organizaciones, sin importar si el producto o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera sea su tamaño, para su certificación o con fines contractuales.

Otro modelo que se ha estudiado es AGIT (AGile software developmenT) [18] el cual sugiere que la mejor performance es lograda cuando las metas de todos los stakeholders son satisfechas. Esto requiere una aproximación balanceada considerando los puntos de vistas de las diferentes stakeholders, para lo cual se definen indicadores adecuados a cada uno. AGIT considera cuatro diferentes puntos de vistas para stakeholders. En primer lugar se considera al stakeholder Administrador IT que es el actor principalmente preocupado con los aspectos tradicionales de la performance del desarrollo de SW considerando tiempo, costo y calidad. El segundo stakeholder se representa con los miembros del equipo cuya meta es la “satisfacción del trabajo”. El ScrumMaster es el tercer stakeholder cuya principal meta es la “resolución eficiente

de impedimentos”. Finalmente, el principal objetivo que buscan los clientes, el cuarto stakeholder, es su propia satisfacción. Este modelo sugiere evaluar la calidad de los procesos de desarrollo considerando los puntos de vistas de los diferentes stakeholders intervinientes, describiendo los indicadores que se adecúan a cada uno de estos perfiles.

Por otro lado se estudió también al Modelo COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology) [19], una herramienta que representa determinada colección de documentos que pueden ser clasificados como buenas prácticas generalmente aceptadas para la administración, control y garantía IT. En COBIT, estos dominios se denominan: Plan y Organización (PO): Provee direccionamiento para solucionar la entrega (AI) y la entrega del servicio (DS); Adquisición e implementación (AI); Provee las soluciones y las convierte en servicios; Entrega y Soporte (DS): Recibe las soluciones y las hace utilizables para usuarios finales; Monitoreo y Evaluación (ME): Monitorea todos los procesos para asegurar que la dirección provista es seguida. A través de estos cuatro dominios, COBIT ha identificado 34 procesos IT. Para cada uno de estos 34 procesos COBIT define metas y métricas para definir y medir sus resultados y performances, basado en los principios de la tarjeta de puntuación de negocios balanceada (BSC).

Finalmente entre los modelos que se aplican a procesos de desarrollo de software se analizó a CMMI (Capability Maturity Model Integration) [20] o Integración de modelos de madurez de capacidades, un modelo para la mejora y evaluación de procesos para el desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de software. CMMI tiene cuatro disciplinas para elegir: Sistemas de Ingeniería (SE), Ingeniería de Software (SW), Procesos de Desarrollo y Productos (IPPD) y Distribución (SS). El modelo en sí tiene dos representaciones. La representación por etapas se centra en un conjunto de áreas de proceso, que se organizan por niveles de madurez (1-5), mientras que en la representación continua cada área de proceso se clasifican en términos de nivel de capacidad (0-5).

CMMI y métodos ágiles también han sido comparados en varios estudios [21][22][23], por ejemplo, Paulk [24] sugiere que el uso de historias XP, en las instalaciones del cliente y la integración continua permite cumplir los objetivos de gestión de requisitos CMMI-SW. Por otra parte, Turner y Jain [25] determinaron en su estudio que varios de los componentes de CMMI y métodos ágiles estaban en conflicto, la mayoría de ellos relativos a los procesos de organización.

Con todo este análisis se procedió a realizar la comparación de acuerdo a los componentes de cada modelo, poniendo énfasis en la aplicabilidad de cada enfoque sobre procesos ágiles.

3. Resultados y Discusión

En este sentido, primeramente se obtuvo el cuadro comparativo representado en la Tabla 4, donde se indican los factores de calidad y atributos internos que se priorizan y se utilizan en los diferentes enfoques analizado desde el punto de vista de la calidad del Producto.

Tabla 4. Factores de Calidad por Enfoque

FACTORES	ENFOQUES		
	MC-CALL	FURPS	ISO/IEC 9126
Usabilidad	X	X	X
Integridad	X		
Corrección	X		
Fiabilidad	X		X
Eficiencia	X		X
Mantenibilidad	X		X
Facilidad De Prueba	X		
Flexibilidad	X		
Reusabilidad	X		
Interoperabilidad	X		
Portabilidad	X		X
Funcionalidad		X	X
Confiabilidad		X	
Rendimiento		X	
Capacidad De Soporte		X	

Fuente: De elaboración propia

En relación al análisis comparativo resultante, se observa que en cada enfoque se cubren diferentes factores de calidad pero los tres analizados consideran a la Usabilidad como factor de calidad relevante para evaluar productos de software.

Además cada enfoque define diferentes métricas aplicadas para medir los factores de calidad que lo caracterizan. Estas métricas utilizadas, en general fueron creadas para medir los atributos en consideración con las variables internas de cada enfoque, pero algunas de ellas son compartidas o adaptadas de acuerdo al modelo o estándar. Todos los factores y criterios estudiados podrían tenerse en cuenta para evaluar la calidad de productos de software obtenidos a través de procesos ágiles, adecuando su medición de acuerdo a los principios ágiles.

Respecto a los enfoques orientados a procesos en el caso de AGIS, la herramienta ofrece una medición objetiva de la agilidad con la que un proyecto implementa sus procesos. Esta medida, al estar basada en los valores y prácticas del manifiesto, permite diferenciar o segmentar los proyectos de desarrollo de software por su grado de agilidad. Además, al estar construido en

base a la norma ISO 9001:2008, asegura que el equipo ha establecido las bases para una mejora de procesos. Sin embargo, presenta una fuerte desventaja al momento de realizar la evaluación de calidad pues se necesita conocer de Normas ISO 9001, ya que su implementación y metodología tiene sus bases asentadas allí.

En el caso de las normas ISO 9001, el principal punto de controversia para su aplicabilidad en proyectos guiados por metodologías ágiles radica en que los procesos de mejoras tienen planes de largo plazo, fechas que cumplir, se enfocan fuertemente en la definición de procesos y documentación que se genera, diferenciándose así de la filosofía ágil que enfoca sus esfuerzos en obtener un producto terminado y no en la redacción de documentos. Sumado a esto, y teniendo en cuenta el caso de las PyMEs, la posibilidad de utilizar este tipo de herramientas es mucho más dificultosa [18], por el tamaño reducido de los grupos de trabajo, por los problemas de definición de roles dentro de estos grupos, por las responsabilidades poco precisas y por los recursos restringidos con que cuentan este tipo de organización.

Por otro lado para AGIT, la principal desventaja en su aplicabilidad sobre proyectos ágiles se relaciona a la falta de indicadores en áreas claves del proceso, como la gestión de calidad mediante testing o la gestión de cambios.

Analizando las características de COBIT, se observa que sus métricas han sido desarrolladas con las siguientes características en mente: “un alto índice de visión a esfuerzo”; “comparable interna y externamente”; “es mejor tener unas pocas buenas métricas” y “fácil de medir”. Estas características son principalmente compatible con los principios ágiles. Sin embargo, la principal desventaja del modelo es que la totalidad de los indicadores que utiliza son valores numéricos por lo que es necesario almacenar información cuantitativa de todos los procesos, proyectos y actividades que se lleven a cabo para luego poder calcular los índices del modelo. En proyectos guiados por metodologías ágiles, difícilmente se almacene toda la información requerida por el modelo para calcular dichos indicadores, y más aún en las PYMES, donde es probable que ni siquiera se lleven a cabo los procesos que se requieren medir, lo que atenta sobre la completitud del modelo.

Respecto a CMMI, pueden surgir problemas si se desea implementar el modelo en entornos ágiles y resulten necesarias evidencias escritas de las prácticas usadas en el proyecto. Esto no se alinea con la filosofía ágil, principalmente con uno de sus valores que sostiene mantener los niveles de documentación lo más bajo posible durante el proceso.

Además, como los procesos ágiles enfatizan en las prácticas de trabajo adaptables, el desarrollo iterativo y documentación tardía, una instantánea del proyecto puede no corresponderse con las prácticas generales de trabajo de la organización requeridas por CMMI.

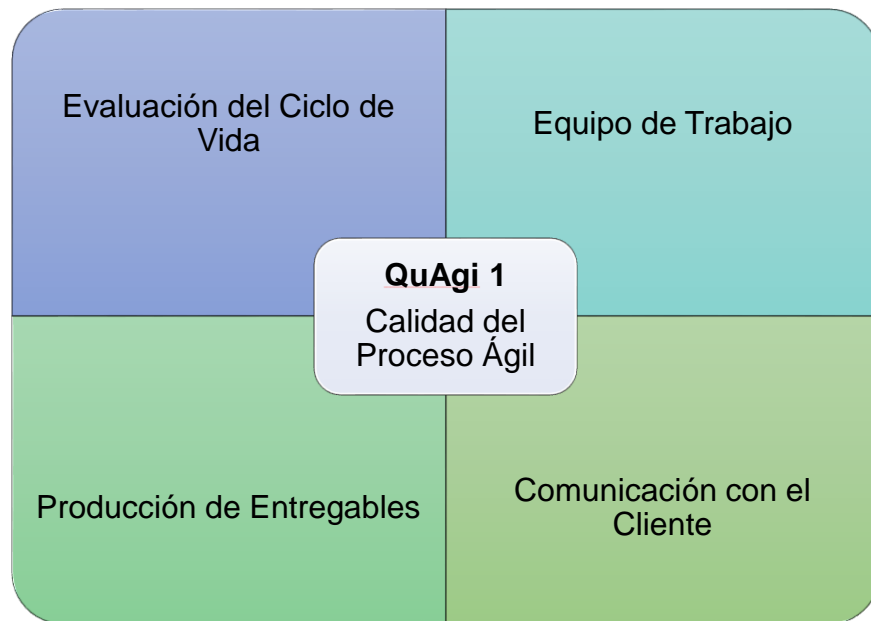
Este análisis comparativo permitió además iniciar el proceso de definición de un framework que permita la evaluación de calidad de proyectos basados en procesos ágiles.

Así, a continuación se presenta una primera propuesta del esquema de componentes que permitirán configurar un nuevo modelo de evaluación de calidad que permitirá ofrecer una medición objetiva de la agilidad con la que un proyecto implementa sus procesos y obtiene sus productos de software, determinando el perfil de agilidad de cada proyecto.

El modelo en el que se ha comenzado a trabajar se denomina QuAgi, y se enfoca en dos perspectivas posibles de evaluar: el proceso ágil y el producto obtenido del mismo. Hasta el

momento se han definido los componentes correspondientes a la primera dimensión y que se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Componentes de la dimensión QuAgi 1



Fuente: De elaboración propia

Por tanto, QuAgi 1 será la dimensión que permita evaluar la Calidad a nivel de Proceso en entornos ágiles incluyendo el estudio de los siguientes componentes:

- Evaluación del Ciclo de vida: El Ciclo de Vida de un proyecto de software define el orden de las actividades del proceso productivo. QuAgi ponderará mejor a los ciclos de vida evolutivos y a los incrementales por sobre los demás. Se hará foco en la ejecución del mismo, y no en la documentación que se genere.
- Equipo de Trabajo: El componente humano del proyecto de software a evaluar deberá contar con skills adecuados a la filosofía ágil, y la empresa deberá disponer los medios para lograrlo. Para QuAgi será importante evaluar el flujo de comunicación entre los miembros del equipo y la capacidad del mismo para afrontar prácticas ágiles. Por tanto, en este componente se deberá medir capacidad técnica de los recursos humanos, eficiencia de las reuniones de equipo y tamaño del equipo.
- Producción de Entregables: QuAgi evaluará la periodicidad con la que el proyecto produzca versiones entregables del producto al cliente. En este componente se tendrá en cuenta el cumplimiento del lead time y la validez de cada entregable, favoreciendo a aquellos proyectos cuya validación haya sido automatizada. A este nivel se incluirá también la medición del seguimiento del proceso de gestión de cambios sobre el producto y la implementación de procesos de verificación y validación de los mismos.
- Comunicación con el cliente: El modelo de calidad propuesto propiciará la incorporación del cliente transversalmente a todas las etapas del proyecto, considerándolo como actor principal del mismo. Así, este componente evaluará la ejecución regular de mecanismos de comunicación entre el cliente y el equipo.

4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se ha presentado un análisis comparativo entre modelos y normas de calidad existentes que pueden aplicarse a procesos y productos de software. El estudio se realizó teniendo en cuenta aspectos cualitativos, y se enfocó en la aplicabilidad sobre entornos ágiles.

El análisis puso de manifiesto la ausencia de enfoques que permitan abordar la calidad de forma integral teniendo en cuenta ambientes ágiles. Además en la investigación se determinó que existen contextos de desarrollo en el que muchos proyectos se denominan ágiles pero no trabajan respetando los valores del manifiesto ágil. Sumado a esto, al no haber una definición consensuada de agilidad, no es posible comparar resultados de proyectos.

Teniendo en cuenta las cuestiones similares entre los modelos estudiados y tomando como punto de partida el Manifiesto Ágil, se inició el proceso de definición de componentes de una propuesta de modelo que permita evaluar la calidad en proyectos ágiles. Se presentó, como primera aproximación, las dos dimensiones que incluirá el modelo QuAgi, describiéndose particularmente la asociada a Calidad a Nivel del Proceso Ágil.

Como trabajos futuros se pretende continuar en el desarrollo completo de QuAgi, estableciendo la configuración que permita gestionar todos los elementos del mismo y definiendo las estrategias de validación para el mismo. Este modelo constituirá uno de los ejes de un framework para la evaluación de calidad en entornos ágiles, no solo a nivel de proceso sino también de los productos de software que se obtengan.

5. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación acreditado “Framework para la evaluación de Calidad del Software”, EIUTIRE0002205TC de la Universidad Tecnológica Nacional.

Cabe destacar también que el artículo se enmarca en las actividades planificadas en el Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTS) presentado, “Aporte a la competitividad de las empresas de desarrollo de Software del NEA”, IP253, evaluado y aprobado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET).

6. Referencias

- [1] Bastos Tigre, P., Silveira Marques, F. (2009). “Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina” Cepal.
- [2] Pino, F., F. Garcia, M. Piattini (2006). “Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas.” Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software. (REICIS). Vol. 2(1) Abril pp. 6-23.
- [3] “Reporte anual sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina” (2015). Disponible en <http://www.cessi.org.ar/opssi>.
- [4] Mas A., Amengual E. (2005). “Las mejoras de los procesos de Software en las pequeñas y medianas empresas (pymes). Un nuevo modelo y su aplicación a un caso real”. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, Vol.1, No. 2

- [5] Pasini, A. C., Esponda, S., Bertone, R. A., & Pesado, P. (2008). “Aseguramiento de Calidad en PYMES que desarrollan software.” XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
- [6] Pflieger, S. (2002) “Ingeniería de Software. Teoría y Práctica.” Pearson Education.
- [7] Letelier, P., Penadés, P. (2006) “Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP)” Técnica Administrativa, Buenos Aires. ISSN 1666-1680
- [8] Alliance, A. (2001). “Agile manifesto”. Información disponible en <http://www.agilemanifesto.org>
- [9] Rujana, M., Romero Franco, N., Tortosa, N., Tomaselli, G., & Pinto, N. (2016, May). Análisis sobre adopción de metodologías ágiles en los equipos de desarrollo en pymes del NEA. In *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*.
- [10] Constanzo, M. A., Casas, S. I., & Marcos, C. A. (2014). Comparación de modelos de calidad, factores y métricas. *Informes Científicos-Técnicos UNPA*,6(1), 1-36.
- [11] Olsina, L., Bertoa, M. F., Lafuente, G., Martín, M. A., Matrib, M., & Vallecillo, A. (2002, November). Un Marco Conceptual para la Definición y Explotación de Métricas de Calidad. In *JISBD* (pp. 189-200).
- [12] Córdoba, J., Cachero, C., Calero, C., Genero, M., & Marhuenda, Y. (2007, October). Modelo de Calidad para Portales Bancarios. In *XXXIII Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI'07)*.
- [13] Behkamal, B., Kahani, M., & Akbari, M. K. (2009). Customizing ISO 9126 quality model for evaluation of B2B applications. *Information and software technology*, 51(3), 599-609.
- [14] ISO/IEC 9126: “Software Engineering - Product quality”, International Organization for Standardization, 2000.
- [15] Matalonga, S., & Rivedieu, G. (2015). AGIS: hacia una herramienta basada en ISO9001 para la medición de procesos ágiles. *Computación y Sistemas*, 19(1), 163-175.
- [16] Información disponible en <http://www.agilemanifesto.org/iso/es/> Último acceso 06/2016
- [17] International Organization for Standardization. (2000). ISO 9001: 2008: Quality Management Systems-Requirements. International Organization for Standardization.
- [18] Cohen, D., Lindvall, M., & Costa, P. (2003). Agile software development. DACS SOAR Report, 11.
- [19] Mahnic, V., & Zabkar, N. (2008). Using COBIT indicators for measuring scrum-based software development. *WSEAS Transactions on Computers*, 10(7), 1605-1617.
- [20] Paulk, M. C. (2001). Extreme programming from a CMM perspective. *Software, IEEE*, 18(6), 19-26.
- [21] Piattini, Oktaba, Orozco, “COMPETISOFT. Mejora de procesos software para pequeñas y medianas empresas”, Editorial Ra-Ma, Año 2008.

- [22] D. Kane and S. Ornburn, "Agile Development: Weed or Wildflower?" CrossTalk, The Journal of Defense Software Engineering, <http://www.stsc.hill.af.mil/crosstalk/2002/10/kane.html>, 2002. (1.3.2006)
- [23] J. Nawrocki, W. Bartosz, and A. Wojciechowski, "Toward Maturity Model for eXtreme Programming," In proceedings of the 27th Euromicro Conference, pp. 233-239, 2001.
- [24] M. C. Paulk, "Extreme Programming from a CMM Perspective," Software, vol. 18, issue 6, pp. 19-26, 2001
- [25] R. Turner and A. Jain, "Agile Meets CMMI: Culture Clash or Common Cause," In proceedings of the Second XP Universe and First Agile Universe Conference on Extreme Programming and Agile Methods - XP/Agile Universe, pp. 153-165, 2002.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

APLICACIONES INFORMATICAS PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD COGNITIVA Y/O MOTRIZ

Lucas Terminiello, UIDET UNITEC FIUNLP

José Alberto Ferreyra, LIFIA

Flavio Atilio Ferrari y María Cristina Cordero, UIDET UNITEC FIUNLP,

unitec@ing.unlp.edu.ar / uniteconline@gmail.com

Resumen— Numerosos estudios muestran que una adecuada utilización de la tecnología resulta beneficiosa en el ámbito de la educación especial. La aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) tanto como las Tecnologías de Asistencia favorecen la accesibilidad y la autonomía personal, garantizando el acceso al aprendizaje para distintos tipos de discapacidades cognitivas y/o motrices.

Entre los objetivos de la UIDET UNITEC (Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación al uso de TIC), se encuentra abordar cuestiones sobre la aplicación de la electrónica e informática como recursos para resolver necesidades de las personas con discapacidad adecuando sus capacidades al entorno. El desarrollo de aplicaciones basadas en tecnologías electrónico-informáticas de bajo costo facilita obtener recursos para educación especial permitiendo desarrollar las capacidades cognitivas y/o motrices de los niños. En este sentido, el juego es una herramienta muy poderosa para lograr la estimulación en niños con discapacidad, adecuadamente seleccionado según cada patología. Los juegos de encastre con figuras geométricas simples ayudan al desarrollo de la motricidad, y al ejercicio de funciones cognitivas: observación, atención y clasificación. Se presenta una aplicación en fase experimental para el desarrollo de capacidades cognitivas y/o motrices basado en un juego de encastre realizado con un hardware simple y su aplicación informática complementaria. El alumno Fausto Celave diagnosticado con TEA (Trastorno del Espectro Autista) realizó el “testing”. La aplicación se encuentra en fase experimental; el próximo paso será la evaluación in situ sobre la población destinataria.

Palabras clave— *Necesidades Educativas Especiales, Discapacidad, TIC*

1. Introducción

Las necesidades de las personas con distintos tipos de discapacidad son tantas como limitaciones funcionales pueden existir y cada día hay más personas que, ya sea desde su nacimiento, por enfermedades en la infancia o por otro tipo de factores en la adultez se encuentran en esta situación. Cada persona con una limitación funcional o discapacidad dará lugar a una necesidad especial. La ausencia de conocimientos sobre el uso y disponibilidad de aplicación y uso de la tecnología en aplicaciones específicas se hace evidente en estos casos. En Argentina el desarrollo de esta clase de productos tecnológicos de ayuda es un área muy poco desarrollada, por lo que los mismos deben ser importados, resultando en artículos de un alto valor económico.

Uno de los objetivos de la UIDET UNITEC (Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación al uso de TIC), es abordar cuestiones sobre la aplicación de la electrónica e informática en el desarrollo de productos que ayuden a la mejora de la calidad de vida de las personas de la comunidad circundante que presentan alguna discapacidad que les impide una inclusión plena de la vida en sociedad [1].

Los destinatarios de este proyecto de UNITEC, en primera instancia, son los alumnos con necesidades educativas especiales (NEE) con características tales como: retardo mental, retrasos madurativos, ciegos y disminuidos visuales, sordos e hipoacúsicos, discapacitados motores (ej., parálisis cerebral, cuadripléjicos, etc.), con trastornos emocionales severos (Trastorno generalizado del Desarrollo - Trastorno del Espectro Autista), alteraciones en el desarrollo del lenguaje, diversos síndromes, etc. Las necesidades de estos alumnos son relevadas a través de acuerdos realizados con Escuelas de Educación Especial de la zona de La Plata. Y son llevadas a cabo a través de proyectos de extensión universitaria en los que los dispositivos y software desarrollado es entregado a estos establecimientos y a los docentes dedicados a la Educación Especial que lo soliciten sin costo alguno.

La tarea se realiza a demanda y en forma particular dada la diversidad mostrada dentro de cada patología general. Si bien existe una tendencia a considerar que el “Diseño universal” de productos beneficia a la sociedad en general, ya que facilita que las personas con y sin discapacidad puedan compartir recursos y momentos de ocio, la experiencia muestra que habrá que personalizar estos elementos debido a que cada persona posee diferentes formas de actuar y reaccionar, aun considerando la misma discapacidad.

Rafael Sánchez Montoya [2] define las Rampas Tecnológicas o Digitales como aquellas Tecnologías de asistencia que permiten el uso de un mismo software y/o hardware a todas las personas con o sin discapacidad y sostiene que “mucho se teoriza sobre la capacidad de las ayudas técnicas e informáticas para adaptarse a los formatos de la actividad escolar e incidir positivamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los niños y jóvenes con necesidades educativas especiales, sin embargo, al descender a la práctica cotidiana, vemos que no es sencillo encontrar las TIC adecuadas a cada necesidad.”

Para el desarrollo de estas rampas tecnológicas se ha formulado un proyecto multidisciplinario para la producción de dispositivos TIC, electrónicos e informáticos para mejorar la calidad de vida y las NEE de personas con discapacidad, promoviendo tecnologías de accesibilidad y, herramientas y soluciones que faciliten la inclusión, a través de estrategias para la formación de RRHH altamente capacitados.

El proyecto impacta sobre una población que, en la República Argentina, según la Encuesta Nacional de Personas con Discapacidad (ENDI), es de más de 2.000.000 de personas con discapacidad, siendo el 39,5% discapacidades motoras, 22% visuales, 18% auditivas y 15% mentales. Los datos de la Provincia de Buenos Aires (no incluye Ciudad Autónoma de Buenos Aires) corresponden a aproximadamente 1400 niños multi-impedidos y 5000 con discapacidad motora como concurrentes a Establecimientos de Educación Especial.

Según proclamó en 1959 la Asamblea General de las Naciones Unidas, jugar es un derecho de la infancia y los adultos hemos de velar por su cumplimiento en todos y cada uno de los niños y niñas, aunque en algunas situaciones se encuentren serias dificultades para el desarrollo de esta actividad. Evidentemente, tanto los niños con discapacidad como los que no cuentan con ella tienen derecho al juego y al acceso a los juguetes, pero lo cierto es que los primeros encuentran serias dificultades para poder usar muchos de los juegos y juguetes del mercado

2. Juego y Discapacidad

2.1 El juego

El *juego* constituye la ocupación principal del niño y es el primer acto creativo del ser humano. Puede ser entendido como un espacio asociado a la interioridad con situaciones imaginarias para suplir demandas culturales según Vigotsky [3] y para potenciar la lógica y la racionalidad según Piaget [4].

También María Montessori [5] daba mucha importancia al juego como estrategia de aprendizaje. El método Montessori concibe la educación como una “auto educación”: porque es donde el niño realiza ejercicios de la vida práctica; no hay intervención directa del educador, en razón de que el niño debe hacer su trabajo por sí mismo. El método se apoya en el asocianismo y por medio del material adecuado se inicia la educación de los sentidos.

A pesar de las precisiones conceptuales de los diferentes teóricos, todos concuerdan en la importancia del juego en el aspecto psicológico, pedagógico y social del ser humano. Por medio del juego el niño experimenta, y aprende a conocer su entorno, prueba nuevas conductas, resuelve problemas y se adapta a nuevas situaciones. Y el juguete es la herramienta que el niño utiliza para jugar.

El juego es imprescindible para el correcto desarrollo infantil, porque estimula, favorece y posibilita todo tipo de aprendizajes. El niño no sólo aprende los colores, los números u otros conceptos relacionados con el desarrollo intelectual, sino que se desarrolla y evoluciona en otros aspectos tales como la coordinación de los movimientos, el lenguaje, la socialización y el desarrollo emocional [6,7].

El juego es una actividad fundamental en el proceso evolutivo, que fomenta el desarrollo de las estructuras de comportamiento social. En el ámbito escolar, el juego cumple con la satisfacción de ciertas necesidades de tipo psicológico, social y pedagógico y permite desarrollar una gran variedad de destrezas, habilidades y conocimientos que son fundamentales para el comportamiento escolar y personal de los alumnos. El juego es una actividad que el ser humano practica a lo largo de toda su vida y que va más allá de las fronteras del espacio y del tiempo.

El aprendizaje es favorecido por los distintos tipos de juguetes, adecuados y variados, que posibiliten un desarrollo integral de la personalidad del niño/a. Entre el material didáctico más general se encuentran: *Encastrables* para ejercitar la educación y comparación de las cosas, material para ejercitar sentido del tacto (*texturas* y *pesos*), ejercicios para el sentido aromático, planos encastrables de figuras geométricas, cuerpos geométricos para el desarrollo del sentido estereognóstico, cajas sonoras.

2.2 Beneficios del juego

Es evidente que existen grandes beneficios que aporta el juego, entre ellos podemos citar:

- Facilita el desarrollo motor, la motricidad fina y la gruesa.
- Facilita el proceso de socialización del niño con sus iguales o con los mayores.
- Favorece la comunicación, estrechando los lazos afectivos de quienes comparten los juegos.
- Ayuda al conocimiento de las propias capacidades y habilidades, conociendo mejor donde se encuentran sus propios límites.
- Muchos juegos tienen una serie de normas, con lo que ayudan al niño a comprender el respeto y la necesidad de las mismas para su seguridad y para la convivencia.
- Mejoran la capacidad del niño respecto de la resolución de problemas y en cuanto a la toma de decisiones.

- Favorece el desarrollo de la inteligencia, de la creatividad y de la imaginación, ayudando a una maduración mucho más completa.
- Facilita en el niño la creación de expectativas, la autoevaluación, la planificación, el desarrollo de una autoimagen positiva y las habilidades sociales.
- Es una vía excelente para expresar y realizar sus deseos.
- Es un canal de expresión y descarga de sentimientos, positivos y negativos, que contribuye al equilibrio emocional.

2.3 Discapacidad cognitiva, motriz y del habla.

Para interpretar la relación juego-discapacidad [8] son necesarias algunas definiciones básicas:

Discapacidad: es una condición o función que se considera deteriorada respecto del estándar general de un individuo o de su grupo.

Existen los siguientes tipos de discapacidad:

- *Discapacidad Física:* La discapacidad física se puede definir como una desventaja, resultante de una imposibilidad que limita o impide el desempeño motor de la persona afectada.
- *Discapacidad Sensorial:* La discapacidad sensorial corresponde a las personas con deficiencias visuales, con problemas auditivos y a quienes presentan problemas en la comunicación y el lenguaje
- *Discapacidad psíquica:* Se considera que una persona tiene discapacidad psíquica cuando presenta "trastornos en el comportamiento adaptativo, previsiblemente permanentes".
- *Discapacidad intelectual o mental:* La discapacidad mental es una "función intelectual significativamente por debajo del promedio, que coexiste con limitaciones relativas a dos o más de las siguientes áreas de habilidades adaptativas: comunicación, auto-cuidado, habilidades sociales, participación familiar y comunitaria, autonomía, salud y seguridad, funcionalidad académica, de ocio y trabajo.

En la *discapacidad intelectual o cognitiva* existe una disminución de las funciones mentales generales que se requieren para comprender e integrar de manera constructiva las diversas funciones cognitivas y su desarrollo a lo largo de la vida. Respecto del lenguaje comunicacional presenta una deficiencia en la transmisión o formas de intercambiar mensajes orales a través de un conjunto de señales y símbolos con un significado propio que forman un código de comunicación. Respecto de la lecto-escritura se aprecia una disminución de las funciones mentales específicas de reconocer y utilizar señales, símbolos y otros componentes de un lenguaje. Hay también, una disminución de las funciones mentales específicas de registro y almacenamiento de información (memoria) y su recuperación según sea necesario y de la función mental por la que nos concentramos en un instante cualquiera en algo (un objeto o ciertas características del ambiente), ignorando o percibiendo difusamente lo demás.

En la *discapacidad motriz* aparecen limitaciones en las actividades de transportar, desplazar y tomar o soltar objetos, utilizando los pies, manos y brazos. Pueden existir deficiencias para alcanzar, elevar, depositar, tirar, empujar, patear, asir, soltar, girar, agarrar y lanzar. Hay limitaciones en las actividades de utilización de manos y brazos, y actividades de psicomotricidad fina, que incluye las acciones coordinadas de manejo de objetos, manipulación y soltar utilizando una mano, los dedos y los pulgares. También en las actividades de mantener y cambiar la posición corporal y trasladarse de un lugar a otro utilizando las piernas, pies, manos y brazos. Existe una disminución de la fuerza generada por la contracción de un músculo o grupo de músculos al realizar una actividad. Puede ser realizada por una parte específica del cuerpo en una acción específica o aplicada a un objeto específico. Incluye tirar, elevar, asir,

pulsar, pinchar, girar, etc. La disminución de la capacidad de soportar fuerza, está relacionada con las funciones cardíaca y pulmonar.

Y respecto de la *discapacidad sensorial*, de la voz y el habla, la deficiencia está relacionada con el sonido producido por los órganos vocales, normalmente la dicción y también por patologías de la visión y el oído. Las alteraciones en la dicción influyen de forma general o en aspectos tales como la articulación, volumen, fluencia, velocidad, melodía y ritmo.

2.4 El juego y el juguete adaptado

El juego adaptado puede considerarse como la preparación para el uso de ayudas técnicas.

Ayudas técnicas, o *tecnologías de apoyo*, o *rampas tecnológicas* son los productos fabricados específicamente o disponibles en el mercado, cuya función es la de permitir o facilitar la realización de determinadas acciones, de tal manera que sin su uso, estas tareas serían imposibles o muy difíciles de realizar para un individuo en una situación determinada.

El contexto o la carencia de recursos, así como limitaciones surgidas a partir de algunos tipos de discapacidad o algunas exigencias debidas a enfermedades del propio niño, pueden resultar causales de dificultades en el desarrollo de una actividad lúdica normal [9].

Cuando un niño presenta dificultades para jugar se debe intentar la adaptación de los mismos para que logre la habilidad de hacerlo. La falta de juego en la infancia genera un desarrollo incompleto en la personalidad del niño, que puede manifestarse de diferentes formas de acuerdo al grado de privación.

Investigar y trabajar la relación juego-discapacidad es un deber de la sociedad para que todos sus miembros tengan las mismas posibilidades respecto del otro. Los niños con discapacidad también necesitan jugar y tener acceso a los distintos tipos y recursos del juego. Juguetes accesibles son parte de una demanda creciente de padres, educadores y expertos en discapacidad. Existe una necesidad real de elementos de juego accesibles para niños con discapacidad que les permitan disfrutar de momentos de ocio, compartiendo tiempo y juguetes con otros niños con o sin discapacidad.

En lugares como Argentina la accesibilidad a material lúdico comercial adaptado a la discapacidad es reducida y en algunos casos muy costosa. Y el uso de juguetes sin adaptaciones tal como se comercializa, se torna, a veces, imposible para estos niños, a pesar de que sencillas modificaciones permitirían el aprovechamiento del juguete.

La diversidad de la discapacidad (motora, intelectual, sensorial y sus grados de afectación) hacen que sea dificultosa la especificación de estos juguetes adaptados, pero, no obstante, se puede ofrecer una serie de recomendaciones generales para la selección y adaptación de juguetes para niños y niñas con discapacidad:

- En lo posible tratar que el diseño de los juguetes sea "diseño para todos", o con sencillas adaptaciones, de forma que los niños con y sin discapacidad puedan utilizar los mismos juegos en similares condiciones.
- Es importante elegir juguetes versátiles que permitan varias formas de interacción y a los que se les puedan cambiar las reglas. De este modo será más fácil adaptar la propuesta lúdica del juguete a las circunstancias de cada caso.
- Los materiales de juego que se utilicen deben ser adecuados a la edad.
- Deben responder a normas de seguridad y Buenas Prácticas de Manufactura para la fabricación de los juguetes y habrá que asegurar que las adaptaciones que se realicen en los mismos no introduzcan peligros en el juguete y riesgo para los usuarios.

En general, se puede decir que actualmente los juguetes son poco accesibles para personas con discapacidad. Se estima que, en el mundo, sólo el 5% de los juguetes están fabricados bajo las pautas de un diseño universal (para todos) adecuado para niños/as con discapacidad (directamente o con adaptaciones muy sencillas). Se observa también que la accesibilidad global de los juguetes va disminuyendo conforme aumenta la edad a la que se dirigen.

2.4 Juegos y juguetes según la discapacidad

El juego de los niños/as con discapacidad motora está muy condicionado a su capacidad de movimientos y a la cantidad y tipo de recursos lúdicos a los que pueden acceder.

Muchas personas con discapacidad física tienen dificultades para el manejo de juegos y juguetes, precisamente porque éstos requieren de habilidades que en estos casos están más comprometidas: el desplazamiento, la movilidad de segmentos corporales, los alcances, la precisión en movimientos, la coordinación, etc. Esta dificultad implica, en muchas ocasiones, que el aprovechamiento de los juguetes no sea al 100% y que sean necesarias adaptaciones en los productos, o que necesiten ayuda de terceras personas durante el juego.

Se debe tener en consideración de que para muchos niños con discapacidad motora, poder activar un juguete a través de un pulsador, no es una acción que se queda en ella misma, sino que es el primer paso, para después acceder a otros dispositivos como un ordenador personal, un comunicador, un mando de televisor, una llave, un interruptor de la luz, etc.

Así, además de los propios beneficios del juego, poner en marcha un juguete, forma parte de un proceso de aprendizaje que abre todo un mundo de posibilidades en el control del propio entorno y de la propia vida.

Las personas con discapacidad intelectual reciben, procesan y organizan la información con dificultad y lentitud. Por este motivo su posibilidad de respuesta también presenta limitaciones. La comprensión de las situaciones y problemas del entorno y la rapidez con la que responden a las demandas del mismo, se ven condicionadas por las dificultades para el procesamiento que presentan. En estas personas, todo aquello que posibilite la llegada de información exterior y la percepción de los estímulos sensoriales favorece su desarrollo cerebral. Por lo tanto, el empleo de rampas tecnológicas apropiadas puede mejorar sus capacidades funcionales.

En este sentido, el juego puede moldear el funcionamiento cerebral e instaurar modificaciones sustanciales y duraderas que faciliten el aprendizaje. El juego, además de servir como herramienta de estimulación, también les ayuda a relacionarse con los demás, a mejorar su autoestima, a superarse, a transferir y generalizar los aprendizajes a otros entornos y, sobre todo, a divertirse.

3. Resultados: Hardware y software para Juego de Encastre

Los juegos de encastre estimulan la concentración y la memoria pues exigen que el niño preste particular atención a la ficha o forma y que sean capaces de analizarla para buscar otras piezas que tengan similitudes con esa forma, color, etc. Entrenan y mejoran su capacidad de observación, análisis, concentración y atención.

Junto a la concentración y la memoria, el juego de encastre permite que el niño trabaje la motricidad fina de los dedos a través de la manipulación de las piezas y de los movimientos de pinzado. El encastre correcto de las piezas exige lógica y paciencia. Es un juego que estimula, aparte de la concentración, la observación, su inteligencia espacial y a mantener despierto el interés de llegar al final. Permite el *desarrollo y ejercicio de funciones cognitivas* tales como la observación, atención y clasificación, necesarios para *identificar y representar objetos potenciando el desarrollo de estructuras mentales de conceptos* que a su vez estimulan el

lenguaje del niño. Contribuye al *desarrollo de la inteligencia sensorio-motriz*, en el cual el niño conoce y se apropia del mundo que lo rodea a través del *uso de sus sentidos*, en este caso de la *manipulación de objetos*

También *promueve el desarrollo de la motricidad fina* a través del ejercicio de la prensión de pinza necesario para tomar los objetos. Además la *incorporación de las formas*.

Los niños con discapacidad motora o dificultades de movimiento son de los menos considerados por el mercado de los juguetes. El desafío de los padres será entonces adaptar los juguetes, ya sea electrónicos o de encastre, para que puedan aprovecharlos y comenzar a estimular sus habilidades motrices, que aunque mínimas, serán de gran ayuda para su vida adulta.

Por eso es importante que los niños puedan tener fácil acceso a todas sus posibilidades o funciones lúdicas y que no exijan mucha rapidez de movimientos o que los obliguen a efectuar movimientos simultáneos. Estos juguetes deben ser estables, o estabilizarse con materiales antideslizantes, como también engrosar las piezas, agarraderas y manijas e incorporar elementos en relieve que estimulen el contacto.

En el caso de los niños con discapacidad mental, probablemente los juguetes no requieran de adaptaciones, pero sí deben ser simples y atractivos, debido a que las personas con discapacidad intelectual reciben, procesan y organizan la información con mayor dificultad y lentitud. El reto aquí es motivarlos con juguetes y juegos que presenten pequeños desafíos que ellos puedan conquistar y sentirse estimulados, porque la percepción de los estímulos sensoriales favorece su desarrollo cerebral y mejora sus capacidades funcionales, incluso llegando a establecer modificaciones trascendentes que promuevan el aprendizaje.

3.1 Hardware del Juego de encastre *Las formas*

El juego de encastre denominado *Las formas* se desarrolló a solicitud de docentes de Educación Especial de la Escuela N° 535 de la ciudad de La Plata, estando destinado a niños que deben entrenar la motricidad fina, atención, memoria y concentración. A este establecimiento concurren niños de 0 a 26 años, con discapacidad cognitiva, retrasos madurativos, síndrome de Down, patologías complejas, etc.; tiene una matrícula de aproximadamente 200 alumnos.

Se construyó un primer prototipo, tal como se muestra en la Figura 1, de material acrílico con un sistema de leds que encendía al ser colocada correctamente la pieza elegida en su lugar de encastre. Las formas elegidas fueron: círculo, cuadrado, triángulo y rombo.

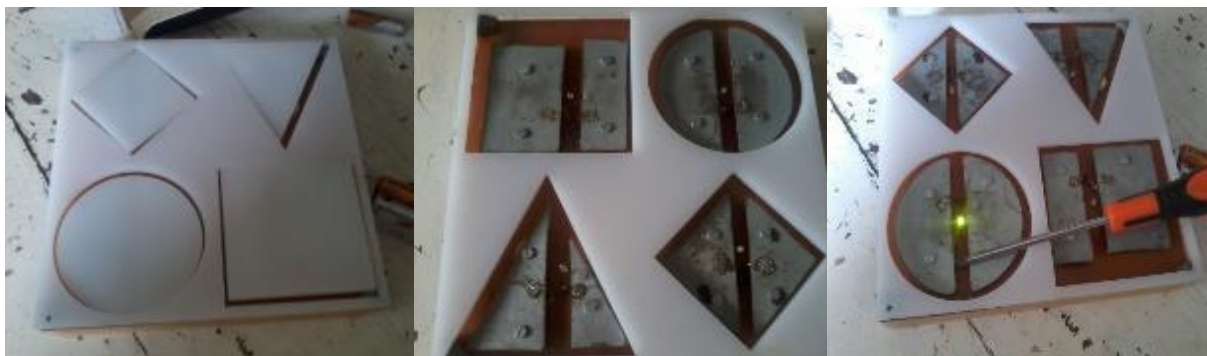


Figura 1. Prototipo de Juego de Encastre, Conexiones y prueba de LEDs.

Actualmente se está mejorando este prototipo, junto con profesionales y alumnos de las carreras de Diseño Industrial y Diseño en comunicación visual la Facultad de Bellas Artes de la UNLP, para trabajar el juego con figuras de diferentes colores y que representen elementos de la vida diaria.

También, alumnos de la Escuela Técnica Albert Thomas que realizan sus Prácticas Profesionalizantes, dirigidos por un tutor profesional de UNITEC y supervisados por alumnos de los últimos años de la Carrera de Ingeniería Electrónica, se encuentran adaptando mejoras tales como colocar cinta de cobre para las conexiones de las piezas metálicas, evitando soldaduras y problemas de oxidación y trabajando los circuitos de activación de leds que se encienden al apoyar la figura de encastrado correcta de modo que no se mantengan activos sino que se corte la iluminación una vez colocada la pieza correcta.

3.2 Las formas: Software del Juego de encastrado

Una de las actividades de UNITEC es replicar los dispositivos de hardware en sus correspondientes aplicaciones de software, con los mismos objetivos para los que fueron desarrollados los primeros.

Dentro de las aplicaciones auxiliares desarrolladas se implementó el juego didáctico *Las formas*, haciendo una analogía del set de encastrado realizado en acrílico por UNITEC, utilizando las mismas cuatro formas geométricas (círculo, triángulo, cuadrado y rombo) que se pueden insertar en su correspondiente lugar dentro del tablero.

Debido a la versatilidad que ofrecen los desarrollos informáticos, es posible hacer una representación de las formas geométricas de manera abstracta y figurativa de acuerdo a las necesidades, es decir, por medio de elementos y objetos cotidianos que conserven la forma geométrica (moneda, porción de pizza, dado, etc.).

Asociado al software principal *Las Formas* presenta otras actividades relacionadas, tales como: Juego de “Memoria” y “Dibujando con las Formas”, las cuales permiten reforzar conceptos en el área cognitiva.

La funcionalidad agregada que enriquece el sistema, hace que “*Las Formas*” sea un software más versátil para un grupo importante de niños con discapacidad motriz y/o cognitiva.

3.2.1 Especificaciones técnicas del desarrollo de software

Durante la etapa de desarrollo de la versión del primer prototipo, para la codificación de la aplicación auxiliar “Las formas” se utilizó el motor de scripting Lua 5.1.

Lua es un lenguaje de extensión imperativo¹, estructurado² y bastante ligero que fue diseñado como un lenguaje interpretado con una semántica extensible, y lo suficientemente compacto para usarse en diferentes plataformas. Aparte de la potencialidad y funcionalidad que presenta, Lua permite tener acceso a una gran cantidad de código libre. El entorno de programación sobre el que se utilizó Lua 5.1, fue AutoPlay Media Studio, en su versión 8.2.

En el apartado gráfico de la aplicación, se tuvo especial cuidado al momento de diseñar y elegir las imágenes a presentar en las diferentes actividades del mismo. Se trabajó de acuerdo a la opinión de profesionales de otras disciplinas a fin de que el conjunto de representaciones

¹ La programación imperativa es un paradigma de programación que describe la programación en términos del estado del programa y sentencias que cambian dicho estado. Los programas imperativos son un conjunto de instrucciones que le indican al computador cómo realizar una tarea.

² La programación estructurada es un paradigma de programación orientado a mejorar la claridad, calidad y tiempo de desarrollo de un programa de computadora, utilizando únicamente subrutinas y tres estructuras: secuencia, selección (if y switch) e iteración (bucles for y while), considerando innecesario y contraproducente el uso de la instrucción de transferencia incondicional.

gráficas resultaran agradables al usuario, atrayentes y con la particularidad de presentar formas geométricas abstractas y figuras de objetos reales y cotidianos, análogas a las abstractas.

El objetivo es trabajar con la aplicación diferentes áreas y necesidades del usuario de manera específica y de acuerdo a sus requerimientos particulares.

Para el diseño, creación y modificación de imágenes ya prediseñadas, se recurrió a la aplicación de diseño Adobe Photoshop versión CS2, desarrollado por Adobe Systems®.

Todas las imágenes de “*Las Formas*” se almacenaron en formato PNG (siglas en inglés de Gráficos de Red Portátiles), permitiendo trabajar dicho elementos visuales más fácilmente, y gracias a la utilización de capas transparentes lograr efectos visuales más acabados y naturales.

Una vez concluido el desarrollo el prototipo de la aplicación, en su versión para PC, y de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones de profesionales involucrados en el proyecto, se procedió a entregar el sistema a Fausto Celave, joven diagnosticado con TEA (Trastorno del Espectro Autista) que habitualmente colabora realizando las pruebas finales del software desarrollado para su posible mejora y hallazgo de posibles inconsistencias en la funcionalidad del mismo. Dicha evaluación, y la posterior eliminación de *bugs* del código y mejoras en la funcionalidad de interface de usuario, se llevó a cabo durante los últimos meses de 2015.

Dentro de las recomendaciones de Fausto (junto con su acompañante terapéutico Ezequiel) se destacaba el interés en que la aplicación “*Las Formas*”, pudiera tener una versión en Android para ser utilizada desde celulares y tablets. Su recomendación se basaba fundamentalmente en que por la naturaleza de la interfaz de usuario, y la forma de interacción del usuario con los elementos geométricos representados (tomar y arrastrar, soltar los elementos interactivos), este tipo de desarrollo resultaba muy adecuado.

En la etapa actual, y ya con el sistema finalizado en versión PC, de manera robusta y totalmente funcional, e instalándose en las máquinas que se reciclan y entregan a Establecimientos de Educación Especial desde UNITEC, se ha empezado a hacer una reingeniería de la aplicación, traduciendo parte del código fuente y estructurando de manera óptima el nuevo código de programación en ANDROID, a fin de lograr una aplicación especialmente diseñada y optimizada para los teléfonos con pantalla táctil y los dispositivos tablet.



Figura 2. Primeras dos pantallas del Juego “*Las formas*”



Figura 3. Juego de Encastre y elección de formas similares



Figura 4. Creando con las formas



Figura 5. Juego de memoria con formas, tipo Memotest (celular y PC)



Figura 6. Pantalla Juego de encastre desarrollado en Android para celular o tablet

4. Conclusiones y recomendaciones

El juego es una actividad innata en los niños y, reconocida por los autores, como un elemento esencial en su desarrollo integral. La evolución en la actividad lúdica del niño a través del juego funcional, juego de autoafirmación, juego simbólico, juego social, etc., permite al niño estructurar su personalidad y en aquellos niños con discapacidad mejorar sus habilidades cognitivas y motrices.

Buena parte de los juguetes del mercado podrían ser más accesibles sin incrementar su costo, incorporando el concepto de diseño universal. Sin embargo, es primordial informar sobre las premisas de este tipo de diseño para que pueda ser accesible a todos aquellos que lo necesiten.

A partir del juego como el desarrollado en UNITEC se propone evaluar el impacto de la aplicación de los dispositivos y software en las personas con diferentes discapacidades con el objetivo de mejorar su calidad, disponibilidad y usabilidad. Para ello se ha trabajado en el estudio y mejora de dispositivos adaptados y tecnologías de ayuda para mejorar la calidad de vida e inclusión de las personas con discapacidad y soporte de la enseñanza-aprendizaje para NEE. Este trabajo en particular, ha estado directamente orientado a satisfacer una demanda de desarrollo tecnológico e instrumentación de bajo costo para NEE generadas a partir de requerimientos específicos de la comunidad educativa.

El abordaje específico de los estímulos o triggers que genera su utilización escapan a las incumbencias de los profesionales que desarrollan los dispositivos, quedando a cargo de los especialistas en temas de Educación Especial y de las neurociencias, que solicitan su implementación.

La tarea de investigación y desarrollo se efectuó incrementando los vínculos con organizaciones que atienden las necesidades, terapias y educación de personas con discapacidad de todo tipo, especialmente las cognitivas y neurolocomotoras que constituyen el mayor porcentaje de las discapacidades de la Argentina, de modo de mantener una actualización permanente.

Estos vínculos han permitido definir necesidades específicas que es necesario atender, desarrollando equipamiento técnico de ayuda, con la consiguiente contribución al desarrollo tecnológico.

La contribución al avance del conocimiento en los temas del proyecto es muy significativa, en particular la posibilidad de concretar patentes, títulos de propiedad intelectual y desarrollos de *hardware* y *software libre* protegidos a través de licencias del tipo “Creative Commons”. Por ello muchos de los desarrollos de la UIDET UNITEC pueden ser utilizados sin necesidad de solicitar permisos explícitos pues distribuyen con una licencia ‘Creative Commons Argentina’.

La concreción del Proyecto en que se inscribe este trabajo específico ha contribuido principalmente a la formación de recursos humanos: capacitación de profesionales, colaboradores y estudiantes en esta temática que aún tiene tan poco desarrollo en la Argentina. Para completar el desarrollo del Proyecto se procederá a evaluar sus resultados en pruebas piloto sobre la población infantil para la cual fue realizada que son, en definitiva, quienes validan los dispositivos finales.

Este trabajo también ha permitido fomentar la interacción de diferentes actores, profesionales de la Ingeniería e Informática, guiando alumnos universitarios junto con la participación de alumnos de Escuelas Técnicas logrando un equipo de trabajo eficiente para resolver un problema específico, aplicando criterios de aprendizaje por proyectos y desarrollo de competencias.

Entre los alumnos participantes se contó con la eficaz colaboración de Fausto Celave, diagnosticado con un Trastorno del Espectro Autista desde temprana edad, y que fue el encargado de realizar las pruebas de funcionamiento del software desarrollado.

Este trabajo ha sido financiado fundamentalmente a través de Proyectos de Extensión de la UNLP, afirmando la relación entre la Universidad y la sociedad, permitiendo la entrega a título gratuito de los dispositivos electrónicos e informáticos desarrollados.

5. Agradecimientos

UNITEC y los autores del trabajo agradecen a la Universidad Nacional de La Plata por la acreditación y subsidios de los Proyectos de Extensión UNITEC LATE y EDETEC, y el proyecto de Investigación I173 que han permitido el desarrollo de estos dispositivos y respectivas aplicaciones.

También agradecemos la importante colaboración de la Ing. Mónica González, por su asesoría en temas de Educación en Ingeniería y por la lectura crítica de este manuscrito.

Y a todos los miembros y colaboradores de la UIDET UNITEC que facilitan el camino para completar todas las actividades para servir a la comunidad en la mejora de su calidad de vida.

6. Referencias

- [1] FERRARI, F.A. et al. (2015). Rampas Tecnológicas para mejora de la accesibilidad e inclusión. *Anales de las Terceras Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería. ITE 2015*. La Plata, Argentina. ISBN 978-950-34-1189-6.
- [2] SÁNCHEZ MONTOYA, R. (2006) Capacidades visibles, tecnologías invisibles: Perspectivas y estudio de casos. (EUEJE) *XXIII Jornadas Nacionales de Universidades y Educación Especial organizado por la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Murcia*. Universidad de Cádiz.
- [3] Vigotsky y su teoría constructivista del juego. <http://biblioteca.ucm.es/revcul/e-learning-innova/5/art382.php> Acceso junio 2016
- [4] Piaget y el valor del juego en su Teoría Estructuralista. <http://biblioteca.ucm.es/revcul/e-learning-innova/6/art431.php> Acceso junio 2016
- [5] MONTESSORI, M. (1949) Educar para un nuevo mundo. Editorial Lozada. Buenos Aires.
- [6] MONGE A., M., MENESES M., M., (2001) El juego en los niños: enfoque teórico. Educación [en línea], 25 (septiembre): [Fecha de consulta: 20 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44025210>. ISSN 0379-7082
- [7] CARMONA LÓPEZ, M. (2004) *Psicomotricidad y juego en la atención temprana de niños con discapacidad*. Tesis. Centro de Valoración y Orientación Delegación de Asuntos Sociales de Granada Junta de Andalucía.
- [8] HAZBUN GUERRA, L. (2008) “Juguete para personas con capacidades diferentes”. Proyecto III. Universidad Rafael Landívar Facultad de Arquitectura y Diseño Departamento de Diseño Industrial. Guatemala. <http://biblio3.url.edu.gt/CDTK/Hazbun-Lily.pdf>. Acceso 20 de junio de 2016.
- [9] MARTÍN-CARO, L. *El juego adaptado como preparación en el uso de Ayudas Técnicas*. http://www.asociacionaccent.com/informa/12_Tecnicas_DISCAPACIDAD/TD01_Discapacidad_juegos_adaptados_motoricos.pdf. Acceso 20 de junio e 2016.
- [10] MONTESSORI, M. (1949) Educar para un nuevo mundo. Editorial Lozada. Buenos Aires.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA REGIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

WQF EN ACCIÓN: UNA EXPERIENCIA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN APLICACIONES WEB EN LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE DEL NEA

Noelia Pinto, GICS UTN FRRe, ns.pinto@gmail.com

Nicolás Tortosa, GICS UTN FRRe, nicotortosa@gmail.com

Blas Cabas Geat, GICS UTN FRRe, blasc147@gmail.com

Maximiliano Ulibarrie, GICS UTN FRRe, agustin.ulibarrie@gmail.com

Liliana Cuenca Pletsch, GICS UTN FRRe, lilianacp@gmail.com

Resumen— Actualmente existen en el mercado diversas herramientas que permiten evaluar la calidad de aplicaciones Web teniendo en cuenta sólo algunas cuestiones particulares como por ejemplo: accesibilidad, experiencia de usuario, tráfico de visitas diarias, entre otras. Sin embargo, se evidencia ausencia de herramientas que puedan ser usadas para evaluar la calidad de forma integrada en este tipo de aplicaciones.

En trabajos anteriores, se han presentado las particularidades de diseño y desarrollo de WQF (Web Quality Framework), un framework compuesto por un modelo de calidad (WQM) y una suite de herramientas (QUCO2 y QUVI) orientado a la evaluación de calidad de aplicaciones Web.

En este artículo se presenta los resultados de la experiencia de validación del framework en un contexto colaborativo junto al Polo IT Chaco, una organización que nuclea a empresas PYMES de la Industria del Software pertenecientes a la región NEA.

La configuración del modelo de calidad y la gestión de sus componentes a través de aplicaciones del framework, constituyen uno de los aportes significativos de este estudio junto a la obtención de metadatos que servirán de línea base para futuras experiencias similares.

Palabras clave— *Calidad del Producto de Software, Evaluación de Calidad de Aplicaciones Web, Ingeniería de Software.*

1. Introducción

El concepto de calidad tiene muchas definiciones, pero una ampliamente aceptada es la establecida por la ISO 9000 [1] que define la calidad como el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”. Estos requisitos son establecidos por los usuarios y por tanto se puede decir que la calidad es un tema subjetivo dependiente del nivel de satisfacción que el usuario sienta frente al producto utilizado [2]. Por ello el desarrollo de productos de software con calidad es uno de los factores críticos para el éxito de las organizaciones.

Las aplicaciones Web son un tipo especial de productos software, pues tienen características que las diferencian de los sistemas tradicionales tales como: el tamaño y complejidad de las

aplicaciones, el carácter multidisciplinar del equipo de desarrollo, la tasa apresurada de entrega del proyecto, entre otras. Las características antes mencionadas traen consigo que los procesos, modelos y métricas existentes para evaluar la calidad tengan que ser adaptados para considerar los cambios impuestos por las nuevas tecnologías [3].

En trabajos anteriores se ha presentado WQF[4], un framework que incluye un modelo de calidad orientado a la evaluación de calidad de aplicaciones web y que se ha denominado modelo WQM. El framework incluye además dos herramientas:

- QUCO2, un software que permite gestionar todos los elementos del modelo WQM e implementarlo a través de una encuesta automatizada que es dirigida a usuarios finales de aplicaciones Web [4].
- QuVi, una aplicación cuyo objetivo principal es la obtención de informes estadísticos en base a los datos recolectados a través de QUCO2, que colaboren en la toma de decisiones a nivel gerencial de las PYMES [5].

Por tanto, en este trabajo se presentan los resultados del proceso de validación del framework WQF, tomando como referencia un caso particular de unas de las empresas participantes de la experiencia.

El artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se describen los detalles técnicos de implementación de ambas herramientas del framework junto a las particularidades surgidas en el proceso de integración de las mismas y, seguidamente, en la sección 3 se presenta la experiencia del caso de estudio junto a los resultados obtenidos en cada etapa. Finalmente en la última sección se describen las conclusiones obtenidas y se expresan las futuras líneas de trabajo vinculadas.

2. Materiales y Métodos

2.1 Motivaciones

En una etapa previa al desarrollo e integración de WQF se han analizado el funcionamiento de herramientas que actualmente se encuentran disponibles en el mercado y evalúan diversos criterios asociados a la calidad en uso de software web.

Por ejemplo la aplicación desarrollada por Amazon, Alexa [6] que ofrece información sobre el tráfico de visitas diarias, calculando la posición que ocupa el sitio evaluado en un ranking mundial. Sin embargo, que una aplicación sea valorada en los mejores puestos no garantiza calidad del producto.

Otra aplicación estudiada fue Nibbler[7], patrocinada por Silktide, que ofrece una puntuación desagregada en varios criterios, e indica cómo mejorar en cada aspecto. La evaluación puede variar en cada test realizado, debido a que elige cinco secciones al azar incluidas en la aplicación web, lo cual resulta poco útil porque si bien permite corregir errores y mejorar aspectos en todo el sitio, no permite al evaluador seleccionar las secciones que le interesan. Además, otro punto controversial está relacionado a que varios de los criterios que ofrece Nibbler para evaluar no se relacionan a cuestiones de calidad.

Así, y teniendo en cuenta la ausencia de herramientas que trabajen en base a modelos de calidad que integren varios aspectos a evaluar, se ha desarrollado WQF, cuya validación y resultados de implementación en ambientes reales se presentan en este artículo.

2.2 Características técnicas de WQF

Haciendo referencia brevemente al modelo de calidad que forma parte de WQF y denominado WQM (Web Quality Model) [8] se exponen a continuación las métricas que lo conforman:

- *Usabilidad*: Indica el grado de eficacia, eficiencia y satisfacción con la que usuarios específicos pueden lograr objetivos específicos, en contextos de uso específicos al utilizar un producto. Los criterios a evaluar son: Facilidad de aprendizaje, Consistencia, Recuperabilidad, Retención en el tiempo y Flexibilidad.
- *Confiabilidad*: Esta métrica se relaciona con la capacidad del software de mantener su nivel de performance bajo las condiciones establecidas por un período de tiempo. En este caso se evalúa: Frecuencia de fallos, Exactitud en las salidas, Capacidad de recuperación ante fallas.
- *Funcionalidad*: Permite comprobar la relación entre las funciones de las aplicaciones, los resultados esperados y los resultados reales. Los criterios de calidad a evaluar son: Adecuación, Seguridad, Cumplimiento.

Cada métrica propuesta asocia a cada característica un peso (por ejemplo: No Aplica, Aplica, Aplica fuertemente), que se evalúa según una escala de medición (por ejemplo Malo, Regular, Bueno, Muy Bueno). La fórmula general, que se presenta en (1), ha sido pensada para calcular el nivel de calidad general que se obtendrá en cada evaluación, utilizando WQF:

$$NO = \sum_{i=1}^n (VC \cdot PC) \div \sum_{i=1}^n (PC) \quad (1)$$

dónde NO es el Nivel Obtenido, VC es el Valor Calculado para la métrica i y PC es el Peso de la Característica i . Las sumatorias se realizan en función de todos los componentes seleccionados para la evaluación. Básicamente se trata de un promedio entre los valores obtenidos para cada componente influido por el peso de ese componente en el estudio general.

Durante su desarrollo el framework pasó por diversas fases, para lograr obtener la mejor aproximación en las funcionalidades que lo caracterizan. Así luego de la definición del modelo WQM, base fundamental de su implementación, se continuó con el desarrollo de las herramientas de apoyo.

De esta forma, en una primera instancia se trabajó sobre QUCO2, una aplicación que permite a los usuarios evaluar un software web de manera automatizada, teniendo en cuenta los componentes propuestos en el modelo de calidad WQM. La tecnología utilizada para el desarrollo fue Django [9], un framework de código abierto para el desarrollo rápido de aplicaciones web. Posteriormente se desarrolló la aplicación QUVI, que toma los datos recolectados a través de QUCO2 y permite elaborar informes estadísticos.

Al finalizar el desarrollo de ambas herramientas, y luego de haberse validado cada una por separado, se dio inicio a la etapa de integración funcional bajo tecnología REST (Representational State Transfer), un estilo de arquitectura que permite desarrollar servicios, favoreciendo la escalabilidad en el desarrollo y la información compartida entre ambas aplicaciones de una manera segura.

2.3 Implementación Ágil de WQF

Para la fase de integración de WQF, y con el objetivo de utilizar metodología ágil, el equipo de desarrollo decidió que el proyecto se implemente bajo Scrum, definiéndose todos los elementos necesarios a tal fin.

Se definieron, entonces, seis sprints que permitieron cubrir la totalidad de requerimientos incluidos en el product backlog. Luego se planificó cada sprint al inicio de la semana, estableciendo las prioridades de los requerimientos y el tiempo final de duración de la unidad de trabajo. Durante el proceso de desarrollo surgió la necesidad de refinar el product backlog, y clarificar algunos requerimientos que presentaron ambigüedad en su definición, por ejemplo la información a la que podría acceder cada perfil de usuario manejado en WQF.

Para la validación parcial de los componentes implementados en WQF se diseñaron y ejecutaron lotes de casos de prueba incrementales hasta llegar al testing de la herramienta integrada junto a QUCO2 y QUVI.

2.4 Primeros pasos

Una vez que se tuvo disponible una versión funcional de WQF, se inició la transferencia entre las empresas que integran el Polo IT Chaco. En primer lugar, y en reunión con los directivos de cada empresa, se presentó una propuesta de plan de acción con el objetivo de poner en conocimiento el conjunto de tareas y cronograma previsto para llevar adelante el proceso. La propuesta incluyó las siguientes secciones:

- *Propósito:* una breve descripción del motivo por el cual se propone realizar este proceso.
- *Alcance:* define el límite de la implementación.
- *Cronograma:* establecimiento de tiempos para implementar las diferentes etapas.
- *Equipo:* lista de los participantes y su rol correspondiente en el proyecto.

Luego de haber detallado los procedimientos, cada empresa seleccionó la aplicación web a evaluar y la población de usuarios que, luego, participaron de la experiencia. Este proceso se basó en las prioridades de la empresa respecto a qué aplicaciones deberían incluirse en ciclos de mejora y, en base a esto, se realizó un estudio sobre qué usuarios podrían participar de la experiencia de evaluación.

Asociado a esto es importante destacar que el equipo de desarrolladores fue el encargado de realizar las capacitaciones correspondientes para guiar en la utilización del framework y facilitó la documentación necesaria para que sea distribuida entre los usuarios finales que también utilizarían los componentes de WQF.

Además se configuró el servicio web de forma local en un servidor provisto por la Facultad Regional Resistencia, que permitió disponer de un dominio a través del cual se pueda acceder a QUCO2 y a QUVI. Finalmente se autorizó el inicio del lote de evaluación, estableciendo fechas límites para la obtención y análisis incremental de los resultados.

3. Resultados y Discusiones

Del caso de estudio participaron varias empresas y al momento siguen sumándose nuevos proyectos para evaluación. Por ello, y a los fines de este artículo, aquí se presentan los resultados obtenidos de la experiencia de una de las empresas participantes.

Así, en el caso que aquí se describe, la población total de la experiencia se compuso de 50 usuarios asiduos de la aplicación web propuesta por la empresa. Estos usuarios fueron consultados e informados acerca del objetivo del proceso y de la importancia de su rol en el proceso de evaluación.

Al inicio, se les entregó a cada uno la URL de QUCO2 junto a la cuenta de acceso para trabajar.

Así cada usuario realizó el proceso de evaluación de la aplicación asignada y a medida que iban finalizando, QUCO2 les informaba sobre una calificación final. Este valor numérico se encuentra comprendido en alguno de los rangos expresados en la tabla 1, donde se incluye la relación Valor-Nivel de calidad, de acuerdo al modelo WQM.

Tabla 1. Relación Nivel de Calidad-Valor

Nivel de calidad	Rango de Valor Final
Baja	0-7
Regular	8-13
Media	14-19
Máxima	20-22

Fuente: De elaboración propia

Una vez finalizado el lote de evaluación, en el período establecido, QUVI se sirvió de la información recolectada en las encuestas y se pudieron analizar estadísticamente los resultados. Así, de acuerdo a lo que se ve en la Figura 1, el 60% evaluó como Regular al producto, el 28% con calidad Baja y el 12% con una calidad Media.

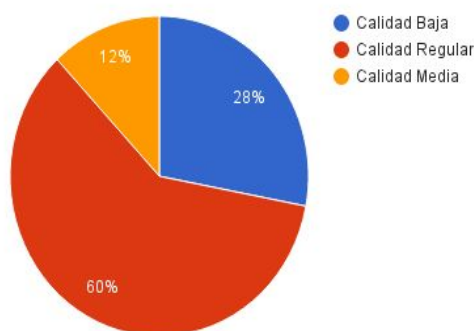


Figura 1. Porcentajes de usuario de acuerdo a la evaluación de calidad de la aplicación

Fuente: De elaboración propia

En promedio, de acuerdo a las evaluaciones obtenidas, la aplicación evaluada obtuvo un valor final de 11.14, aproximadamente, por lo que el framework la catalogó como un producto de Calidad Regular tal como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Nivel de calidad promedio de aplicación evaluada

Fuente: gics-quvi.frre.utn.edu.ar

Todas las evaluaciones almacenadas en QUCO, generan datos que luego son consumidos, a medida que son necesarios, por QUVI, la otra aplicación integrada en WQF.

A partir de esto, y en primer lugar, se ofrece a la empresa una vista resumida de las evaluaciones que se realizaron ofreciendo datos tales como: Cantidad de evaluadores que participaron del lote de evaluación, período en el que se realizó, etc. Un ejemplo de la vista inicial que presenta QUVI se muestra en la Figura 3.

QUVI Evaluaciones realizadas

	#	Titulo	Cantidad de evaluadores	Periodo de evaluación		Acciones
				Habilitación	Cierre	
+	1	EVALUACION 5 i	7	16/05/2016 21:59	-	Ver informe general
+	2	EVALUACION 4 i	4	16/05/2016 21:59	-	Ver informe general

Figura 3. Evaluaciones realizadas en QUVI

Fuente: gics-quvi.frre.utn.edu.ar

La principal potencia de QUVI, sin embargo, radica en los informes estadísticos que permite obtener. Uno de ellos, por ejemplo, es el gráfico de barras que informa, desde una perspectiva general, los valores promedios que se obtuvieron para cada una de las métricas, es decir, el cociente entre el puntaje total que obtuvo la métrica y la cantidad de usuarios que evaluaron la aplicación. En la Figura 4 se puede observar, teniendo en cuenta el lote de evaluación estudiado, que la Usabilidad obtuvo un mayor puntaje en comparación con la Funcionalidad y la Confiabilidad.



Figura 4. Gráfico de barra de valores promedios relacionados a las métricas en la evaluación
Fuente: gics-quvi.frre.utn.edu.ar

Otro informe estadístico se representa en la Figura 5, esta representa un ejemplo de gráfico de Caja Bigote obtenido a partir de las evaluaciones realizadas por los usuarios. El mismo nos permite identificar varias características importantes al mismo tiempo, tales como: valores atípicos, dispersión y simetría de los datos, valores centrales, etc.

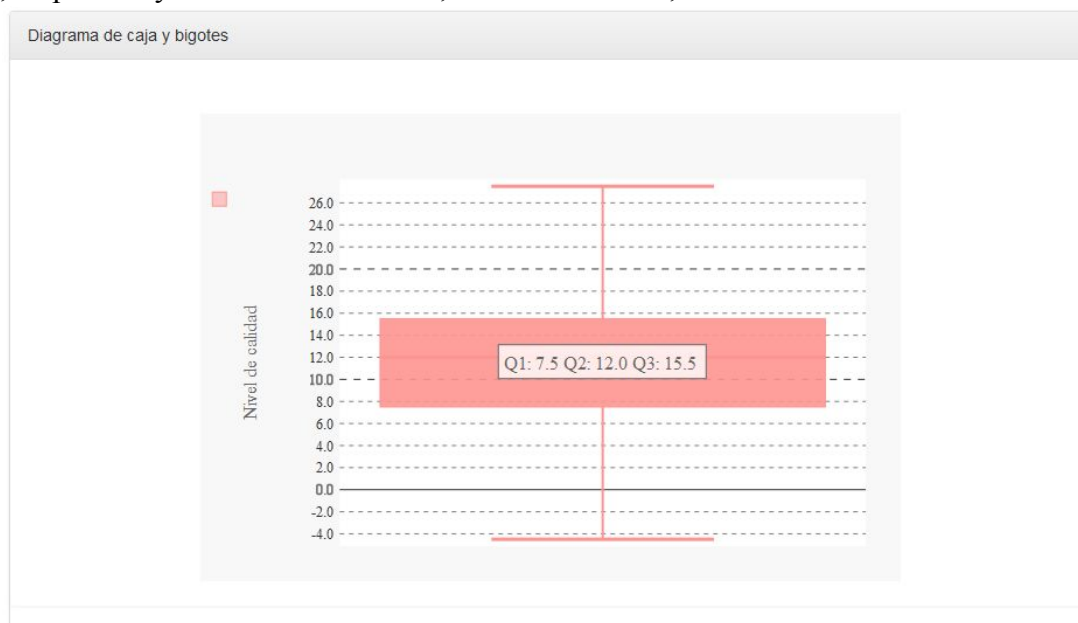


Figura 5. Diagrama de Caja y Bigote obtenido en la evaluación
Fuente: www.gics-quvi.frre.utn.edu.ar

Así para el caso de estudio se puede observar que entre los valores, 7.5 y 15.5 que forman la caja (el 1° y 3° cuartil de la distribución respectivamente), se concentran el 50% central de los

datos. La línea central en la caja representa el valor de la mediana. De este modo, si los resultados de las evaluaciones son simétricos, dicha línea se encontrará en el centro de la caja. Los extremos de los "bigotes" que salen de la caja son los valores que delimitan el 95% central de los datos, aunque en ocasiones coinciden con los valores extremos de la distribución, cualquier valor más allá de estos extremos representará un valor atípico que podría ser fácilmente detectado. Además podemos mencionar que entre el extremo inferior y el cuartil uno (segmento representado por el bigote inferior), muestra la distribución del primer 25% de los datos, ayudando a identificar de mejor manera la dispersión de los mismos. Esto significa que mientras más largo sea este tramo, mayormente dispersos se encontrarán los mismos. De igual forma ocurre con los últimos 25% de los datos, representados entre el cuartil tres y el extremo superior (segmento representado por el bigote que se encuentra más arriba).

QUVI, además, ofrece la posibilidad de obtener informes más detallados profundizando el análisis del comportamiento de los usuarios al evaluar cada métrica. Por ejemplo en la Figura 6 se muestra la caracterización de la métrica Usabilidad, cuyo valor fue el mejor evaluado en el conjunto de usuarios, de acuerdo a sus criterios, para la cual tuvo más impacto la Consistencia en el valor final obtenido.



Figura 6. Detalle de evaluación de criterios para la métrica Usabilidad

Fuente: www.gics-quvi.frre.utn.edu.ar

En forma similar, la Figura 7 muestra cómo fue caracterizada la métrica de Confiabilidad en el lote de evaluación respecto a sus criterios. Por ejemplo se puede observar que el criterio mejor evaluado fue el de Capacidad de recuperación ante fallas y el peor Frecuencia y severidad de las fallas



Figura 7. Detalle de evaluación de criterios para la métrica Confiabilidad
Fuente: www.gics-quvi.frre.utn.edu.ar

En el caso de la métrica de Funcionalidad, se puede observar, de acuerdo a la Figura 8, que el criterio asociado al Cumplimiento fue el que obtuvo el valor más alto. En esta misma métrica, el criterio asociado a seguridad, fue el peor evaluado.

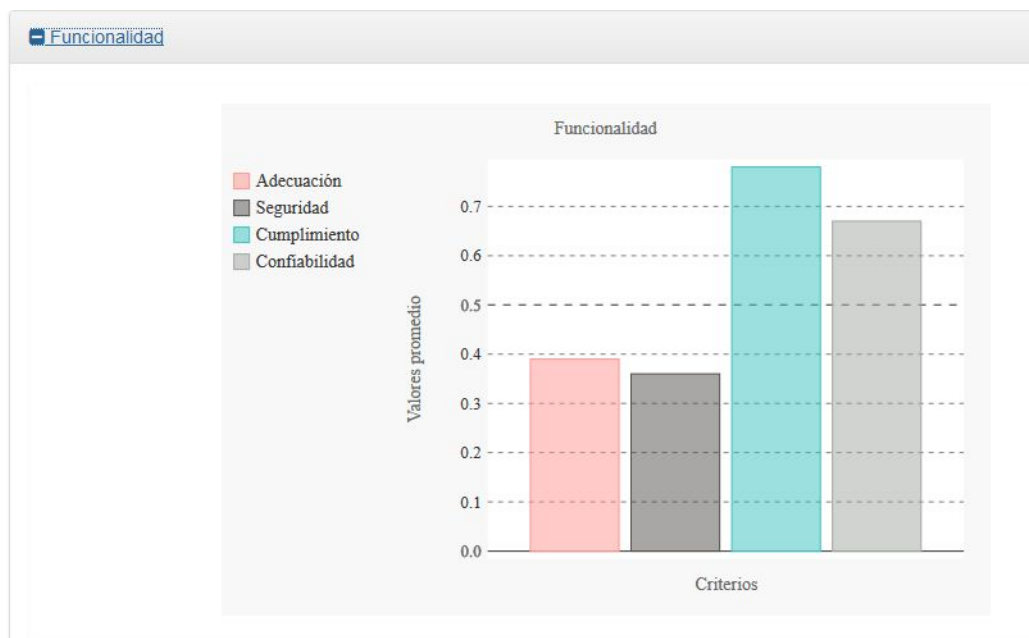


Figura 8. Detalle de evaluación de criterios para la métrica Funcionalidad
Fuente: www.gics-quvi.frre.utn.edu.ar

Además, se ofrece mayor detalle de información por criterio teniendo en cuenta el valor de cada métrica. Así por ejemplo si se quisiera analizar el caso de la Usabilidad, el criterio de Consistencia se caracteriza como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Detalle de evaluación del criterio Consistencia en Usabilidad

Fuente: www.gics-quvi.frre.utn.edu.ar

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos y análisis de los informes estadísticos obtenidos, se realizó una reunión con la empresa participante para trabajar colaborativamente en el proceso de mejora continua respecto al framework propuesto. De esta reunión participaron los directivos de la PYME y los miembros del Grupo de Investigación abocados al estudio. Así a continuación se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas al final de la experiencia.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Como ya se mencionó, WQF es un framework basado en la definición de un modelo, de forma tal que todos los artefactos involucrados en la gestión de calidad de productos de software web puedan ser evaluados de forma automática. Así WQF fue validada como una herramienta integral diseñada para analizar, evaluar y mejorar la calidad de aplicaciones web. En este artículo se han presentado los resultados obtenidos a partir del proceso de validación con una de las PYMES del Polo IT Chaco, la cual participó de la experiencia de utilización del framework para evaluar la calidad de determinada aplicación, desarrollada y comercializada por dicha empresa.

Entre los resultados finales se definieron, en conjunto con la empresa, que algunos de los beneficios que proporciona la utilización del framework son: la rapidez en obtener el valor

final de evaluación de calidad de una aplicación web, la reducción de errores en la captura de información de la evaluación y mayor exactitud en el cálculo de valor de calidad asociado gracias a la automatización de los procesos. Los informes obtenidos fueron validados por la empresa, quienes consideraron de mucha utilidad el detalle que ofrece QUVI para analizar con mayor precisión cada métrica evaluada y expresaron su conformidad.

Como trabajos futuros surgió la necesidad de modificar el framework de forma tal que permita configurar el modelo WQM de acuerdo a las características que la empresa desee evaluar por aplicación, pues se pudo concluir, a partir del caso de estudio, que no siempre el peso de las métricas se mantiene uniforme sino que este varía de acuerdo al ambiente de producción.

Además, actualmente se ha iniciado el proceso de extender la funcionalidad del framework a la evaluación de calidad en ambientes ágiles incorporando un nuevo modelo y herramientas de soporte que automaticen el proceso de medición y evaluación, dando soporte a la gestión de elementos del modelo de calidad.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación acreditado “Framework para la evaluación de Calidad del Software”, EIUTIRE0002205TC de la Universidad Tecnológica Nacional.

Cabe destacar también que el artículo se enmarca en las actividades planificadas en el Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) presentado, “Aporte a la competitividad de las empresas de desarrollo de Software del NEA”, IP253, evaluado y aprobado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET).

Referencias

- [1] ISO. (2001). *Sistemas de gestión de la calidad-Conceptos y vocabulario. Norma Internacional ISO 9000*.
- [2] Pinto, N. S., Tortosa, N. G., Pletsch, L. R. C., Acuña, C. J., Greiner, C., & Estayno, M. (2013). Aproximación a la Evaluación de la Calidad de Aplicaciones Web. *Ciencia y Tecnología*, 1(13).
- [3] Abrahão, S. M., Pastor, O., Olsina, L., & Fons, J. (2001, November). Un Método para Medir el Tamaño Funcional y Evaluar la Calidad de Sitios Web. In *JISBD* (pp. 477-490).
- [4] Tortosa, N., Pinto, N., Acuña, C., Cuenca Pletsch, L. R., & Estayno, M. G. (2013). QUCO2: development of a tool for measuring the quality of web applications. In *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*.
- [5] Pinto, N., Tortosa, N., Cuenca Pletsch, L., Acuña, C., Seba, Sebastián. QuVi: Un enfoque estadístico para la obtención de sistemas Web de Calidad. CONAISI 2014. ISSN N° 2346-9927.
- [6] Información disponible en <http://www.alexa.com/> Último acceso 05/2016
- [7] Información disponible en <http://nibbler.silktide.com/> Último acceso 05/2016

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE APLICACIONES WEB: EXPERIENCIA EN UNA PYME DEL POLO IT CHACO

[8] Pinto, Noelia; Tortosa, Nicolás; Acuña, César; Cuenca Pletsch, Lilian; Estayno, Marcelo. “Evaluación de Calidad de Aplicaciones Web asistida por herramientas tecnológicas”. WICC 2013. ISBN 978-987-28179-6-1.

[9] Información disponible en <https://www.djangoproject.com/> Último acceso 05/2016



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

INTERFERENCIAS DE EMISORAS DE FM EN LA BANDA DE FRECUENCIA AERONÁUTICA

Alberto Daniel Valdez, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
dvaldez@exa.unne.edu.ar

Carlos Arturo Miranda, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carturomiranda@gmail.com

Paola Luciana Schlesinger, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
pupelu@gmail.com

Juan Ángel Chiozza, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
condosz@hotmail.com

Carlos Victor Miranda, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carlitos22@gmail.com

Federico Valdez, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
valdez796@gmail.com

Resumen- La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia (FM) se extiende desde los 88 MHz a 108 MHz. La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radionavegación Aeronáutica (SRNA) abarca desde 108 MHz a 117,975 MHz y el Servicio Móvil Aeronáutico (ruta) SMA(R) abarca desde 117,975 MHz a 137 MHz. La proximidad de estas bandas, las elevadas potencias de los transmisores de FM, el tipo de modulación de los sistemas aeronáuticos, la característica de sensibilidad y selectividad de los receptores aeronáuticos móviles, la cercanía de ciudades con los aeródromos, la falta de una planificación global en la autorización de estaciones de radiodifusión y la clandestinidad de algunas estaciones de FM operativas, son algunas de las causas a considerar en el estudio de interferencias.

En este trabajo se realiza una evaluación integral de las posibles causas de interferencias en los sistemas de radios aeronáuticos, basada en la normativa internacional y nacional vigente. Se evalúa un caso testigo de interferencia de una emisora de FM en la banda de 108 MHz a 117,975 MHz, en base a comprobaciones técnicas realizadas por la Comisión Nacional de Comunicaciones-CNC (hoy Empresa Nacional de Comunicaciones - ENACOM), las mediciones realizadas in situ en los equipos de la emisora de FM, el análisis de la normativa vigente y concluyendo con las potenciales causas de interferencia.

Palabras clave— *planificación, receptores, mediciones, normativa.*

1. Introducción

Las interferencias de emisoras de FM en la banda de frecuencia aeronáutica es un problema habitual en las cercanías de los aeropuertos. La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia (FM) se extiende desde los 88 MHz a 108 MHz [1]. La banda de frecuencia asignada al Servicio de Radionavegación Aeronáutica (SRNA) abarca desde 108 MHz a 117,975 MHz y el Servicio Móvil Aeronáutico (ruta) SMA (R) abarca desde 117,975 MHz a 137 MHz [2].

Las emisoras de FM operan con potencias de transmisión de RF que van desde centenas de Watts a decenas de KW utilizando antenas con ganancias de 3 dB a 15 dB lo cual incrementa considerablemente la potencia radiada efectiva (PRE) en determinadas direcciones.

Los sistemas aeronáuticos que operan en la banda SRNA son los localizadores VOR (*Very High Frequency Omnidirectional Range* - Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia), ILS (*Instrument Landing System* - Sistema de Aterrizaje por Instrumental), GBAS (*Ground Based Augmentation System* - Sistema de Aumentación Basado en Tierra) y Tecnologías de enlaces de datos Modo VDL (*VHF Data Link*) Modo 4 y en la banda SMA(R) comunicaciones aeroterrestres y aire-aire (voz y datos) [2] [3].

La proximidad de estas bandas, las elevadas potencias y no linealidad de los amplificadores de potencia de los transmisores de FM, el tipo de modulación de los sistemas aeronáuticos, la característica de sensibilidad y selectividad de los receptores aeronáuticos móviles, la cercanía de ciudades con la mayoría de los aeródromos, la deficiencia en la planificación global en la asignación de frecuencias de estaciones de radiodifusión y la clandestinidad de estaciones de FM operativas, son algunas de las causas a considerar en el estudio de interferencias.

En este trabajo se presenta una evaluación de los posibles factores que intervienen en el fenómeno de interferencias en los sistemas aeronáuticos de radionavegación y de comunicaciones, analizando los puntos más relevantes de la normativa internacional y nacional vigente. A los fines de ejemplo se evalúa un caso testigo de interferencia de una emisora de FM X de la ciudad de Goya (Corrientes) en la banda de 108 MHz a 117,975 MHz, notificada en base a comprobaciones técnicas realizadas por la Unidad Móvil de la CNC (hoy ENACOM). Se efectuaron inspecciones y mediciones con instrumental adecuado in situ en los equipos de la emisora de FM X, la recolección de datos geográficos, el análisis de los resultados con la normativa vigente y concluyendo con la discusión de las potenciales causas de interferencia.

2. Materiales y Métodos

En el análisis realizado en el presente trabajo se tomó como material de referencia la normativa nacional e internacional vigente en la materia, un caso testigo de interferencia en la banda aeronáutica atribuida a una emisora de FM y la experiencia del grupo alcanzada con los proyectos desarrollados en el tema de las radiaciones no ionizantes. Es de destacar que el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes inició sus actividades hace ya más de veinte años y entre sus integrantes cuenta con Profesores Investigadores de las asignaturas Electrónica II (electrónica de alta frecuencia), Fundamentos de Comunicaciones, Mediciones Electrónicas, Propagación y Antenas y Sistemas de Comunicaciones de la carrera de Ingeniería en Electrónica de la Universidad Nacional del Nordeste.

Se utilizaron los siguientes documentos como material básico:

Documentos Nacionales: SC 142/96 [1]; Resolución 3690/2004 CNC [4]; ANAC 154 [2]; AIP (Publicación de la Información Aeronáutica) *ENR 4.1* [5].

Documentos internacionales: Recomendación UIT-R SM.1009-1 (1995). [6]; Recomendación UIT-R SM.1446 (2000). [7]; Recomendación UIT-R SM.329-7 (1997). [8]; Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Organización De Aviación Civil Internacional (OACI- ICAO) (2006). [9]; UIT - Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R SM.1140 (1995) [10].

Se tomó como caso testigo la emisora de FM X de la ciudad de Goya la cual fue notificada por el Centro de Comprobación Técnica Posadas CNC que, de acuerdo a las comprobaciones técnicas efectuadas, generaba emisiones no esenciales en el espectro de frecuencias comprendido entre 113,900 MHz y 116,200 MHz, dentro de la banda atribuida al Servicio de Radionavegación Aeronáutica.

En primer lugar se recolectaron los datos técnicos básicos de la emisora de FM: frecuencia de portadora, potencia de salida del transmisor de FM, altura del mástil, características del alimentador de antena, tipo de antena, orientación y ganancia, equipamiento utilizado para la generación y procesamiento de la señal de audio y sus especificaciones técnicas, ubicación en coordenadas geográficas de la antena, entre otras.

Se recogieron los datos del aeropuerto de Goya cuya cabecera de pista se encuentra a 4 Km de la emisora, coordenadas geográficas, las frecuencias y sistemas de radio operativos; de igual manera se procedió con el aeropuerto de Reconquista (Santa Fe) distante a 40,5 Km de la emisora, ya que la Resolución SC142/96 establece un radio de 50 Km de distancia a considerar para los productos de intermodulación de tercer orden.

En la emisora se midieron los parámetros técnicos más importantes de funcionamiento. Para ello se utilizó el siguiente instrumental electrónico: analizador de espectro de RF Good Will modelo GSP-827 con rango de frecuencia desde 9 KHz a 2,7 GHz, resolución RBW de hasta 3 KHz y rango dinámico de 100 dB, medidor de potencia de RF Bird modelo 43 con dos plug-in de 50 a 125 MHz y rangos de 100 W y 1.000 W, un elemento de muestreo nodireccional con atenuación de -50 dB, frecuencímetro digital marca Yaesu modelo YC-500J con rango de medida de 50 a 500 MHz en su banda alta, receptor de radio definido por software (SDR-*Software Defined Radio*) RTL2832U con rango de frecuencia desde 24 MHz a 1.766 MHz, antena receptora dipolo abierto marca Promax modelo AMC/1. Además los software: Software EagleShot Ver.3.6.8 (software de captura utilizado por el analizador de espectro de RF Good Will GSP827) y Software SDR Sharp v.1.0.0.1430 AIRSPY (software para el receptor SDR RTL2832U + R820T).

En primer lugar se midió la potencia de salida de RF del transmisor, la frecuencia de portadora, procediendo luego a la medición del espectro de salida del transmisor. La medición del espectro de salida se realizó en varias condiciones: con señal moduladora de entrada de un tono seteada en diferentes frecuencias y desviación de frecuencia máxima y con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, registrando en todos los casos los niveles de acuerdo a la segmentación espectral establecida en la gráfica de espectro de emisión del Capítulo 11 de la Resolución SC142/96.

A continuación se midió el espectro de frecuencia de la banda inmediata superior a la banda de 88 a 108 MHz, asignada al servicio de FM, porción del espectro reservado al servicio SRNA y SMA(R), con diferentes spam de frecuencia observando cuidadosamente a fin de detectar posibles salidas espurias. Luego se procedió a realizar mediciones en los entornos de las frecuencias armónicas potenciales a partir de la frecuencia fundamental hasta el séptimo armónico.

Con la finalidad de realizar el análisis de potenciales mezclas interferentes se procedió a la localización de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia en la

banda de 88 MHz a 108 MHz activas en la ciudad de Goya tomando como referencia la ubicación de la emisora evaluada. Para la localización rápida se utilizó el receptor SDR capturando la pantalla del espectro de frecuencias por sectores de 2 MHz y se utilizó el analizador de espectro para la medición particular de cada una. En base a estos datos recolectados se realizó el análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden $2f_1 - f_2$ (dos emisoras) y el análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden $f_1 + f_2 - f_3$ (tres emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz, banda consignada en el acta de la CNC donde la emisora de FM X estaría emitiendo frecuencias espurias. Se consideraron para la evaluación la Resolución 142/96 de la Secretaría de Comunicaciones, Capítulo 5, Item 5.1.5 respecto a la compatibilidad de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia con los servicios aeronáuticos de radio. Se tuvo en cuenta además la Recomendación UIT-R SM.1009-1. Se incluyeron en el análisis los aeropuertos de la ciudad de Goya provincia de Corrientes y Reconquista provincia de Santa Fe, situados en un radio menor que 50 Km, los sistemas de aeronavegación que disponen y sus frecuencias operativas.

3. Resultados y Discusión

Se resumen a continuación los principales procedimientos realizados

3.1 Mediciones en la emisora de FM X

En primer lugar se midió la potencia de salida de RF del transmisor, la frecuencia de portadora, procediendo luego a la medición del espectro de salida del transmisor para diferentes frecuencias y señales moduladoras, de acuerdo con lo descrito en la sección 2. En la figura 1 y figura 2 se grafican a modo de ejemplo los espectros de frecuencia para dos condiciones típicas de ensayo.

3.1.1 Medición de potencia de salida de RF

Instrumentos: watímetro Bird y carga de antena

Potencia directa: 400 W; PRE: 922 W

Potencia reflejada: 20 W

3.1.2 Medición de frecuencia de portadora

Instrumentos: analizador de espectro de RF, frecuencímetro Yaesu, watímetro Bird, sonda de muestra.

Frecuencia de portadora sin modular: 105,701 MHz

3.1.3 Medición del espectro de frecuencias de salida del transmisor

Instrumentos: analizador de espectro de RF, sonda de muestra

Nivel de referencia portadora sin modular: 2 dBm = 0 dBr

- Con modulación de un tono de 15 KHz, $\Delta f = \pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz \pm 120 KHz;
Nivel \leq 0 dBr

- Con modulación de un tono de 15 KHz, $\Delta f = \pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz \pm 120 KHz a 105,70 MHz \pm 240 KHz;
Nivel ≤ -40 dBm < -25 dBr
- Con modulación de un tono de 15 KHz, $\Delta f = \pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz \pm 240 KHz a 105,70 MHz \pm 600 KHz;
Nivel ≤ -55 dBm < -35 dBr
- Con modulación de un tono de 15 KHz, $\Delta f = \pm 75$ KHz; banda de frecuencias mayores que 105,70 MHz + 600 KHz y menores que 105,70 MHz – 600 KHz;
Nivel ≤ -59 dBm < -60 dBr

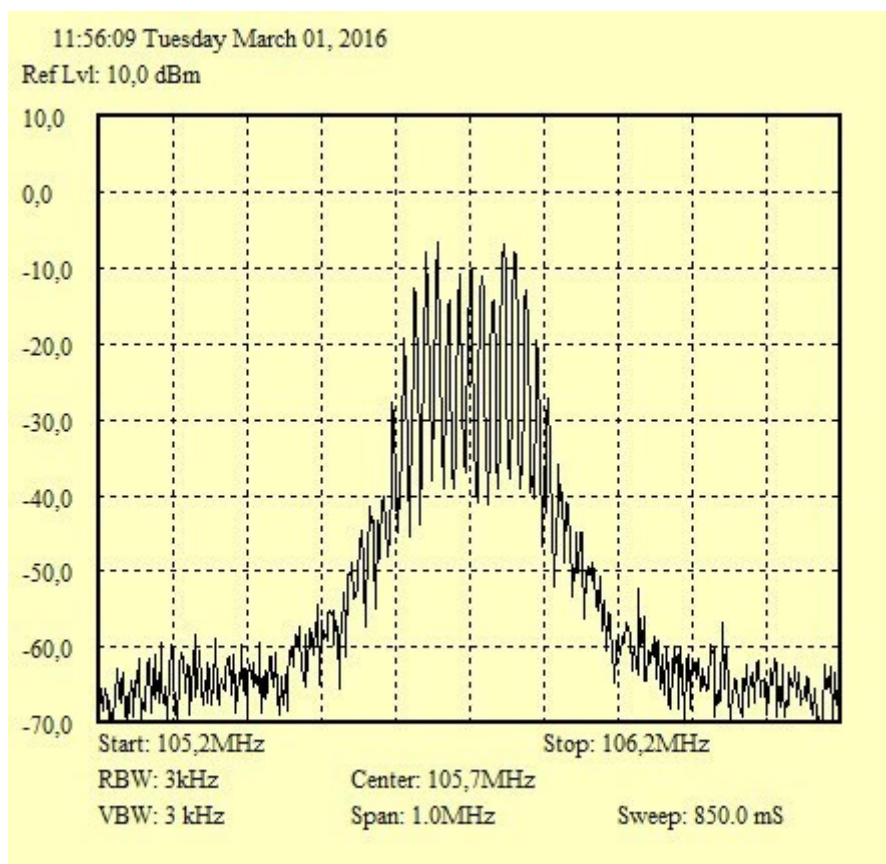


Figura 1. Espectro de frecuencia con modulación de un tono de 15 KHz, $\Delta f = \pm 75$ KHz.
Fuente: elaboración propia.

- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{max} = 15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f = \pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz \pm 120 KHz;
Nivel ≤ 0 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{max} = 15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f = \pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 105,70 MHz \pm 120 KHz a 105,70 MHz \pm 240 KHz;
Nivel ≤ -30 dBm < -25 dBr

- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de $105,70 \text{ MHz} \pm 240 \text{ KHz}$ a $105,70 \text{ MHz} \pm 600 \text{ KHz}$;
Nivel $\leq -38 \text{ dBm} < -35 \text{ dBr}$
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia mayor que $105,70 \text{ MHz} + 600 \text{ KHz}$ y menor que $105,70 \text{ MHz} - 600 \text{ KHz}$;
Nivel $\leq -59 \text{ dBm} < -60 \text{ dBr}$

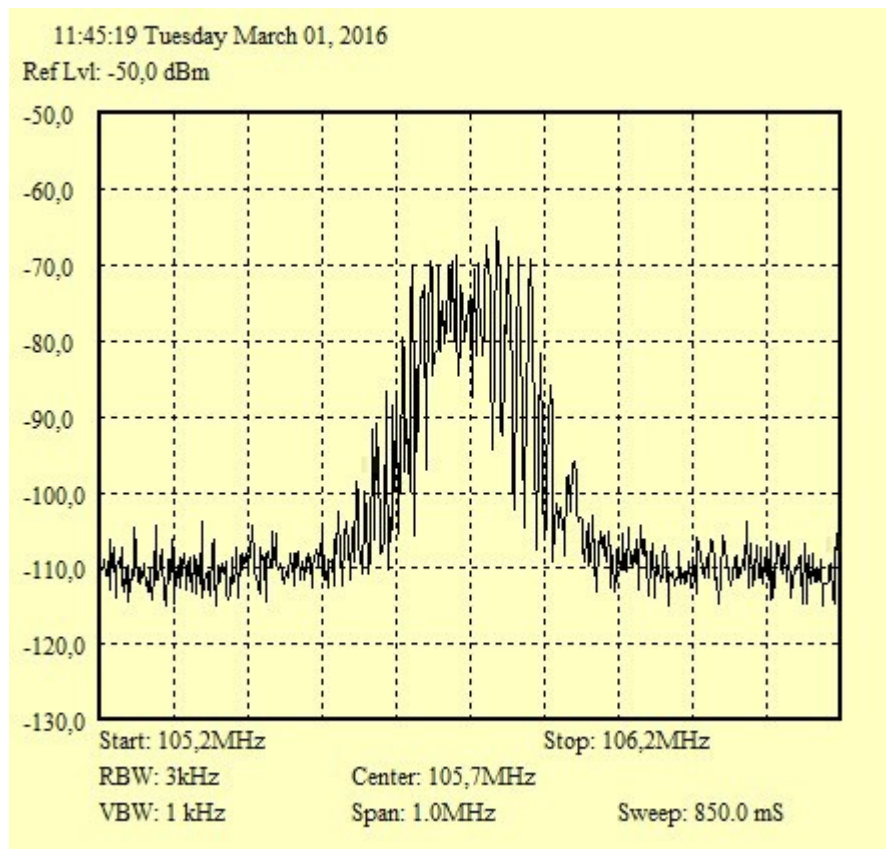


Figura 2. Espectro de frecuencia con modulación de una señal de audio estéreo tomada de aire.
Fuente: elaboración propia.

Evaluación de la banda superior

- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 104 a 220 MHz;
Nivel $\leq -62 \text{ dBm} < -60 \text{ dBr}$
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 108 a 140 MHz;
Nivel $\leq -63 \text{ dBm} < -60 \text{ dBr}$
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 108 a 117 MHz;

Nivel ≤ -63 dBm < -60 dBr

Evaluación de armónicos

- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 210,4 a 212,4 MHz;
Nivel ≤ -63 dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 206,4 a 216,4 MHz;
Nivel ≤ -64 dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 312,1 a 322,1 MHz;
Nivel ≤ -63 dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 417,89 a 427,89 MHz;
Nivel ≤ -65 dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 523,5 a 533,54 MHz;
Nivel ≤ -63 dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 629,2 a 639,2 MHz;
Nivel ≤ -62 dBm < -60 dBr
- Con modulación de una señal de audio estéreo $f_{\max}=15$ KHz, codificación MPX, $\Delta f=\pm 75$ KHz; banda de frecuencia de 734,9 a 744,9 MHz;
Nivel ≤ -63 dBm < -60 dBr

Nota: los valores medidos son inferiores a los valores máximos establecidos en la Resolución N°142/96 Secretaría de Comunicaciones, “Reglamento para el Servicio de Radiodifusión Sonora por Modulación de Frecuencia”, Capítulo 6, respecto al Sistema de Transmisión.

En la figura 3 puede observarse la disposición del transmisor de FM y del analizador de espectro de RF utilizado para las mediciones de frecuencia.



Figura 3. Transmisor de FM X y analizador de espectro de RF.

Fuente: elaboración propia.

3.2 Análisis de potenciales mezclas interferentes

Para el análisis de las potenciales mezclas interferentes se procedió a la identificación y localización de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia en la banda de 88 MHz a 108 MHz, en funcionamiento, en la ciudad de Goya tomando como referencia la frecuencia de portadora de cada emisora evaluada. El procedimiento se realizó de acuerdo a lo descripto en la sección 2. En la figura 4 se observa una captura de pantalla en graficando el nivel relativo en función de la frecuencia de las emisoras de FM operativas en la ciudad de Goya, a modo de ejemplo, en la banda de 104,750 MHz a 107,250 MHz

3.2.1 Localización de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia en la banda de 88 MHz a 108 MHz en la ciudad de Goya (Corrientes).

Instrumentos: Receptor SDR, Analizador de espectros de RF.

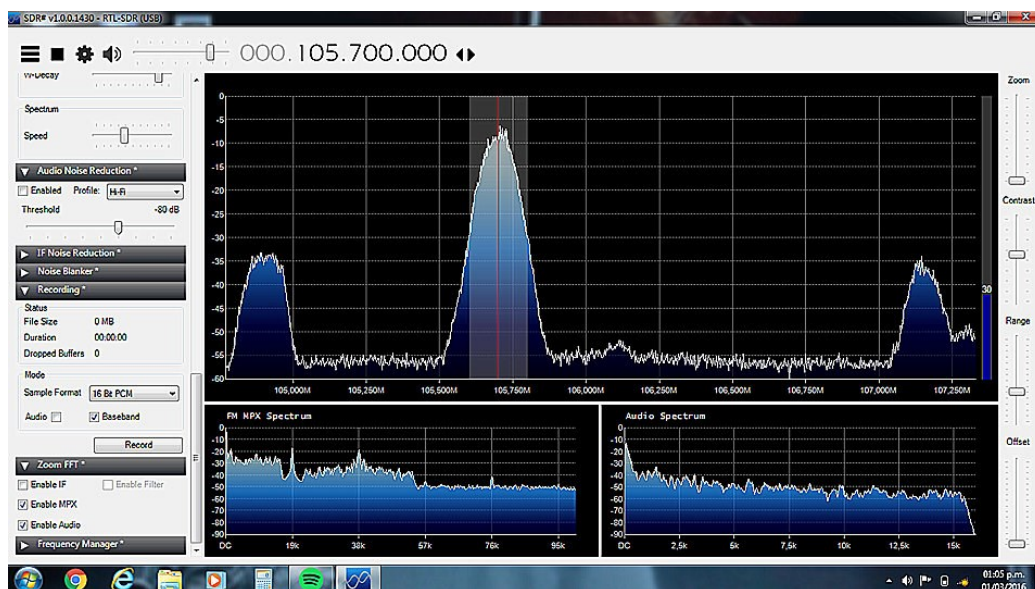


Figura 4. Relevamiento en frecuencia y nivel relativo de las emisoras de FM operativas en la ciudad de Goya (a modo de ejemplo banda de 104,750 MHz a 107,250 MHz).

Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden (dos emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz.

Se consideran para el análisis de los productos de intermodulación de tercer orden y dos frecuencias sólo las combinaciones de emisoras que producen frecuencias dentro de la banda de interés.

En base a los datos recolectados con el receptor SDR se realizó el cálculo y análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden $2f_1 - f_2$ para dos emisoras con resultados en la banda de interés (113,9 MHz a 116,2 MHz). En la Tabla 1 se consignan los mismos.

Tabla 1. Productos de intermodulación de tercer orden (dos emisoras).

f_1 [MHz]	f_2 [MHz]	$2f_1 - f_2$ [MHz]
105,7	96,3	114,7
105,7	95,3	115,3
105,7	94,5	116,1

Fuente: elaboración propia.

3.2.3 Análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden (tres emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz

Se consideran para el análisis de los productos de intermodulación de tercer orden y tres frecuencias sólo las combinaciones de emisoras que producen frecuencias dentro de la banda de interés.

En base a los datos recolectados con el receptor SDR se realizó el cálculo y análisis de potenciales productos de intermodulación de tercer orden $f_1+f_2-f_3$ (tres emisoras) en la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz. En la Tabla 2 se consignan los cálculos.

Tabla 2. Productos de intermodulación de tercer orden (tres emisoras).

f_1 [MHz]	f_2 [MHz]	f_3 [MHz]	$f_1+f_2-f_3$
107,3	105,7	98,7	114,3
107,3	105,7	97,7	115,3
107,3	105,7	96,9	116,1
106,5	105,7	97,7	114,5
106,5	105,7	96,9	115,3
106,5	105,7	96,3	115,9
106,1	105,7	97,7	114,1
106,1	105,7	96,9	114,9
106,1	105,7	96,3	115,5
105,7	104,9	96,3	114,3
105,7	104,9	95,3	115,3
105,7	104,9	94,5	116,1
105,7	104,5	96,3	113,9
105,7	104,5	95,3	114,9
105,7	104,5	94,5	115,7
105,7	104,1	95,3	114,5
....
105,7	100,3	89,9	116,1
105,7	98,7	89,9	114,5
105,7	98,7	89,5	114,9
105,7	98,7	88,5	115,9
105,7	98,7	88,3	116,1
105,7	97,7	89,5	113,9
105,7	97,7	88,5	114,9
105,7	97,7	88,3	115,1
105,7	96,9	88,5	114,1
105,7	96,9	88,3	114,3

Fuente: elaboración propia.

Para la determinación de estos potenciales productos de intermodulación dentro de la banda de 113,9 MHz a 116,2 MHz consignadas en el Acta CNC del 16/08/2012 a Radio FM X, se consideran todas las emisoras de FM operativas en la ciudad de Goya a la fecha y hora de medición.

Se considera para la evaluación la Resolución 142/96 de la Secretaría de Comunicaciones, Capítulo 5, Ítem 5.1.5 respecto a la compatibilidad de las emisoras de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia con los servicios aeronáuticos de radio. Se tiene en cuenta además la Recomendación UIT-R SM.1009-1.

Se incluyen en el análisis los aeropuertos de la ciudad de Goya provincia de Corrientes y Reconquista provincia de Santa Fe, situados en un radio menor que 50 Km, los sistemas de aeronavegación que disponen y sus frecuencias operativas. Se resumen a continuación los datos de interés de los sistemas de cada aeropuerto y sus frecuencias operativas

Goya (SATG) Corrientes/Argentina

290518S 0591200W

TWR 118,1 MHz

AUX 119,7 MHz

NDB LI 345 KHz (no operativo)

Reconquista (SATR) Santa Fe/Argentina.

IAC N°1

291231S 594057W

VOR/DME RTA 117,1 MHz

291238S 594219W

NDB LI 242 KHz

Reconquista (SATR) Santa Fe/Argentina.

IAC N°2

291231S 594057W

VOR/DME RTA 117,1 MHz

TMA 119,0 MHz

APP 119,0 MHz

TWR 119,0 MHz

AUX 118,5 MHz

En la figura 5, sobre un mapa de la región de la ciudad de Goya, se observa la posición de la emisora de FM X y la cabecera de pista del aeropuerto, consignando la distancia y posición relativa de la línea que une ambos puntos con la dirección de la pista de aterrizaje.

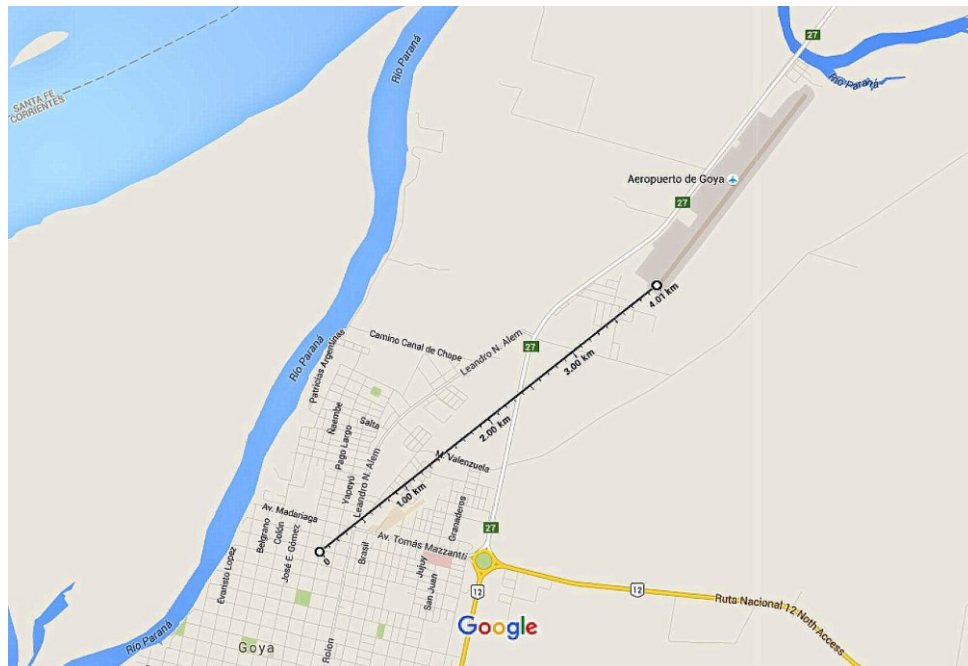


Figura 5. Distancia y dirección entre la antena de FM X y la cabecera de pista del Aeropuerto de Goya.

Fuente: elaboración propia

3.3 Discusión

La evaluación de los posibles factores que intervienen en el fenómeno de interferencias en los *sistemas aeronáuticos de radionavegación y de comunicaciones* vinculados al *servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia* es compleja y presenta varios enfoques diferentes.

En el presente trabajo se evaluó en primer lugar el espectro de frecuencias emitido por el sistema transmisor de FM. De acuerdo a los resultados obtenidos de las mediciones en diferentes condiciones de modulación y a máxima desviación de frecuencia, se concluye que el transmisor se ajusta a la normativa vigente, con un espectro de frecuencia de salida por debajo de los valores límites establecidos [3] en particular en la banda desde 108 MHz a 137 MHz asignado al SRNA.

Luego se procedió al análisis de potenciales mezclas interferentes haciendo foco en la intermodulación de tercer orden de dos y tres frecuencias. Este fenómeno puede presentarse de diferentes formas: dos o tres emisoras de FM con niveles del mismo orden en un punto, dos o más sistemas irradiantes de emisoras diferentes en el mismo mástil, filtrado deficiente de la banda superior a la banda de FM, en particular la segunda armónica, ingreso de otra señal en la etapa de salida de otro transmisor, etc.

En base a los resultados de la exploración del espectro en aire en la ciudad de Goya se calcularon las combinaciones que generan potenciales productos dentro de la banda aeronáutica, en especial la banda SRNA. Se tomó en cuenta la distancia de las diferentes emisoras a la emisora de FM X. Se contrastaron los resultados obtenidos con las frecuencias operativas de los aeropuertos de la ciudad de Goya (Ctes.) y Reconquista (Santa Fe), situados en un radio menor que 50 Km [3]. Las posibles mezclas interferentes calculadas no interfieren con las frecuencias de los dos aeropuertos considerados. Sin embargo algunas de estas frecuencias se encuentran dentro de la banda asignada al servicio SRNA constatadas oportunamente por la CNC.

Se toma como una situación negativa el hecho de que la cabecera de pista del Aeropuerto de Goya se encuentra a 4 Km de la antena de la emisora de FM X y la línea de aproximación a la pista se encuentra desfasada sólo algunos grados de la línea que forma la antena y la cabecera de la pista de aterrizaje. Esta condición implica el paso cercano de las aeronaves a esta emisora de FM X y a las otras emisoras de la ciudad, constituyéndose en un elemento facilitador de posibles interferencias.

En este punto se debe considerar con mucho cuidado la planificación y asignación de frecuencias de emisoras de FM ajustada a lo establecido en la SC142/96 y las recomendaciones de la UIT al respecto en su documento UIT-R SM.1009-1 y su regulación técnica; además adquiere vital importancia el control periódico de las mismas. La regulación técnica se encuentra actualmente bajo la órbita del Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM).

Otro elemento a tener en cuenta en el análisis es la situación de escaso control de los parámetros técnicos de funcionamiento de los sistemas de transmisión de las estaciones de FM clandestinas en la ciudad de Goya, fundamentalmente en cuanto a su potencia de emisión y espectro de frecuencia irradiado; además algunas de estas emisoras poseen dos sistemas irradiantes de diferentes frecuencias portadoras montados en el mismo mástil sin ningún criterio ingenieril. La mayoría de los equipos transmisores de FM tienen a la salida sólo un filtro pasabajos, cuya respuesta en frecuencia no atenúa suficientemente la emisión del segundo armónico y menos aún de la radiación espuria en la banda superior.

Los receptores aeronáuticos móviles que operan en la banda SRNA y SMA anteriores al año 1998 presentan importantes deficiencias en sus circuitos de entrada de radiofrecuencia (*RF front end*) haciéndolos muy vulnerables a las interferencias por intermodulación y desensibilización. A partir de 1998 se realizaron algunos cambios dirigidos a minimizar estos problemas [9][10]. Sin embargo estas medidas relacionadas con la capacidad de rechazo del receptor a los productos de intermodulación, algunos tipos de modulación empleados, incluyendo la modulación de amplitud (AM), y la cercanía en frecuencia de la banda de FM y la banda aeronáutica, plantean problemas de interferencia de difícil solución.

Es importante observar que en el acta de comprobación de la CNC (hoy ENACOM) a la emisora FM X, no se consignó información sobre el instrumental y equipos utilizados en la medición, el método/protocolo de medición, el detalle de los resultados obtenidos (frecuencias, niveles, etc.), las emisoras operativas al momento de la medición, los puntos geográficos donde se realizaron las mediciones, etc. Tampoco se realizaron mediciones en el conector de salida de RF del transmisor. Esta falta de información derivada del procedimiento habitual empleado afecta la definición de las características de la interferencia señalada por la CNC, dificulta el análisis del origen de la misma y la reproducibilidad en el tiempo de las mediciones y comprobaciones. Estas deficiencias se repiten en las actas de comprobación técnica del organismo contralor a las que se tuvo acceso.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los factores que intervienen en el fenómeno de interferencias en los *sistemas aeronáuticos de radionavegación y de comunicaciones* vinculados al *servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia* son numerosos, interactivos y se presentan combinados de diferentes maneras. Su tratamiento requiere de un trabajo integral que contemple la interacción de los mismos.

Desde el organismo encargado del control (CNC, AFTIC, hoy ENACOM) el problema se enfoca principalmente en la detección de señales interferentes en la banda aeronáutica por denuncias o de oficio. El protocolo de documentación de la medición realizada por el equipo de comprobación técnica presenta serias deficiencias. Se recomienda trabajar en la mejora de la documentación producto del procedimiento de medición.

La planificación y asignación de frecuencias por parte de ENACOM a emisoras de FM considerando prioritariamente el problema de interferencias con el servicio de radio aeronáutico propendería a una mejora importante del problema. El control periódico de los parámetros técnicos de funcionamiento es una medida necesaria para minimizar las interferencias.

En cuanto a los sistemas transmisores de FM, es importante que dispongan a su salida de RF un filtro pasabanda centrado en la frecuencia de portadora, de flancos abruptos fuera de la banda del canal de radio, preferentemente con tres secciones resonantes o mayor. Es conveniente que en un mástil sólo funcione un sistema irradiante de FM a fin de evitar la intermodulación entre señales.

A los efectos del monitoreo del espectro radioeléctrico se han propuesto algunas medidas. En el año 2014 se creó el Sistema Nacional de Monitoreo de Radiaciones No Ionizantes (SiNaM), si bien el mismo no se encuentra actualmente operativo. En el año 2015 se adjudicó la licitación internacional para proveer el equipamiento del Sistema Integral de Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico (SIGER, dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La función del SIGER era monitorear, ordenar y regularizar el espectro radioeléctrico en todo el territorio nacional argentino. Actualmente la ENACOM es responsable del control del espectro radioeléctrico. Es importante disponer a la mayor brevedad un sistema de gestión y control del espectro radioeléctrico, dinámico y flexible, el cual podría circular sobre la red de fibra óptica de la Argentina y sistemas inalámbricos distribuidos en todo el país.

Es imprescindible la revisión del sistema aeronáutico en cuanto a los sistemas utilizados de procesamiento y modulación de las señales, sus parámetros técnicos de funcionamiento, especificaciones de los equipos electrónicos y bandas de frecuencias utilizadas. En este sentido se encuentran trabajando el OACI y la UIT.

Las actividades mencionadas precedentemente deberían realizarse bajo la supervisión de un profesional matriculado en el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC), de jurisdicción nacional, u organismo equivalente.

Es fundamental la participación activa de las Universidades, en particular de aquellas que dictan carreras vinculadas de manera estrecha a la problemática de las interferencias en los sistemas electrónicos de comunicaciones (Ingeniería en Electrónica, Ingeniería en Telecomunicaciones, etc.). En el país existen grupos de investigación y desarrollo tecnológico, acreditados y consolidados, con sólidos conocimientos y experiencia en el tema. El aporte de estos grupos será seguramente muy valioso para la solución del problema.

En la Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, funciona el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes, con recursos humanos calificados, equipamiento de altas prestaciones y vasta experiencia en el área de las telecomunicaciones electrónicas.

5. Referencias

- [1] SECRETARIA DE COMUNICACIONES. SC 142/96. (1996). Reglamento para el servicio de radiodifusión sonora por modulación de frecuencia.
- [2] ANAC - Administración Nacional de Aviación Civil. (2015). ANAC 154. *Normas para la utilización del espectro de radiofrecuencias aeronáuticas. Normas y métodos nacionales.*
- [3] Gómez Gómez, Édgar Leonardo; Ortiz Triviño, Jorge Eduardo. (2012). *Enlaces de datos en VHF (VDL) dentro del contexto CNS/ATM para la prestación de los servicios de tránsito aéreo en Colombia.*
- [4] Resolución 3690/2004 CNC. (2004). *Protocolo para la evaluación de las radiaciones no ionizantes.*
- [5] AIP Argentina (Publicación de la Información Aeronáutica). (2010). *ENR 4.1 Radioayudas y sistemas de navegación.*
- [6] UIT – Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R SM.1009-1 (1995). *Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz.*
- [7] Recomendación UIT-R SM.1446. (2000). *Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisores que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja.*
- [8] Recomendación UIT-R SM.329-7. (1997). *Emisiones No Esenciales.*
- [9] ICAO-OACI. Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional ICAO-OACI. (2006). Telecomunicaciones aeronáuticas. Volumen I. *Radioayudas para la navegación.*
- [10] UIT – Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-R SM.1140. (1995). *Procedimientos de prueba utilizados en las medidas de las características de los receptores aeronáuticos que sirven para determinar la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-118 MHz.*

La articulación. Una experiencia en la Escuela Tecnológica Ingeniero Giúdice de la FI-UNLZ con uso de TIC

Bertoglio, Ricardo M., Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Fi-UNLZ), etigcs@ingenieria.unlz.edu.ar

Morrongiello, Noelia V., Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Fi-UNLZ), morrongiello_noelia@yahoo.com.ar

Penco, Paula C., Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Fi-UNLZ), paucecipenco@gmail.com

Resumen

Entendemos la articulación como un proceso dinámico, flexible y continuo que exige una construcción conjunta entre instituciones que se vinculan. La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ) desarrolla, desde 1993, acciones de articulación con el nivel medio de enseñanza, creando, ese año, la Escuela Tecnológica Ing. Carlos Giúdice (ETIG), una institución preuniversitaria. Y, en 2004, implementa un proyecto concreto para favorecer la articulación e integración de los estudiantes que continuarán sus estudios en las carreras que dicta la mencionada FI-UNLZ.

En dicha escuela se desarrollan diversas actividades relacionadas con las TIC en el aula, como complemento de la enseñanza presencial, apuntando a generar, en los estudiantes, un aprendizaje más activo, autónomo, construyendo el conocimiento en forma cooperativa y colaborativa, junto a la acción tutorial del docente como guía, capacitador y motivador para llevar adelante las actividades que se propongan en esos espacios virtuales.

Se diseña una rúbrica como método de evaluación, análisis y posterior valoración, de la construcción colectiva del conocimiento mediante herramientas de comunicación virtual, como es el foro de debate, y se muestra una experiencia llevada a cabo en una asignatura del área de las humanísticas, con el objetivo de desarrollar competencias lingüísticas, fundamentales para que los futuros profesionales sepan transmitir sus conocimientos, ideas y proyectos.

Palabras clave

TIC, Educación, Evaluación, Rúbrica, Foro de debate.

1. Introducción

El presente trabajo, enmarcado en la experiencia desarrollada en una asignatura del área de las humanísticas dentro de la Escuela Tecnológica Ingeniero Giúdice, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Fi-UNLZ), persigue, como objetivo general, fomentar la articulación entre el nivel medio y el superior.

Esta línea de investigación está íntimamente vinculada a la importancia de formar estudiantes con las competencias y el uso de herramientas que se determinan dentro del ámbito de la educación superior y el medio laboral. La Facultad de Ingeniería, en la cual estos estudiantes podrían seguir sus estudios superiores, apunta a formar en el marco de esas competencias y herramientas, algunas de las cuales persiguen incorporar las TIC en la

formación académica, lo cual justifica que la Facultad posee la mayoría de sus materias con aulas virtuales, como complemento de la enseñanza presencial, para la realización y desarrollo de diversas actividades, en pos de que los estudiantes logren esas esperadas competencias.

La llegada de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha traído numerosos cambios en el ámbito de la educación. Si estas nuevas herramientas llegaron a entrelazarse en la vida diaria de las personas, no debían dejar de ser incluidas en la educación, con la finalidad de mejorar su calidad y su alcance, adentrándola en el mundo y la sociedad en que hoy vivimos: “Las nuevas generaciones van asimilando de manera natural esta nueva cultura que se va conformando. La escuela debe acercar a los estudiantes a la cultura de hoy, no a la cultura de ayer” [1].

Sin dudas, integrar estas herramientas en la vida y la educación no ha sido sencillo para todos, ni lo sigue siendo. Sin embargo, es notable que “Internet ofrece nuevas posibilidades y nuevos desafíos para la educación. Como toda nueva tecnología, su verdadero impacto dependerá mucho de la reflexión pedagógica que hagamos para su aprovechamiento” [2].

Diversos estudios llevados a cabo “han identificado aspectos claves del computador, que pueden y deben ser explotados por el educador para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre estos aspectos se destaca la interactividad, la capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión de información y la disponibilidad de elementos multimedia” [2].

Es así que, incorporando el computador a la educación, la cual pasa a estar mediada por TIC, se apunta a fomentar y lograr, en el estudiante, competencias como ser la autonomía, el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la creatividad, la reflexión y autorreflexión, la empatía, bajo un rol del docente como guía y planificador, y un rol activo del estudiante, quien debe construir su propio aprendizaje.

Retomando a los autores Pérez Gutiérrez y Florido Bacallao [1], la incorporación de tecnologías al ámbito educativo permite potenciar los modelos de educación a distancia y crear nuevas propuestas con fines de desarrollo profesional y formación permanente. Además, apuntan que “[...] diseñar materiales en la red puede ser una valiosa herramienta que puede dar un valor añadido a la formación tradicional o a la que se realiza a distancia”. De esta forma, “el avance y el desarrollo de TIC pueden generar nuevas formas, estilos, tipos y procesos de educación [...]. La clave en la educación ya no será la cantidad de conocimientos aprendidos sino la habilidad para usar el conocimiento y ‘saber cómo’” [1].

En relación a lo mencionado anteriormente, volvemos a hacer hincapié en que la incorporación de TIC no supone un cambio en la educación por sí misma; al contrario, el responsable de su incorporación, es decir, el docente-tutor, como también el estudiante, deben lograr que el uso de estas tecnologías posea un carácter innovador y transformador de la educación [3].

Así, la educación se ha visto atravesada por las tecnologías puestas al servicio de ella, y el lenguaje escrito se ha tornado el medio más usado para desarrollar estos procesos de enseñanza y aprendizaje, donde la distancia física y la no coincidencia en el tiempo (asincronía) no son una traba para la comunicación ni el aprendizaje. El EVEA¹ “permite no sólo la comunicación entre todos los participantes en la formación, sino también que exista la ‘vidilla’ que suele haber en cualquier aula: que cada estudiante aprenda en solitario y a la vez en compañía, que existan debates, intercambios de opinión, preguntas, aclaraciones y que también se pueda dar una relación entre docentes y estudiantes, y de éstos entre sí [...]. Lo importante no es el medio sino la voluntad de comunicarse y relacionarse” [4].

En esta línea, los autores Vázquez-Cano, Martín-Monje y Fernández-Álvarez [5] exponen que “el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se ha generalizado en los últimos años en la educación a varios niveles, y docentes y estudiantes usan un mayor

¹ Entorno Virtual de Enseñanza-Aprendizaje. La nota es de los autores.

número de recursos tecnológicos en las aulas, tanto para la preparación de materiales como en la instrucción y en la producción de tareas y actividades. El ordenador se ha convertido en una herramienta primordial en la enseñanza, y la evaluación es cada vez más partícipe de esta nueva corriente”.

En cuanto a la enseñanza superior, se aprecia “una tendencia hacia procesos evaluativos más orientados al proceso de enseñanza-aprendizaje, con el estudiante como protagonista, con un esfuerzo continuado por lograr una retroalimentación eficaz que suponga para éstos posibilidad de cambio o mejora (Boud y Falchikov, 2007; Fernández March, 2010). Esta evolución supone una visión diferente a la de la enseñanza tradicional, disociando claramente evaluación y calificación (Fernández March, 2010; Ibarra y Rodríguez Gómez, 2010)”. [5]

Siguiendo a los mencionados autores, “la evaluación es (...) decisiva por ser precisamente el motor del aprendizaje y una condición necesaria para mejorar la enseñanza (Boud y Falchikov, 2007). Dentro de las tres modalidades en que se suele dividir la evaluación (inicial, formativa y sumativa) resulta de gran interés la segunda, puesto que es la que se centra en el seguimiento del estudiante y permite realizar cambios *ad hoc* para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje”. [5]

Por lo dicho anteriormente, estos autores afirman que la aplicación de matrices de evaluación o rúbricas apuntan a una evaluación formativa de los trabajos del estudiante, ayudando tanto en la preparación del trabajo, al conocer de antemano los objetivos, como también en la corrección del mismo por parte del docente, que se realiza de forma más objetiva, completa y eficaz.

Como menciona Hawes B. [6], “una rúbrica es un descriptor cualitativo (en palabras) que establece la naturaleza de un desempeño, apoyándose sobre perspectivas de criterio más que de referencia a norma (Simon y Forgett-Giroux, 2001). Las rúbricas permiten apreciar o evaluar competencias académicas tales como habilidad para criticar, habilidad para producir trabajos académicos, para sintetizar y aplicar conceptos y principios adquiridos recientemente”.

Cada rúbrica se diseña de acuerdo a distintas escalas y, siguiendo con Hawes B., “el uso de la escala implica puntuar, interpretar y juzgar. La puntuación corresponde al proceso de identificar dentro de la escala y para cada criterio, la descripción de celdilla que se ajusta más apropiadamente a la conducta o producto observado. La interpretación, por su parte, consiste en localizar la columna que mejor describe el nivel de dominio de la destreza. El juicio, finalmente, es comparar el nivel de rendimiento observado con un estándar predeterminado”. [6]

Entonces, podemos entender las rúbricas como métodos que “resultan bastante eficaces en la observación de indicadores de la productividad y destrezas lingüísticas; especialmente, en aspectos como la producción oral y escrita de la lengua, y en procesos gramaticales y léxicos”. [5]

Por otro lado, en cuanto a las ventajas asociadas al uso de las rúbricas, ponen el foco en las expectativas y objetivos que el docente espera que los estudiantes logren, especificando los criterios con los cuales va a medir el progreso del estudiante.

Dado que nuestro interés está puesto en estudiar la construcción de conocimientos a partir del desempeño escrito en medios virtuales, como es el foro de debate, “dentro de las cuatro destrezas lingüísticas tradicionalmente consideradas –comprensión y expresión oral, comprensión y expresión escrita- es ésta última la que mayor interés ha suscitado en la utilización de rúbricas y e-rúbricas para su evaluación (Al-Jarf, 2011; Spence, 2010; Wilson, 2006). [5]

2. Materiales y Métodos

En el presente trabajo se diseña una rúbrica como método de evaluación, análisis y posterior valoración de las destrezas lingüísticas en la construcción colectiva del conocimiento

mediante herramientas de comunicación virtual, como es el foro de debate, siendo estas destrezas una de las competencias que pretende desarrollar la enseñanza media en articulación con el nivel superior, además del uso de TIC.

El mencionado foro de debate es una herramienta que brinda la Plataforma Virtual Educativa que posee la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ) y, por ende, su escuela pre-universitaria donde se desarrolla la experiencia de este trabajo. Se indica a los estudiantes que, a partir de distintos interrogantes en torno a un tema propuesto por el docente, ellos deberán debatir teniendo en cuenta los criterios de evaluación del docente. Además, dado que esta experiencia de foro es la primera o una de las primeras que los estudiantes desarrollan en estos medio virtuales, se le provee de un material diseñado por el docente con las distintas formas de intervenir en un foro, haciendo hincapié, de manera general, en las categorías del discurso con las cuales se analizará uno de los criterios a evaluar, llamado “Tipo y calidad de las intervenciones”.

Retomando a Hawes B. [6], “la construcción de una rúbrica depende del enfoque que se tenga de la misma. Una enfoque se organiza en torno a componentes de la tarea; otro, sobre estructuras de desempeño sobre un continuum de logro”. El enfoque de componentes de la tarea “se basa en la idea de que un producto puede ser descrito en términos de diferentes dimensiones, cada una de las cuales colabora al total”. [6] En cambio, en el enfoque sobre estructuras de desempeño sobre un continuum de logro “lo primero es concebir cuál es el desempeño aceptable sobre la tarea que se pretende evaluar (...), siempre habrá un punto en el cual el logro de la tarea es considera ‘aceptable’ y bajo el cual se la considera ‘inaceptable’. (...) A partir de esta definición o toma de posición en torno a qué es lo aceptable, se construyen los restantes componentes de la escala, hacia lo inaceptable y hacia lo superior”. [6]

El diseño de nuestra rúbrica toma el segundo enfoque mencionado, a partir del cual se ha utilizado una escala de 5 puntos, designados por una diferencia de 0,5 puntos cada uno, donde 0,5 es el puntaje o nivel mínimo y 5 es el puntaje o nivel máximo.

Esta escala está íntimamente relacionada con los cinco criterios que se pretende evaluar en el desempeño de los estudiantes, conocidos por ellos antes de llevar a cabo la actividad.

Dado que el objetivo principal de esa actividad es la construcción de conocimientos a partir del desempeño escrito en medios virtuales, como es el foro de debate, se identifican los criterios a evaluar, ligados a las capacidades y tareas que se pretende que el estudiante logre, como vemos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Criterios a evaluar e indicadores para la calificación

CRITERIOS A EVALUAR	INDICADORES PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS INTERVENCIONES				
	Desempeño Sin valor 0	Desempeño Regular 0,5	Desempeño Bueno 1	Desempeño Destacable 1,5	Desempeño Excelente 2
Contenido general de las intervenciones					
Relación de las intervenciones propias con las aportadas por otros participantes					
Tipo y calidad de las intervenciones (Categorías de					

análisis del discurso)					
Uso del lenguaje					
Pautas de forma (tiempo y espacio)					

Fuente: Elaboración propia

Teniendo claros estos criterios, se definieron los distintos niveles dentro de la escala, es decir, tal como menciona Hawes B., una definición o toma de posición en torno a qué es lo aceptable, qué no lo es, y cuáles son los niveles intermedios componentes de la escala, desde lo inaceptable hacia lo superior.

De todos los criterios mencionados en la tabla anterior cabe destacar que para definir el “Tipo y calidad de las intervenciones” se recuperaron las categorías de análisis del discurso del autor De Pedro Puente, X. (2006), en su ponencia “Cómo evitar el ‘café para todos’ al evaluar trabajos en grupo, y de paso, estimular el aprendizaje reflexivo: resultados preliminares en el marco del proyecto A Wiki Forum”:

Tabla 2. Categorías de análisis del discurso

CATEGORÍA / TIPO DE CONTRIBUCIÓN	SIGLA
* Aspectos organizativos	AO
* Peticiones de ayudas	PS
** Ayudas a compañeros	AC
** Nueva información	NI
** Reflexión personalizada y argumentada	RP
*** Hipótesis nuevas	HN
*** Preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar	PE/NV
*** Síntesis/ elaboración de información	SI
* Respuestas sencillas	RS
* Definición de conceptos	DC
** Réplica	REP
* Referencias de ampliación	REF
* Opinión de personal	OP
** Refuerzo de información	RI
* Facilitación	F
* Agradecimientos	A

Fuente: De Pedro Puente, X. (2006)

Es importante destacar, siendo de gran interés para nuestro tema de investigación, que los asteriscos delante de cada categoría indican, siguiendo al autor referenciado, el nivel de contribución que aportan. Así, cuantos más asteriscos hay delante de la “Categoría / Tipo de contribución” mayor importancia se da a la contribución, en cuanto a la interacción que provoca en pos de la construcción de conocimientos.

De nuestra parte, adoptamos esta categorización con sus siglas de identificación y los asteriscos.

Además, es importante mencionar que, bajo el análisis realizado en el foro, nos encontramos con intervenciones que aportan a la construcción del conocimiento, pero sin

encuadrar en ninguna de las categorías propuestas por el autor referenciado anteriormente. Por este motivo, se crean algunas categorías más, con su correspondiente nivel de contribución a la construcción de conocimientos, que se detallan a continuación:

Tabla 3. Categorías de análisis del discurso

CATEGORÍA / TIPO DE CONTRIBUCIÓN	SIGLA
** Propuestas de trabajo	PT
* Mención	M
** Postura propia fundamentada	PPF
* Emoticones	EM
* Comentarios personales	CP
* Motivación	MO
* Recordatorios	REC

Fuente: Elaboración propia

El análisis realizado admite que cada categoría pueda aparecer una sola vez por intervención, es decir, cada intervención puede ser categorizada por más de una categoría, pero no por categorías repetidas.

Volviendo sobre el enfoque mencionado por Hawes B., sobre estructuras de desempeño sobre un continuum de logro, ya hemos mencionado que el diseño de nuestra rúbrica toma este enfoque para definir la escala, la cual está íntimamente relacionada a los cinco criterios que se pretenden evaluar en el desempeño de los estudiantes, referenciados en la Tabla 1.

Además, siguiendo a este autor se identificó que la competencia principal de esta actividad es la construcción de conocimientos a partir del desempeño escrito en medios virtuales, como es el foro de debate, y los criterios a evaluar, ligados a las capacidades o subcompetencias asociadas, que se pretende que el estudiante logre, las cuales “poseen un potencial de enseñabilidad mayor a la vez que su observabilidad es superior respecto de la competencia”. [6]

Hawes B. indica describir estas capacidades o subcompetencias, y “esto se hace en términos de las ejecuciones asociadas, sean éstas de carácter cognitivo, procedimental, afectivo, interpersonal”. [6]

La experiencia del presente trabajo se basa en el análisis del desarrollo escrito de un foro de debate con 38 estudiantes del nivel medio, con el docente como tutor. Dentro de las pautas, cada uno de los estudiantes debía intervenir, como mínimo, dos veces. Pero cada participación debía tener una prudencial distancia una de la otra, con el objetivo de que el estudiante lleve a cabo la lectura de las participaciones previas y realice una contribución que marque una interrelación entre los aportes previos y los nuevos.

Es así que, para llevar adelante la evaluación de los desempeños escritos mencionados se diseñó una rúbrica a partir de los criterios de evaluación tenidos en cuenta por el docente, como capacidades o subcompetencias, los cuales se dieron a conocer a los estudiantes. Así, con la descripción de cada una de esas capacidades queda construida la rúbrica con sus distintos niveles, de acuerdo a las definiciones que siguen:

Tabla 4. Escala y descripción de las capacidades o criterios a evaluar

CRITERIOS A EVALUAR	INDICADORES PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS INTERVENCIONES				
	DESEMPEÑO SIN VALOR (MAL) 0	DESEMPEÑO REGULAR 0,5	DESEMPEÑO BUENO 1	DESEMPEÑO DESTACABLE 1,5	DESEMPEÑO EXCELENTE 2
Contenido general de las intervenciones	Discurso sin relación con el tema. No presenta contenido que haga algún aporte.	Discurso sin fundamento, que corresponde sutilmente al tema, pudiendo presentar réplicas de información.	Discurso acorde al tema. Alternancia entre información nueva e información replicada.	Discurso consistente y con aportes acordes y nuevos respecto del tema de debate.	Discurso analítico, con aportes de nueva información, demostración de lectura y conocimientos previos.
Relación de las intervenciones propias con las aportadas por otros participantes	Las intervenciones no presentan conexión con las enunciadas anteriormente.	Las intervenciones presentan débil conexión con algunas de las enunciadas anteriormente.	Las intervenciones presentan conexión con algunas de las enunciadas anteriormente.	Las intervenciones presentan conexión con otras enunciadas anteriormente, a las cuales se alude y/o se menciona al otro participante, demostrando lectura previa.	Las intervenciones presentan conexión con enunciadas anteriormente, demostrando lectura previa, valoración positiva o negativa y/o reflexión y análisis de las mismas.
Tipo y calidad de las intervenciones (Categorías de análisis del discurso)	Las intervenciones presentan: • réplica de lo aportado por otro/s participante/s; • comentarios del participante acerca de cuestiones propias que exceden el tema de debate; • emoticones.	Las intervenciones presentan: • aspectos organizativos acerca de los contenidos que se deben presentar; • comentarios acerca de indicaciones que no continúan el tema de debate; • mención de lo aportado por otro/s participante/s; • peticiones de ayudas; • respuestas sencillas;	Las intervenciones exponen; • aspectos organizativos acerca de los contenidos que se deben presentar; • ayudas a participantes; • réplica de lo aportado por otro/s participante/s; • recordatorio acerca de una petición, interrogación o cuestión que ha quedado sin debatir; • nueva información; • refuerzo de información; • opiniones favorables o críticas respecto de lo	Las intervenciones exponen: • ayudas a participantes; • nueva información; • opiniones favorables o críticas respecto de lo aportado por otro/s participante/s. • refuerzo de información; • definición de conceptos; • referencias de ampliación; • síntesis/elaboración de información; • propuestas de trabajo a realizar;	Las intervenciones desarrollan: • hipótesis nuevas; • preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar; • síntesis/elaboración de información; • reflexión personalizada y argumentada de lo debatido; • agradecimiento respecto de lo aportado por otro/s participante/s, y/o agradecimiento por ser leído por los demás participantes; • postura propia fundamentada. Se demuestra lectura, comprensión, análisis y nuevas propuestas/temas de debate.

		<ul style="list-style-type: none"> • réplica de lo aportado por otro/s participante/s; • enunciados que transmiten motivación a otro/s participante/s; • emoticones. 	<p>aportado por otro/s participante/s.</p> <ul style="list-style-type: none"> • facilitación identificando y/o corrigiendo errores o incomprensiones presentadas por otro/s participantes/s; • enunciados que transmiten motivación a otro/s participante/s. 	<ul style="list-style-type: none"> • agradecimiento respecto de lo aportado por otro/s participante/s, y/o agradecimiento por ser leído por los demás participantes; • postura propia fundamentada. 	
Uso del lenguaje	Utiliza un lenguaje pobre, redundante y/o inexistente. Además, presenta faltas de ortografía, puntuación, tildación y, tal vez, hasta errores de tipeo.	Utiliza un lenguaje sencillo y/o reiterativo. Presenta faltas de ortografía, puntuación y tildación. Puede que, además, presente algún error de tipeo.	Utiliza un lenguaje mayormente correcto. Presenta algunas faltas de tildes, signos de puntuación y/o de tipeo.	Utiliza un lenguaje correcto, amplio y respetando terminología específica del tema. Sin embargo, puede presentar errores en cuanto al uso de la lengua escrita, como ser faltas de tildes y/o de tipeo.	Utiliza vocabulario correcto, amplio y preciso para el tema. Además, puede que presente la definición de términos que el receptor pueda desconocer. No presenta ninguna falta en cuanto al uso de la lengua escrita.
Pautas de forma (tiempo y espacio)	No se cumplen las pautas pedidas, en tanto se ingresa al foro sólo una vez, en el inicio o muy tardíamente, y la extensión permitida para cada intervención es superada notoriamente.	Se ingresa una sola vez al foro, sea en el inicio o tardíamente, cumpliendo o no con la extensión permitida para cada intervención, o superándola brevemente.	Se cumplen las pautas en relación al tiempo, ingresando al debate en etapa de desarrollo, cumpliendo o no con la extensión pedida en los distintos aportes, pero con una prudencial separación entre cada una de las intervenciones propias.	Se cumplen las pautas en relación al tiempo, ingresando al debate que comienza a desarrollarse o en desarrollo, cumpliendo con la extensión pedida en los distintos aportes propios, y con una notoria separación entre cada una de las intervenciones propias, demostrando lectura de otras intervenciones anteriores.	Se cumplen las pautas en relación al tiempo, ingresando y participando en el debate en sus distintos períodos, de inicio, desarrollo y finalización, cumpliendo con la extensión pedida en los distintos aportes, demostrando firmeza en las ideas incluso sin necesidad de un discurso extenso. Además, notoria separación entre cada una de las intervenciones propias, demostrando lectura de las demás intervenciones anteriores.

Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y Discusión

A continuación mostramos los resultados de la experiencia llevada a cabo en una asignatura del área de las humanísticas con uso de TIC, con el objetivo de desarrollar competencias fundamentales para que los futuros profesionales sepan transmitir sus conocimientos, ideas y proyectos, como así también utilizar herramientas virtuales en el marco de procesos educativos.

Luego de analizar los desempeños escritos mediante las categorías del discurso, como también revisar los distintos criterios de evaluación, la rúbrica diseñada queda conformada por los siguientes resultados, individualizados por estudiante:

Tabla 5. Valoración de la rúbrica para la evaluación del foro de debate. Resultados por estudiante.

ESTUDIANTES	Contenido general de las intervenciones					Relación de las intervenciones propias con las aportadas por otros participantes					Tipo y calidad de las intervenciones					Uso del lenguaje					Pautas de forma (tiempo y espacio)					CALIFICACIÓN
	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	
	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	
1					2				1,5						2			1			0					6,5
2				1,5		0							1					1				0,5				4
3			1				0,5							1,5					1,5					1,5		6
4					2	0									2			1						1,5		6,5
5			1				0,5							1,5					1,5		0					4,5
6					2			1							2			1							2	8
7				1,5			0,5								2			1				0,5				5,5
8					2					2					2					2					2	10
9			1			0					0							1				0,5				2,5
10					2					2					2			1							2	9
11			1			0					0							1				0,5				2,5
12			1					1						1,5				1					1			5,5
13			1			0							1					1				0,5				3,5
14			1			0							1				0,5					0,5				3
15			1			0							1					1				0,5				3,5
16				1,5		0							1					1					1			4,5
17			1				0,5						1				0,5					0,5				3,5
18					2				1,5						2			1				0,5				7
19	0					0					0					0					0					0
20			1			0							1				0,5					0,5				3
21			1			0									2				1,5				1			5,5
22	0					0					0					0					0					0
23					2			1							2				1,5					1,5		8
24				1,5		0							1					1					1			4,5
25			1					1					1						1,5			0,5				5
26			1			0							1					1					1			4

27					2	0								2		0,5					0,5				5
28					2	0								2					2				1,5		7,5
29				1,5					1,5					1,5			0,5						1,5		6,5
30			1			0							1					1,5			0,5				4
31					2	0								2			1						1		6
32			1			0							1				1						1		4
33			1			0							1				1				0,5				3,5
34	0					0					0					0					0				0
35				1,5		0							1				1						1		4,5
36	0					0					0					0					0				0
37					2				1,5					2				1,5					1,5		8,5
38					2			1						2				1,5					1,5		8

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que refleja la tabla anterior se pueden generalizar en la tabla que sigue:

Tabla 6. Valoración de la rúbrica para la evaluación del foro de debate. Resultados generales.

Contenido general de las intervenciones					Relación de las intervenciones propias con las aportadas por otros participantes					Tipo y calidad de las intervenciones					Uso del lenguaje					Pautas de forma (tiempo y espacio)				
M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX	M	R	B	MB	EX
0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2
4	0	16	6	12	23	4	5	4	2	6	0	14	4	14	4	5	19	8	2	6	14	8	7	3
38					38					38					38					38				

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 6 podemos interpretar cómo se desarrollaron cada una de las capacidades o criterios a evaluar.

En el caso del “Contenido general de las intervenciones” notamos un predominio del nivel medio y superior, es decir, el desarrollo escrito refleja, mayormente (en casi la mitad del alumnado), un discurso acorde al tema, alternando información nueva e información replicada y, en segundo lugar, un discurso analítico, con aportes de nueva información, demostración de lectura y conocimientos previos.

En cuanto a la “Relación de las intervenciones propias con las aportadas por otros participantes”, se destaca notablemente (más de la mitad del alumnado) el nivel más bajo, reflejándose un desempeño sin valor en este criterio, donde los participantes emiten intervenciones nuevas sin demostrar lectura ni relación con las intervenciones anteriores, es decir, con un carácter individualista.

En relación al “Tipo y calidad de las intervenciones”, siendo éste uno de los criterios más complejos para analizar, se puede ver que los niveles que destacan son el medio y superior, con la misma cantidad (en casi la mitad del alumnado), demostrando intervenciones que exponen aspectos organizativos acerca de los contenidos que se deben presentar; ayudas a participantes; réplica de lo aportado por otro/s participante/s; recordatorio acerca de una petición,

interrogación o cuestión que ha quedado sin debatir; nueva información; refuerzo de información; opiniones favorables o críticas respecto de lo aportado por otro/s participante/s; facilitación identificando y/o corrigiendo errores o incomprensiones presentadas por otro/s participantes/s; enunciados que transmiten motivación a otro/s participante/s. Como también desarrollan hipótesis nuevas; preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar; síntesis/elaboración de información; reflexión personalizada y argumentada de lo debatido; agradecimiento respecto de lo aportado por otro/s participante/s, y/o agradecimiento por ser leído por los demás participantes; postura propia fundamentada. En estos últimos desempeños se demuestra lectura, comprensión, análisis y nuevas propuestas/temas de debate.

Pasando al “Uso del lenguaje”, la mitad del alumnado obtiene el nivel medio, lo cual significa que utilizan un lenguaje mayormente correcto, pero presentan algunas faltas de tildes, signos de puntuación y/o de tipeo.

Por último, el criterio a evaluar “Pautas de forma (tiempo y espacio)” es el que presenta más variación en el desempeño de los estudiantes. Casi la mitad del alumnado logra un nivel regular, ingresando una sola vez al foro de debate, sea en el inicio o tardíamente, cumpliendo o no con la extensión permitida para cada intervención, o superándola brevemente, y en una cantidad muy reducida desempeños excelentes, donde se cumplen las pautas en relación al tiempo, ingresando y participando en el debate en sus distintos períodos, de inicio, desarrollo y finalización, cumpliendo con la extensión pedida en los distintos aportes, demostrando firmeza en las ideas incluso sin necesidad de un discurso extenso. Además, en estos últimos casos existe una notoria separación entre cada una de las intervenciones propias, demostrando lectura de las demás intervenciones anteriores.

Prestando atención a la figura del docente como tutor y guía en esta actividad, el foro comienza dando lugar al tema del debate y a los criterios de evaluación. Por lo cual, los estudiantes tenían conocimiento de los mismos. Luego, a lo largo del foro, de principio a fin, podemos destacar el siguiente desempeño escrito, siguiendo las categorías de análisis del discurso:

Tabla 7. Intervenciones del docente en el foro de debate

CATEGORÍA / TIPO DE CONTRIBUCIÓN	SIGLA	INTERVENCIONES DEL DOCENTE
* Aspectos organizativos	AO	5
* Peticiones de ayudas	PS	
** Ayudas a compañeros	AC	
** Nueva información	NI	
** Reflexión personalizada y argumentada	RP	
*** Hipótesis nuevas	HN	
*** Preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar	PE/NV	3
*** Síntesis/ elaboración de información	SI	
* Respuestas sencillas	RS	
* Definición de conceptos	DC	
** Réplica	REP	
* Referencias de ampliación	REF	
* Opinión de personal	OP	
** Refuerzo de información	RI	1
* Facilitación	F	
* Agradecimientos	A	
** Propuestas de trabajo	PT	

* Mención	M	
** Postura propia fundamentada	PPF	
* Emoticones	EM	
* Comentarios personales	CP	
* Motivación	MO	8
* Recordatorios	REC	1

Fuente: Elaboración propia

Viendo la tabla anterior podemos notar que la incidencia del docente en estas actividades es de orientación, siendo un guía para que el estudiante no pierda de vista los logros que se esperan de él. Por eso, de las 18 intervenciones del docente-tutor, 5 reflejan aspectos organizativos en el principio, medio y llegando al final del debate. De la misma forma, es quien marca el hilo del debate, introduciendo, en 3 intervenciones, preguntas y nuevas vías para avanzar, en los mismos tres momentos del debate.

Por otra parte, hacia la mitad del debate les recuerda a los estudiantes las distintas maneras para intervenir, como también enuncia un recordatorio acerca de aspectos vinculados a las pautas formales más bien cerca del final del debate

Por último, es destacable que 8 contribuciones contienen mensajes de motivación para los estudiantes, llamándolos a participar, como también alentándolos ante desempeños esperados. El docente mantiene esta actitud desde el principio hasta el final del debate.

4. Conclusiones y recomendaciones

Teniendo en cuentas los cinco criterios a evaluar, el docente nota que el contenido general de las intervenciones fue acorde al tema planteado. Así, el tipo y calidad de las intervenciones son de desempeño bueno a excelente, donde variadas capacidades y destrezas se destacan, como el aporte de información nuevas, posturas propias, síntesis y hasta reflexiones.

Sin embargo, las intervenciones no mantienen, por lo general, una relación entre sí. Es decir, mayormente se trata de aportes y participaciones que no demuestran lectura ni conocimiento de las participaciones anteriores; esta situación implica lo que podríamos llamar “un debate sin debate”: las contribuciones tienen, por lo general, un carácter individualista, donde muchas veces el tema a debatir vuelve a empezar, provocando reiteraciones y pérdida del eje temático avanzando anteriormente.

De la misma forma, no se demuestra responsabilidad en el uso del lenguaje ni en las pautas dadas por el docente. La mitad y casi la mitad del alumnado, respectivamente, no mostraron prolijidad en el momento de desempeñarse en forma escrita, dentro de un ámbito académico, como tampoco se ajustaron a las formalidades en cuanto al tiempo y espacio para las intervenciones.

Si bien la construcción de conocimientos está acentuada en la figura del estudiante, quien debe realizar esta construcción en interrelación con sus pares, el docente es un tutor que guía en este proceso, abriendo nuevos interrogantes, conduciendo el debate, enunciando recordatorios y generando motivación a lo largo de todo el debate, de acuerdo a cómo se va desarrollando éste.

En función de la experiencia, se recomienda que el docente, notando un desempeño individualista en el debate, además de recordar las pautas y modos de intervenir, también debería recuperar contribuciones de distintos participantes y fomentar la opinión, favorable o crítica, como también una reflexión o postura propia acerca de lo aportado por otros estudiantes. De esta manera tratar de lograr una construcción de conocimientos más colaborativa, y no sólo validar aportes de informaciones nuevas o reflexiones sobre los propios aportes.

Con respecto al uso de la rúbrica, como método de evaluación formativa, atendiendo los distintos criterios o capacidades que el docente pretende que el estudiante logre, con su previo conocimiento de las mismas, es una herramienta útil y clara a la hora de realizar dicha evaluación.

Y en cuanto al uso de TIC, hemos dicho que estas nuevas tecnologías aplicadas a la educación no son innovadoras por sí mismas, sino de acuerdo a la utilidad y aplicación que le dé el docente, como también el estudiante. Pese a la gran capacidad de generar actividades de colaboración y cooperación entre los estudiantes y el docente, como puede ser mediante la herramienta foro de debate, es notable destacar que nos encontramos ante un entorno virtual, físicamente solos, donde el carácter individual puede primar, como ocurre, mayormente, en los desempeños de esta experiencia.

Por esto, como afirmamos anteriormente, es el docente quien debe lograr que se “pierda” la distancia propia de la virtualidad, y los estudiantes se sientan “presentes” ellos y a los demás intervinientes.

Es así que, como orientación de futuros trabajos sobre la temática desarrollada, se deberían estudiar otras experiencias similares donde el papel del docente se proponga más interviniente, buscando esa colaboración de los estudiantes mutuamente, esa interrelación que debe lograrse para que no sean individualistas, fomentando las competencias que el futuro les reclamará, como ser la colaboración, cooperación, trabajo en equipo, toma de decisiones, las cuales necesitan de la interrelación con los pares, como también con los superiores, dentro del ámbito educativo u otro, y sea en un marco de presencialidad o mediado por TIC.

5. Referencias

- [1] PÉREZ GUTIÉRREZ, A., FLORIDO BACALLAO, R. (2003). Internet: un recurso educativo. *Revista Etic@net*, España, n.2., disponible online en <http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero2/Articulos/Intrecedu.pdf>
- [2] CASTRO BARRERA, H., GÓMEZ DÍAZ, R., RUEDA FAJARDO, F. (1998). Uso educativo de Internet: una aproximación pedagógica. *Revista Informática Educativa UNIANDÉS – LIDIE*, v.11, n.2, p.201-222, disponible online en http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-106933_archivo.pdf
- [3] BARBERÀ GREGORI, E., MAURI MAJÓS, T., ONRUBIA GOÑI, J. (coords.) (2008). *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC. Pautas e instrumentos de análisis*. Editorial Graó, Barcelona.
- [4] BAUTISTA, G., BORGES, F., FORÉS, A. (2006). *Didáctica universitaria en Entornos Virtuales de Enseñanza-Aprendizaje*. Narcea, Madrid.
- [5] VÁZQUEZ-CANO, E., MARTÍN-MONJE, E., FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, M. (2014). El rol de las e-rúbricas en la evaluación de materiales digitales para la enseñanza de lenguas en entornos virtuales de aprendizaje, *Revista de docencia universitaria (REDU)*, EEUU, v.12, n.1, p.135-157, disponible online en <http://red-u.net/redu/index.php/REDU/article/view/756>
- [6] HAWES B., G. (2004). Evaluación: estándares y rúbricas, Proyecto Mecesup TAL101, Universidad de Talca, Chile, disponible online en <http://www.freewebs.com/gustavohawes/Educacion%20Superior/2004EstandaresRubricas.pdf>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
CORDOBA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERIA

PROPUESTA PARA LA PREVENCIÓN DE INCIDENTES INFORMÁTICOS USANDO TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS.

Mgter. Ing. Cynthia Lorena Corso, Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba, cynthia@bbs.frc.utn.edu.

Ing. Matías Donnet, Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba, donnetmatias@bbs.frc.utn.edu.ar

Srta. Gimena Martínez, Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba, gimenamartinez@bbs.frc.utn.edu.ar

Resumen—Este estudio se enfoca en el tratamiento de incidentes presentados en los componentes de hardware de los equipos pertenecientes a un laboratorio de cómputos. Se considera como alternativa para la identificación de posibles factores que predisponen la presentación de incidente la Minería de Datos, que permite la generación de patrones, asociaciones y tendencias en los datos que suelen estar ocultos y que pueden resultar valiosas para consolidar el proceso de toma de decisiones y generar información de utilidad en este ámbito. Este trabajo considera la aplicación de algoritmos de clasificación implementados en Weka sobre una muestra de 987 instancias que está conformada por los reportes de incidentes en el periodo 2004 al 2011. El análisis de las reglas de decisión resultantes permite la identificación de los posibles factores que influyen en la presentación de incidentes en los componentes de hardware en los equipos del laboratorio de cómputos. Los resultados obtenidos en la primera etapa de este estudio arrojaron que los factores que mayormente predisponen la presentación de incidentes en los componentes de hardware son la falta de capacitación del personal y el tiempo de resolución del incidente. Además se expone el marco de trabajo que da continuidad a este estudio cuyo objetivo es complementar el modelo obtenido en la Fase I considerando los incidentes de los componentes de software presentados en los equipos.

Palabras clave— *Minería de Datos, Tratamiento de incidentes, Laboratorio de Cómputos.*

1. Introducción

La organización bajo estudio es un laboratorio de cómputos con fines meramente académicos que funciona en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba. Su misión es brindar soporte al dictado de clases de las diferentes cátedras de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, como así también a los cursos de capacitación y extensión que ofrece la universidad al medio. Los equipos que funcionan en las distintas aulas se caracterizan por personales o PC, mientras que los que realizan el trabajo más importante son computadoras con un alto grado de procesamiento que cumplen la función de servidores. Existe variedad de tecnología y capacidad de cómputo de los equipos en función de la antigüedad, pero son homogéneos desde el punto de vista del software instalado.

Por lo expuesto se puede decir que la disponibilidad de los equipos que funcionan en la organización bajo estudio es un aspecto clave, ya que influye de manera directa con la calidad de los servicios prestados a la comunidad educativa. En diversas ocasiones la disponibilidad se ve sensiblemente afectada por la realización de las tareas de mantenimiento correctivo generada por la presentación de incidentes. Esta situación provoca un impacto negativo no solo desde el punto de vista operacional sino también económico.

En función de la problemática expresada, este estudio pretende dar respuesta al siguiente interrogante ¿Es posible conocer los factores que contribuyen a la presentación de incidentes en los equipos del laboratorio de cómputos mediante la utilización de técnicas de Minería de Datos? Para dar respuesta a este interrogante se realiza una selección y análisis de los atributos más significativos que caracterizan a los incidentes presentados en los componentes de hardware de los equipos. Para la realización de las pruebas de Minería de Datos se considera 797 instancias correspondientes a los reportes de incidentes durante el periodo 2004 al 2011.

Si bien existen antecedentes de estudios y publicaciones que se han ocupado en solucionar los problemas de incidentes en equipos usando herramientas pertenecientes a las técnicas de Minería de Datos, el contexto de trabajo está enfocado fundamentalmente en equipos que se desempeñan en organizaciones industriales [1] [2] [3]. Esta propuesta incluye un aspecto innovador al incorporar un enfoque novedoso ya que considera el análisis en forma conjunta variables intrínsecas y extrínsecas vinculadas con el incidente.

Los resultados de este estudio permitirán elaborar una propuesta que definirá acciones de carácter preventivo con el objetivo de disminuir la frecuencia de presentación de los incidentes en los equipos aumentando su disponibilidad como así también la calidad de los servicios prestados.

2. Materiales y Métodos

En este estudio se ha seleccionado la herramienta de aprendizaje automático Weka en su versión 3.6. La metodología que se seleccionó para la ejecución del proyecto de Minería de Datos fue el Proceso de Extracción de Conocimiento KDD (Knowledge Discovery en Database). El proceso de KDD contempla el cumplimiento de las siguientes etapas.

2.1 Fase de recopilación

La base de datos que se ha considerado para el estudio es la que usa la organización bajo estudio y permite el almacenamiento de los incidentes y su resolución. La muestra seleccionada para efectuar el estudio se basó en un criterio no probabilístico y el tamaño resultante fue 797 instancias correspondiente al periodo 2004 al 2011. Los datos seleccionados y que han sido considerados significativos para el estudio de incidentes fueron número de identificación del incidente, fecha de reporte, turno de trabajo que se reporta el incidente, evidencia del incidente, aula, componente de hardware afectado, tipo de componente afectado (periférico o no periférico), clasificación del incidente (si fue un evento real o no), la acción correctiva y fecha de resolución.

2.2 Fase de Limpieza y Transformación

Con el propósito de lograr modelos de conocimiento confiables se aseguró que los datos obtenidos sean consistentes y mantengan coherencia entre ellos. La mayoría de los datos que han sido seleccionados fueron de tipo textual; esta situación no facilita las tareas de Minería de Datos ya que los algoritmos seleccionados requieren que los datos de entrada sean nominales. Por lo que se decidió someter a los datos a un proceso de categorización. La Tabla 1 visualiza las categorías resultantes para los datos seleccionados.

Tabla 1. Categorización de datos que caracterizan a los incidentes.

Atributo	Categorías
Turno de Trabajo	Mañana, Tarde y Noche.
Aula	Aula1- Aula 2-Aula 3- Aula 4- Aula 5- Aula 6.
Evidencia del incidente	No enciende- No carga la BIOS-Se reinicia- No bootea-Periférico no funciona correctamente- Mal funcionamiento del componente interno de la CPU- Presenta ruido.
Componente de hardware afectado	Mouse- Teclado-Lectora de CD- Fuente- Microprocesador- Placa de Video-Placa de Red- Disco Duro.
Tipo de Componente de Hardware	Periférico- No Periférico.
Clasificación del incidente.	Incidente real- Incidente no real (Falso incidente).
Acción Correctiva	Reemplazo de componente- Reparación de componente- Limpieza- Lubricación- No se realiza ninguna acción- Derivación al área correspondiente.

Elaboración propia

En esta etapa surgió la necesidad de incorporar otros datos que hasta el momento no habían sido puestos en consideración para el tratamiento de incidentes. Uno de ellos fue etiquetado como “tiempo de inactividad” y representa el tiempo (expresado en horas) que un equipo no está disponible por la realización de las tareas de mantenimiento correctivo. El tiempo de inactividad a su vez facilitó el establecimiento de dos atributos derivados como el tiempo de resolución del incidente y el impacto en la disponibilidad del equipo. Al igual que los datos originales fueron sometidos a un proceso de categorización. Las categorías resultantes para el impacto en la disponibilidad fueron Alto, Medio y Bajo; y para el tiempo de resolución resultó En el día, Menos de 3 días, En la semana, En el mes, Mas de un mes.

2.3 Fase de Exploración de los datos seleccionados

Una vez seleccionados los atributos relevantes para el estudio, se utilizó técnicas de análisis exploratorio de los datos para caracterizar y obtener un mayor conocimiento de los mismos con el propósito de mejorar la implementación de técnicas de Minería de Datos.

La herramienta Weka dispone una funcionalidad que permitió efectuar un análisis de datos bajo un enfoque univariante mediante la exploración de estadísticos fundamentales. En la Figura 1 se puede apreciar los histogramas generados para los atributos “Componente de Hardware” y “Turno de Trabajo”.

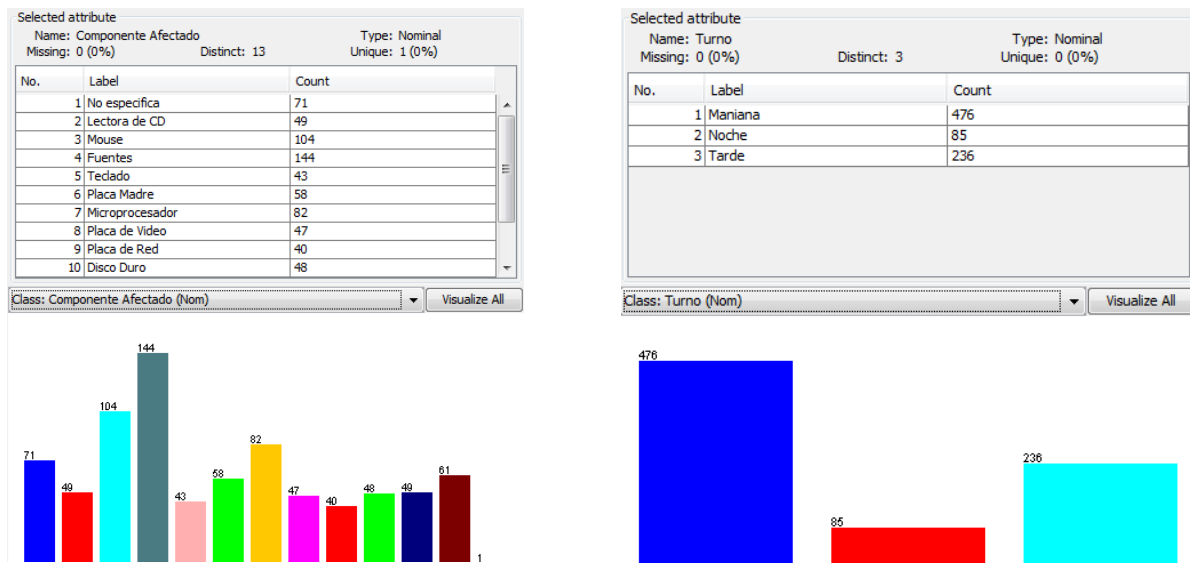


Figura 1. Histograma y Tabla de Frecuencias para los atributos “Componente de Hardware” y “Turno de Trabajo” generado por Weka.

2.4 Minería de Datos

En esta etapa se identificó la variable de clasificación. Esta fue detectada mediante la realización de un análisis multivariante de los datos, mediante la técnica de Análisis de Correspondencia Múltiple. La elección de esta técnica se fundamentó en que los datos que utiliza son de naturaleza categórica, característica que se presenta mayormente en los datos de este estudio. La ejecución del método permitió el establecimiento de tres grupos que facilitó la clasificación y caracterización de los incidentes teniendo en cuenta fundamentalmente el tipo de componente de hardware afectado y el impacto que produce el incidente en la disponibilidad del equipo.

Antes de realizar las pruebas de Minería de Datos se decidió realizar un proceso de reducción de dimensionalidad con el propósito de aumentar las probabilidades de precisión de los resultados de clasificación. Para este propósito Weka dispone un método de selección automática “CfsSubsetEval”, para la ejecución del mismo fue necesario configurar la estrategia de búsqueda que en este caso fue “Exhaustive Search”.

Identificada la variable de clasificación se efectuó la las pruebas de Minería de Datos. Los algoritmos de clasificación seleccionados implementados en Weka fueron BFTree, J48 y OneR, PART. Los dos primeros se basan en la construcción de árboles de decisiones mientras que otros dos aprenden mediante el análisis de reglas. Los datos que se utilizaron en todas las pruebas corresponden a 797 instancias y los atributos considerados fueron seleccionados en el proceso de reducción de dimensionalidad.

3. Resultados y Discusión

3.1 Exploración de los datos seleccionados

Los aspectos relevantes detectados del análisis univariante de los datos fueron:

- Los componentes de hardware más afectados por incidencias en el periodo considerado en el estudio fueron las Fuentes (18%), Mouse (13%) y Microprocesador (10%). Se detectó

que los reportes de incidencias en un 9% no se especifica el componente de hardware afectado.

- Las aulas que reportaron mayor frecuencia de incidentes fueron Aula2 (40%) y Aula1 (36%). En menor proporción le siguen el Aula 3 (13%) y el Aula 5 (9%).
- Las tareas de mantenimiento correctivo que han sido más ejecutadas fueron Reemplazo de componente de hardware por uno nuevo (29%), Reparación del componente de hardware (25%) y Operaciones de Limpieza (23%). Sería significativo poder conocer cuáles han sido las causas por el cual no se ha aplicado ningún tipo de acción correctiva (13%) ante la presentación de un incidente. Una posible hipótesis es que el personal responsable de efectuar los mantenimientos no tiene un nivel de capacitación adecuada para dar resolución a los mismos u otra posibilidad puede ser que el incidente reportado no sea un incidente real por lo cual el problema se focaliza en el entrenamiento recibido por el personal responsable de notificar este evento.

3.2 Proceso de Reducción de Dimensionalidad

Los resultados del proceso arrojaron que las variables relevantes resultaron ser:

- Componente de hardware afectado
- Acción correctiva realizada
- Clasificación del incidente (si el incidente fue un evento cierto o no)
- Tipo de componente de hardware afectado en el incidente (periférico o no periférico)

3.3 Pruebas de Minería de Datos

El algoritmo BFTree identificó que el atributo de mayor ganancia de información considerado como nodo raíz del árbol fue el “Tipo de componente de hardware”. Mientras que J48 seleccionó como nodo raíz el atributo “Clasificación del Incidente”. El tamaño de los árboles resultantes fueron de 7 (siete) y 40 (cuarenta) nodos respectivamente.

La ejecución del algoritmo OneR arrojó que el atributo que mejor clasifica la variable de salida fue el “Componente de hardware afectado en el incidente”. La cantidad de reglas que se obtuvo con OneR fue 12 (doce) y con PART 11 (once). En la Figura 2 se puede visualizar las reglas significativas arrojadas en la ejecución del algoritmo PART.

Clasificación = Incidente Real AND Tipo Componente = Hardware Interno AND Componente Afectado = Fuentes: Grupo 1 (116.0)
Clasificación = Incidente Real AND Componente Afectado = Mouse: Grupo 2 (73.0)
Clasificación = Incidente Real AND Componente Afectado = Microprocesador: Grupo 1 (64.0)
Acción = No se realizó ninguna acción: Grupo 3 (105.0)

Figura 2. Reglas significativas generadas por el algoritmo PART.

En la Tabla 2 se resumen los resultados de ejecución de los algoritmos de clasificación seleccionados.

Tabla 2. Resultados de los algoritmos de clasificación.

Parámetros	BFTree	J48	OneR	PART
Tiempo de construcción del modelo. (seg)	0.45	0.04	0.01	0.02
Instancias clasificadas correctamente. (%)	64%	89%	88%	90%
Instancias clasificadas incorrectamente. (%)	36%	11%	12%	10%

Elaboración propia

En general los algoritmos de clasificación basados en la construcción de árboles tienden a ajustarse demasiado al conjunto de datos de entrenamiento generando sobre-aprendizaje (“overfitting”). Esta situación se pone de manifiesto cuando el clasificador obtiene un alto porcentaje de aciertos con los datos de entrenamiento, pero inferior en los datos pertenecientes al test. Para evitar esta situación, en el caso del algoritmo J48 se configuró el parámetro “Confidence Factor” con el valor 0.15. Este permitió controlar el tamaño del árbol de decisión generado, que cuanto menor es el valor de este parámetro, más simple tiende a ser el clasificador.

Uno de los resultados obtenidos en la actualidad (Fase II del proyecto) ha sido la definición e implementación de un Data Mart que permitirá el almacenamiento de los incidentes afectados a los componentes de hardware y de software. En la Figura 3 se visualiza el modelo propuesto para el Data Mart que consta de una tabla de hecho, siete tablas de dimensiones y una tabla sumariada.

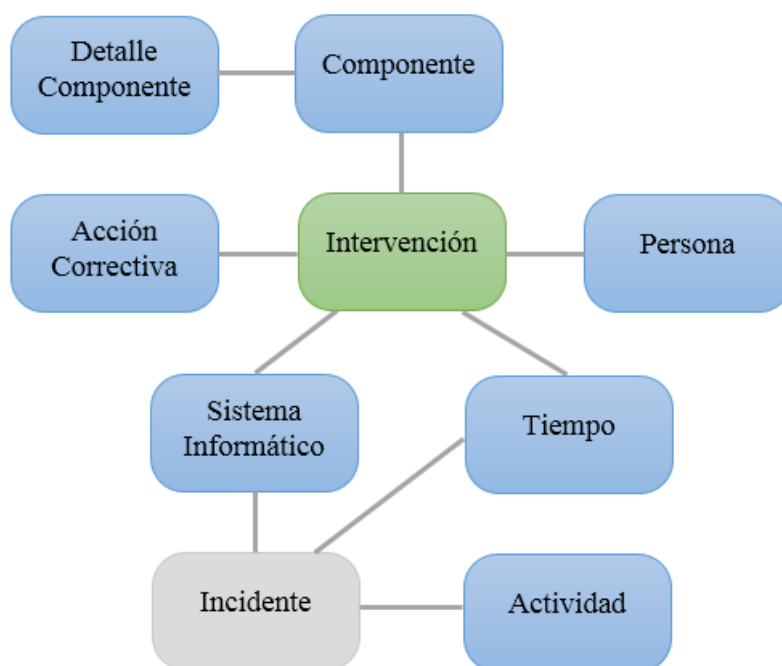


Figura 3. Modelo propuesto del Data Mart.

La tabla de hecho denominada Intervención se conecta con varias tablas de dimensiones que incluyen las características que se desean analizar y estudiar. En la Tabla 3 se resume la descripción de cada una de las tablas del modelo multidimensional propuesto.

Tabla 3. Descripción de las tablas de modelo multidimensional propuesto.

Nombre de Tabla	Tipo de Tabla	Descripción
Componente	Dimensión	Almacena todos los componentes informáticos, categorizándolos como hardware o software.
Detalle Componente	Dimensión	Esta tabla almacena características específicas de cada componente (hardware o software). Ejemplo: año y mes de su adquisición, proveedor o fecha de instalación.
Acción Correctiva	Dimensión	Almacena todas las acciones correctivas que se le pueden realizar a un componente (hardware o software) durante una intervención.
Sistema Informático	Dimensión	Contiene información de todos los equipos informáticos que se posee en el laboratorio, identificando el aula, lugar y edificio en el que cumple su función.
Actividad	Dimensión	Almacena todas las actividades académicas que se realizan en el laboratorio, permitiendo conocer en qué actividad se presenta el incidente.
Persona	Dimensión	Contiene información del personal involucrado en la gestión de incidentes.
Tiempo	Dimensión	Almacena la fecha, hora, día de la semana, mes, semestre y el año de los reportes de incidentes en el periodo considerado en el estudio.

Intervención	Hecho	Esta tabla contiene el detalle todas las intervenciones que se realizan a un componente (hardware, software) de un sistema informático.
Agregada Incidente	Sumarizada	Esta tabla que permite realizar consultas con menor tiempo de procesamiento, teniendo en cuenta las métricas definidas previamente, obteniendo de esta manera información específica.

Elaboración propia

Tanto para la definición conceptual del Data Mart como para la realización del proceso de extracción, transformación y carga (ETL) se ha seleccionado la herramienta Kettle o más conocida como Spoon que forma parte de la suite de Pentaho. Con el cumplimiento de esta actividad se pretende propiciar un contexto favorable que facilitará la implementación de las técnicas de Minería de Datos, con el propósito de complementar los resultados obtenidos en Fase I del estudio.

4. Conclusiones y recomendaciones

El uso de la herramienta Weka facilitó la identificación de atributos significativos para la ejecución de las técnicas de clasificación con mayores posibilidades de obtener clasificadores más precisos.

Por medio del uso de técnicas de Minería de Datos fue posible no solo la identificación de un clasificador que predijera la frecuencia de las acciones de mantenimiento para un incidente, sino que también fue posible el análisis de las reglas de clasificación que permitieron individualizar los factores que influyen en la presentación de incidentes. Los resultados reflejan que los factores que predisponen la presentación de incidentes afectando la disponibilidad de los equipos son la falta de capacitación del personal autorizado responsable de realizar el reporte del incidente; ya que del análisis de ciertas reglas se pudo inferir que un número significativo de reportes de incidentes no aplicó ninguna acción correctiva por lo que se deduce que fueron falsos reportes de incidentes. Otro factor detectado es el tiempo de resolución del incidente, ya que la organización bajo estudio al no disponer un stock mínimo para los componentes de hardware presenta un tiempo de demora para concretar la resolución del mismo. Algunas de las recomendaciones que surgieron de los resultados obtenidos en la Fase I del estudio son:

- Difundir y concientizar sobre la importancia de registro de la información contenida en el reporte de incidencias.
- Diseño de acciones estratégicas dirigidas a las áreas funcionales responsables de registrar el reporte de incidencias.
- Determinación de la cantidad de horas de funcionamiento de los equipos teniendo en cuenta el aula donde cumple su función ya que todas las aulas no tienen el mismo nivel de concurrencia. Esta información será útil para el personal responsable de la resolución de los incidentes para la determinación de la frecuencia apropiada para la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo. Esta estrategia permitirá disminuir el nivel de ocurrencia de incidentes.

La posibilidad de complementar este estudio considerando el análisis de los incidentes de los componentes de software permitirá obtener enfoque integral en el tratamiento de incidencias de los equipos del laboratorio de cómputos.

5. Referencias

- [1] ARANCHA, ALONSO, PULIDO, MORO. (2005). Un sistema de razonamiento basado en casos para la clasificación. *Actas del III Taller Nacional de Minería de Datos y Aprendizaje*, Granada, p.203-211.
- [2] CRUZ, BARR, CASTILLA CASADO. (2008). Evaluación de las solicitudes de mantenimiento correctivo usando técnicas de agrupamiento y reglas de asociación. *Revista de Ingeniería Biomédica*, v.3, p.65-76.
- [3] CASTEJÓN LIMAS, GONZALEZ, ASCACÍBAR. (2005). Data Mining in industrial processes. *Actas del III Taller Nacional de Minería de Datos y Aprendizaje*. Granada, p.57-66.
- [4] ORALLO, RAMIREZ, FERRI. (2004). *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson. Prentice Hall. 461p.
- [5] PEREZ LOPEZ, SANTIN GONZALEZ (2007). Minería de Datos. Técnicas y Herramientas. Madrid: *Minería de Datos: Conceptos, Técnicas y Sistemas*. p.10-25.
- [6] BASILIO SIERRA ARAUJO (2006). Aprendizaje Automático: conceptos básicos y avanzados. Aspectos prácticos utilizando software Weka. Madrid. *Parte II: Técnicas de Clasificación Supervisada*. p.23-38.
- [7] WITTEN IAN H, FRANK EIBE, HALL MARK (2002). Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques. *Part II: Advanced Data Mining*.p.89-130.
- [8] PEREZ MARQUEZ MARÍA (2014). Minería de Datos a través de ejemplos. *Capítulo VI: Modelos predictivos con árboles de decisión*. p.285-310.
- [9] RIQUELME JOSÉ, RUIZ ROBERTO, GILBERT KARINA (2006).Minería de Datos. Conceptos y Tendencias. *Inteligencia Artificial. Volumen 10. Nro. 29*.
- [10] ESTRUCH V, FERRI C, ORALLO HERNANDEZ J, RAMIREZ-QUINTANA M. J (2004), Bagging Decision Multitress. Multiple Classifier. P. 41-51.
- [11] RUSSEL S. J, NORVING (2002). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall.
- [12] PERNIA A, MARTINEZ DE PISÓN F, ORDIERES J, CASTEJÓN M (2001). Gestión de conocimiento y Minería de Datos. *Actas del XVII Congreso Nacional de Ingeniería*. Murcia.

EXPERIMENTO CONTROLADO EN LA INSPECCIÓN DE UN LÉXICO MEDIANTE MAPAS CONCEPTUALES

Alberto Sebastián, Universidad de Belgrano, alberto.sebastian@comunidad.ub.edu.ar

Graciela D.S. Hadad, Universidad de Belgrano y Universidad Nacional del Oeste,
graciela.hadad@comunidad.ub.edu.ar

Resumen— El proceso de Ingeniería de Requisitos involucra comprender el comportamiento actual en un contexto y definir la situación futura al incorporar un sistema de software. Es frecuente durante el proceso de requisitos construir modelos escritos en lenguaje natural, dado que facilitan la elicitación, validación y negociación con los clientes. Estas facilidades se incrementan cuando se escriben usando el lenguaje propio del cliente.

Un modelo construido tempranamente en el proceso de requisitos es el Léxico Extendido del Lenguaje. Es un glosario que permite comprender y definir el vocabulario utilizado en un contexto, siendo un medio para mejorar la comunicación entre los involucrados y promover el uso de dicho vocabulario en la descripción de otros modelos.

Como todo modelo generado siguiendo heurísticas, este léxico puede incurrir en inconsistencias, errores, omisiones y ambigüedades. Estas últimas se presentan básicamente por contener descripciones en lenguaje natural. Estudios de estimación de completitud sobre este modelo señalaron la ocurrencia de un número significativo de omisiones. Es relevante poder detectar estos defectos y corregirlos oportunamente, evitando su propagación sobre otros modelos.

Se elaboró un proceso de inspección del modelo léxico usando mapas conceptuales, potencialmente útil para detectar principalmente omisiones y ambigüedades. Para probarlo, se desarrolló un experimento controlado, que permitió identificar un número aceptable de omisiones y ambigüedades de severidad alta y media en un tiempo relativamente razonable.

Palabras clave— *Ingeniería de Requisitos, Verificación de Requisitos, Omisiones, Léxico Extendido del Lenguaje, Mapas Conceptuales.*

1. Introducción

El presente artículo se basa en una estrategia de Ingeniería de Requisitos (IR) que aplica un enfoque de construcción de requisitos centrado en que el cliente y el ingeniero de requisitos compartan el mismo lenguaje [1]. Leite et al. [1] sugieren que en particular el uso del lenguaje propio del cliente mejora considerablemente esta comunicación. En el proceso de IR y, efectivamente, a lo largo de todo el ciclo de vida del software es necesario tener una fuerte interacción con el cliente [2], tarea que se facilita con el uso de un vocabulario común entre el cliente y el ingeniero de requisitos. Por tal motivo, en esta estrategia de IR se usa el Léxico

Extendido del Lenguaje (LEL) para modelar el vocabulario del contexto de aplicación, y se usan escenarios o casos de uso para representar el comportamiento de ese contexto [1][3].

Uno de los aspectos más negativos en el proceso de IR son las omisiones en los requisitos, y entre ellas, las ambigüedades, puesto que conllevan a más de una interpretación [4]. La falta de completitud en el proceso de definición de requisitos es también uno de los principales problemas que atentan contra la calidad de los modelos que se construyen en la IR [5][6][7]. Es fácil determinar cuándo empezar a trabajar con un determinado modelo, lo que no es tan claro es cuando terminar, es decir, cuales son los criterios de parada al construir un modelo [8]. Es sabido que la completitud es una propiedad casi imposible de resolver en problemas complejos, por consiguiente, se establece como meta lograr un nivel aceptable de completitud [1].

En esta estrategia, el documento de especificación de requisitos se deriva de escenarios o casos de uso que contengan la visión del futuro sistema de software, los cuales a su vez se construyen en basa a los escenarios o casos de uso con la visión del contexto observable del negocio. Asimismo, se puede aplicar un mecanismo de derivación desde el propio LEL, que ayuda a comenzar a modelar el comportamiento de ese contexto observable [3]. Se hace entonces imprescindible contar con técnicas que permitan asegurar la calidad de este modelo inicial, minimizando sus defectos. Por ello, se propone aplicar inspecciones [9] sobre el modelo LEL, dado que es una técnica de verificación ampliamente utilizada en la Ingeniería de Software por su alta efectividad [10][11]. La técnica de inspección propuesta utiliza como variante, en la etapa de preparación, la construcción de mapas conceptuales [12][13] a partir de un modelo LEL elaborado. Para estudiar la efectividad y eficiencia de esta propuesta se realizó un experimento controlado llevado a cabo por tres inspectores independientes sobre el mismo modelo LEL, dando inicialmente resultados prometedores.

En la sección siguiente se describe el modelo Léxico Extendido del Lenguaje, la técnica de inspección y el uso de mapas conceptuales para mejorar la comprensión de conceptos. En la sección 3 se presenta la técnica de inspección adaptada para detectar defectos en el LEL mediante mapas conceptuales. En la sección 4 se describe el experimento controlado realizado para probar el proceso de inspección descrito en la sección anterior. Finalmente, se indican conclusiones sobre lo presentado y futuros trabajos.

2. Verificación de Modelos de Requisitos

Los modelos escritos en lenguaje natural, cuyo uso ha sido muy difundido en el proceso de construcción de requisitos, suelen tener algunas debilidades que van en desmedro de su calidad. La ambigüedad suele ser el primer inconveniente, aunque también el poder establecer el grado de completitud alcanzado. En trabajos de investigación previos, se ha determinado que estos modelos suelen tener un alto número de omisiones [14][15][16]. Es por ello, que se debe disponer de técnicas de verificación y validación que ayuden a reducir estos inconvenientes. Dado que el objeto de inspección de esta propuesta es el modelo denominado Léxico Extendido del Lenguaje (LEL), este será presentado a continuación, junto con las características generales de la técnica de inspección. La propuesta incluye la construcción de mapas conceptuales, por lo que estos son también brevemente descriptos.

2.1 Modelo Léxico Extendido del Lenguaje

El LEL es un glosario de términos del universo de discurso que tiene por objetivo ayudar a entender el vocabulario manejado por los clientes logrando de esta forma una mejor comunicación con ellos [1]. El foco central en la construcción de este modelo es entender los términos que se utilizan en el universo de discurso, sin preocuparse por entender el problema

que se debe solucionar. Los términos utilizados serán entonces representados en el LEL como símbolos relevantes del universo de discurso.

Cada término o símbolo se describe con un nombre (o más de uno para sinónimos), una noción (denotación del símbolo) y un impacto (connotación del símbolo). La noción y el impacto se describen mediante una o más oraciones, las que deben cumplir con dos principios [1]: i) principio de circularidad (maximizar el uso de símbolos en la definición de otros símbolos), y ii) principio de vocabulario mínimo (minimizar el uso de términos externos al LEL en la definición de símbolos). El primer principio implica que cada símbolo mencione al menos a otro símbolo y que cada símbolo sea mencionado al menos por otro símbolo. Esta mención implica la incorporación de hipervínculos en la definición de los símbolos. El principio de vocabulario mínimo requiere la existencia de una lista de términos que permitan describir ideas generales en cualquier dominio. Asimismo, los símbolos del LEL se clasifican en objetos, sujetos, verbos o estados [1] y, acorde a esta clasificación general, sus nociones e impactos tienen una semántica diferente.

Puede ocurrir que las personas en un dado universo de discurso hagan referencia al mismo símbolo utilizando diferentes nombres, los cuales se representan como sinónimos. También puede ocurrir que un mismo nombre sea usado en el mismo universo con distinto significado, es decir, se está en presencia de homónimos; en este caso, se debe describir cada significado como un símbolo independiente con igual nombre. La Figura 1 muestra un ejemplo de símbolo del modelo LEL que se construyó en el marco del desarrollo de un software de gestión para el Instituto Cardiovascular de Buenos Aires (ICBA). En esta Figura, los términos subrayados representan hipervínculos a la definición de otros símbolos. Este modelo LEL está compuesto de 22 símbolos, siendo 3 del tipo sujeto, 10 del tipo objeto, 5 del tipo verbo y 4 del tipo estado.

Símbolo: METADATA DE FACTURACIÓN	Tipo: Objeto
Noción:	
<ul style="list-style-type: none"> Es información digital en un <u>FORMATO DE ARCHIVO ESTANDARD</u> 	
Impacto:	
<ul style="list-style-type: none"> La genera el <u>ICBA</u> durante el proceso de facturación Lo usa el <u>NAVEGADOR OS</u> como <u>DOCUMENTACION DE RESPALDO</u> para acceder a la <u>FACTURA EMITIDA</u> 	

Figura 1. Ejemplo de símbolo del LEL de tipo Objeto

2.2 Inspección de Modelos de Requisitos en Lenguaje Natural

Una forma de verificar los modelos que se realizan en la IR es a través de la técnica de inspección [9]. El proceso de inspección se define como estructurado y metodológicamente disciplinado para encontrar defectos en productos de software durante su ciclo de desarrollo [17]. Inicialmente, comenzó como una actividad aislada, donde un ingeniero inspeccionaba el código de otro [9]. Posteriormente, se extendió su uso hasta ser ampliamente utilizado para la verificación de modelos en el proceso de IR [5][10][11][18].

El proceso de inspección, como proceso formal desarrollado por Fagan en 1976 [9], se divide en seis etapas (Reunión de Planificación, Información General, Preparación, Reunión de Inspección, Repetición del Trabajo y Seguimiento), conducidas por un equipo de personas con roles específicos (Autor, Moderador, Observador, Documentador e Inspector), con documentación a generar en cada etapa y a realizarse en un período definido [17].

Existen en la literatura diferentes variantes de la técnica de inspección aplicada a modelos escritos en lenguaje natural elaborados en el proceso de requisitos. Regnell et al. [18] han clasificado estas variantes según la forma de lectura del modelo para detectar defectos en la etapa de Preparación:

- Lectura ad-hoc del modelo
- Lectura usando checklists
- Lectura usando procedimientos
- Lectura a través de la construcción de artefactos intermedios

Las primeras dos técnicas hacen referencia a formas más intuitivas y no sistemáticas de detectar defectos, en contraste con la tercera y cuarta que son explícitas y altamente sistemáticas. La última variante no es tan frecuentemente utilizada, debido principalmente a la necesidad de construir una nueva representación a partir del modelo a verificar [19]. Sin embargo, podría promover la detección de más defectos por la tarea misma de construcción. La propuesta de verificación que se presenta en este artículo se basa en esta cuarta variante, donde el artefacto intermedio son mapas conceptuales.

2.3 Mapas Conceptuales

Los mapas conceptuales son un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones [12]. En los mismos, aparecen conceptos representados en forma de óvalos que se encuentran relacionados a través de palabras de enlace. En la Figura 2, se presenta un mapa conceptual realizado en el ámbito del ICBA, donde se define el concepto *Metadata de Facturación*, representado en el óvalo negro, cuya definición en el LEL se presenta en la Figura 1.



Figura 2. Ejemplo de mapa conceptual

3. Proceso de Inspección basado en Mapas Conceptuales

Para mejorar la calidad del modelo LEL, se ha elaborado un proceso de inspección basado en la construcción de un artefacto – mapas conceptuales – que ayude en la identificación de defectos, principalmente omisiones y ambigüedades. La detección de defectos ocurre específicamente durante la etapa de Preparación de la inspección. Asimismo, el proceso incluye recomendaciones para realizar las etapas de Reunión de Inspección y Repetición del Trabajo del modelo LEL. Los mapas conceptuales son una característica distintiva del proceso

de inspección propuesto, ya que pueden considerarse activos de la organización cliente y alcanzar el mismo nivel de relevancia que el propio modelo LEL del cual derivan.

La etapa de Preparación del proceso de inspección propuesto consta de dos actividades:

- Construcción de mapas conceptuales a partir de símbolos del LEL.
- Detección de defectos mediante los mapas conceptuales.

La primera actividad básicamente consiste en generar un mapa conceptual de cada símbolo del LEL, usando la información contenida en él y su relación con otros símbolos. La segunda se focaliza en detectar defectos en el LEL, analizando los mapas conceptuales construidos. Para la realización de esta actividad de detección se utiliza una heurística compuesta por pasos agrupados en dos categorías: Análisis de conceptos no símbolos del LEL y Análisis de relaciones en mapas conceptuales.

3.1 Primera Actividad: Construcción de Mapas Conceptuales

Se ha adaptado la técnica de construcción de mapas conceptuales para que estos sean utilizados como medio de verificación. Considerando la recomendación de generar mapas conceptuales en un dominio acotado [12], es que se construye un mapa conceptual por cada símbolo del LEL.

El concepto raíz de cada mapa conceptual representa el símbolo del LEL bajo estudio, que se denomina **CRL: Concepto Raíz símbolo del LEL**. Cada oración en la noción y en el impacto de este símbolo se considera una proposición y se la transforma en conceptos y frases de enlace para armar el mapa conceptual, donde estos conceptos pueden ser de dos categorías:

- Representante de otro símbolo del LEL, denominado **CSL: Concepto Secundario símbolo del LEL**.
- No representante de símbolo del LEL, denominado **CSnoL: Concepto Secundario no símbolo del LEL**.

También se categorizan las relaciones creadas a partir de la definición del símbolo, identificando si provienen de la noción o del impacto de dicho símbolo.

Cada mapa se encuentra dividido en dos áreas, denominadas: Mención y Mapa. En la primera se representan otros conceptos CRL que mencionan en su noción o impacto al símbolo LEL bajo estudio, mientras que en el área Mapa se representa el mapa conceptual propiamente dicho. La Figura 3 expresa la definición de un símbolo del LEL de tipo Verbo construido para el caso ICBA, y la Figura 4 representa el mapa conceptual correspondiente a dicho símbolo, inserto en un óvalo negro (CRL).

Símbolo: GESTIONAR LOS FILTROS APLICADOS	Tipo: Verbo
Noción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Es un proceso por el cual el PRESTADOR ICBA puede EXPORTAR LOS FILTROS APLICADOS o puede IMPORTAR LOS FILTROS APLICADOS • Lo realiza al analizar o consultar la facturación mensual emitida 	
Impacto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilita al PRESTADOR ICBA almacenar los FILTROS APLICADOS para su posterior uso o transmisión 	

Figura 3. Ejemplo de símbolo del LEL de tipo Verbo

Los óvalos gris medio representan otros símbolos del LEL (CSL) mencionados en la definición del CRL, y los óvalos gris claro representan conceptos que pertenecen al vocabulario mínimo (CSnoL). Las frases en las relaciones también son parte del vocabulario mínimo. En el área Mención, el óvalo gris medio representa un símbolo del LEL que menciona en su definición al CRL.

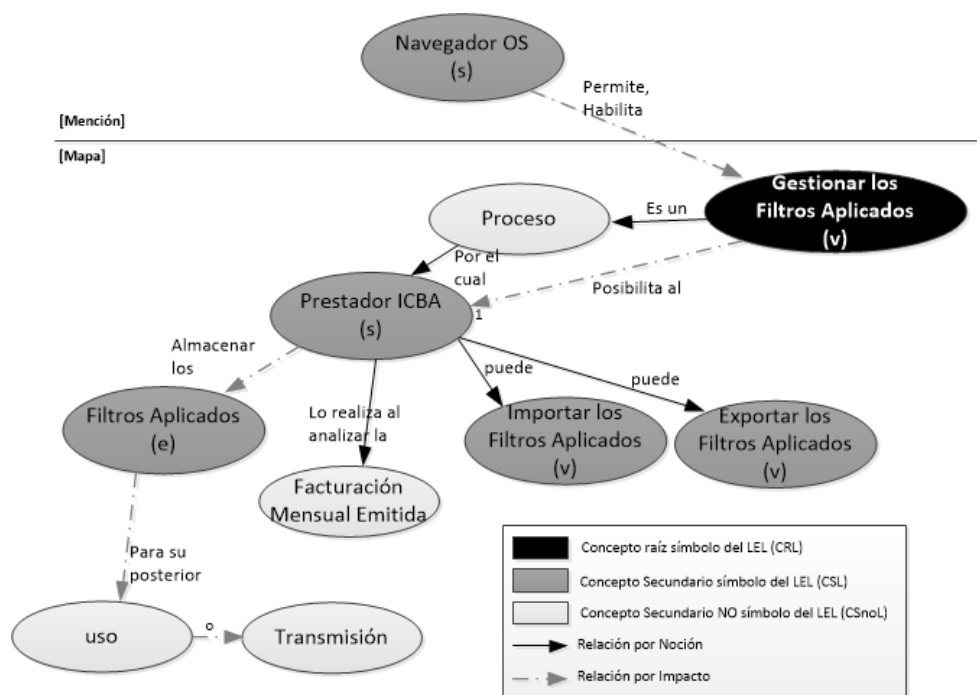


Figura 4. Mapa conceptual del símbolo definido en la Figura 3

3.2 Segunda Actividad: Detección de Defectos

El propósito de esta actividad consiste en detectar defectos en el modelo LEL, a través del análisis de los mapas conceptuales construidos en la actividad anterior. Se lleva cabo en dos partes: i) Análisis de Conceptos que no son símbolos del LEL, y ii) Análisis de Relaciones en cada mapa y entre mapas. Cada una de estas sub-actividades se encuentra, a su vez, dividida en pasos que permiten establecer las acciones a realizar por el inspector. La Tabla 1 sintetiza dichos pasos, descriptos en detalle en [20].

En la Tabla 2 se muestra, a modo de ejemplo, uno de los pasos del proceso de inspección, donde se detalla cómo detectar cierto tipo de defecto y qué acciones de corrección realizar sobre el mapa conceptual, y se sugieren acciones de corrección sobre el símbolo LEL asociado al mapa. La Figura 5 muestra un ejemplo de mapa conceptual donde se detecta el tipo de defecto que identifica el paso descrito en la Tabla 2 y presenta el mapa conceptual corregido. La Figura 6 representa el símbolo del LEL correspondiente al mapa conceptual de la Figura 5, en su versión original y corregida.

4. Experimento Controlado

El proceso de inspección propuesto fue probado inicialmente por el propio autor del modelo LEL, siendo construido para un caso real en el ICBA con mucha antelación al diseño mismo del proceso de inspección. El autor llevó a cabo las actividades detalladas en la Tabla 1 (etapa de Preparación), detectando 21 ambigüedades y 32 omisiones. Esta prueba inicial tuvo la debilidad de que el inspector era el propio autor del LEL, hecho que no es lo recomendado en un proceso formal de inspección donde el inspector debe ser totalmente ajeno al objeto de

inspección. Entonces, se procedió a preparar y realizar un experimento controlado sobre el mismo modelo LEL.

Tabla 1. Pasos en la detección de defectos

ANÁLISIS DE CONCEPTOS NO SÍMBOLOS DEL LEL		
Paso	Tipo de Defecto en el LEL	Severidad del Defecto
PASO 1: Detectar la existencia de sinónimos entre CSnoL	AMBIGÜEDAD	ALTA
PASO 2: Detectar la existencia de sinónimos entre CSnoL y símbolos CRL	AMBIGÜEDAD OMISIÓN	MEDIA caso de ambigüedad ALTA en caso de omisión
PASO 3: Detectar Símbolos candidatos provenientes de CSnoL	OMISIÓN	ALTA
ANÁLISIS DE RELACIONES EN MAPAS CONCEPTUALES		
Paso	Tipo de Defecto en el LEL	Severidad del Defecto
PASO 1: Detectar sub-grafos inconexos en un mapa conceptual	OMISIÓN	BAJA
PASO 2: Detectar símbolos CRL sin relaciones con CLS en el espacio de Mapa	OMISIÓN ERROR	ALTA en caso de omisión MEDIA en caso de error
PASO 3: Detectar símbolos CRL que tienen el espacio de Mención vacío	OMISIÓN	MEDIA
PASO 4: Detectar relaciones inversas de noción hacia el CRL	AMBIGÜEDAD	BAJA
PASO 5: Detectar relaciones inversas implícitas de impacto hacia el CRL	AMBIGÜEDAD	ALTA en caso de símbolo del LEL MEDIA en caso de término del vocabulario mínimo
PASO 6: Detectar relaciones con dos o más verbos unidos por conectores aditivos	AMBIGÜEDAD	MEDIA
PASO 7: Detectar relaciones con dos o más verbos unidos por conectores disyuntivos	AMBIGÜEDAD	MEDIA
PASO 8: Detectar ciclos cerrados de relaciones en un mapa conceptual	AMBIGÜEDAD	ALTA
PASO 9: Detectar relaciones de noción sin nombre	OMISIÓN	BAJA
PASO 10: Detectar verbos relevantes omitidos	OMISIÓN	ALTA

El objetivo de este experimento fue establecer la calidad de detección de defectos del proceso de inspección propuesto y los tiempos insumidos para su detección. Para ello se utilizaron tres inspectores sin conocimiento en la construcción de modelos LEL ni en procesos de inspección, los cuales fueron capacitados en la construcción de mapas conceptuales a partir del LEL y en el proceso de inspección propuesto.

El alcance del experimento controlado se acotó a la realización de las etapas de Preparación y Reunión de Inspección dentro del proceso de inspección descrito en la sección previa. El experimento se llevó a cabo cumpliendo la secuencia de tareas indicadas en la Tabla 3, trabajando cada inspector en forma independiente.

Tabla 2. Ejemplo de un Paso del Análisis de Relaciones en Mapas Conceptuales

PASO 4: Detectar relación inversa de noción hacia el CRL	
Acción de Detección	
Buscar una relación de noción entrante al CRL bajo estudio desde un CSL o CSnoL.	
Defecto en el Modelo Léxico	
Detectar en la noción de un símbolo una referencia a sí mismo. La referencia puede ser explícita, nombrando al propio símbolo, o implícita, a través de pronombres u otras formas lingüísticas.	
Tipo de Defecto: Ambigüedad	Severidad: Baja
Corrección en el Mapa	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Redefinir semánticamente la relación, estableciendo la misma desde el concepto CRL hacia el CSL o CSnoL. 2. Analizar todas las relaciones derivadas del concepto CSL o CSnoL, y redefinirlas de ser necesario. 	
Tratamiento sugerido en el Modelo Léxico	
Reescribir la oración de la noción del símbolo LEL eliminando la mención implícita o explícita a él, en función de las relaciones corregidas en el mapa conceptual.	

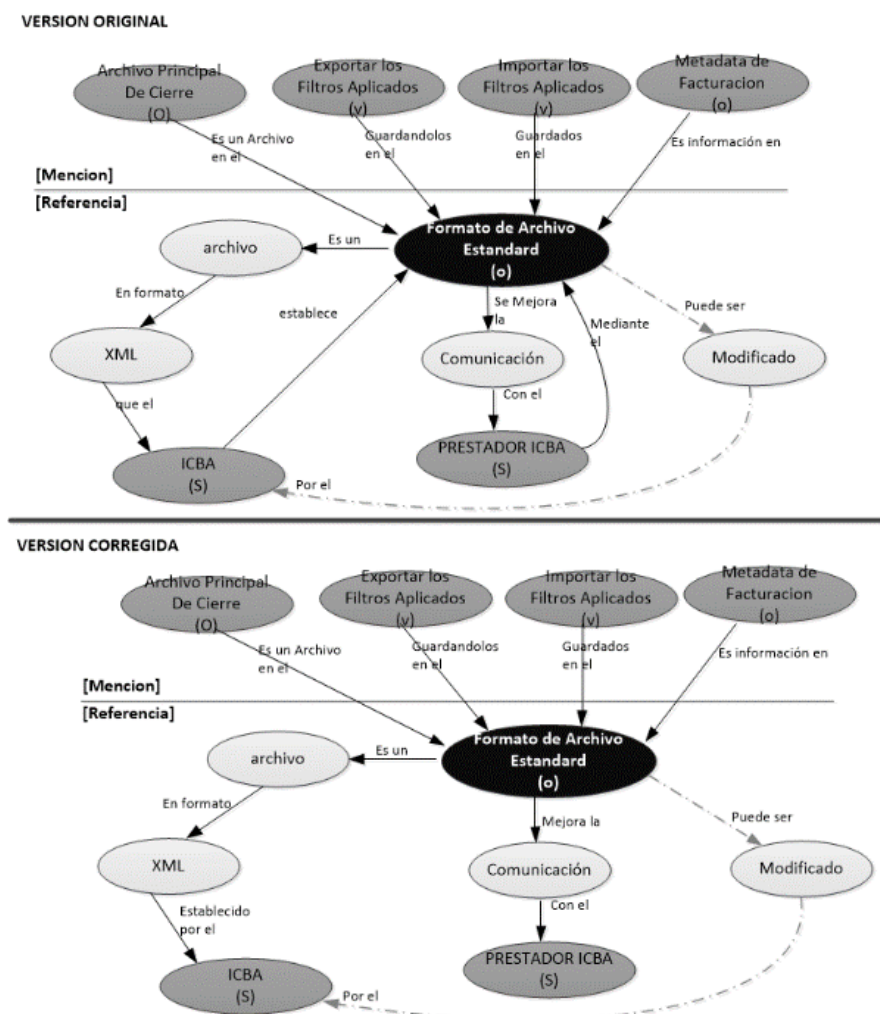


Figura 5. Versión original con defecto y versión corregida de un mapa conceptual donde se aplicó el paso detallado en la Tabla 2

Símbolo del LEL: versión original	Símbolo del LEL: versión corregida
Símbolo: FORMATO DE ARCHIVO ESTÁNDAR Tipo: Objeto	Símbolo: FORMATO DE ARCHIVO ESTÁNDAR Tipo: Objeto
Noción:	Noción:
<ul style="list-style-type: none"> Es un archivo en formato XML que el ICBA establece Se mejora la comunicación con el PRESTADOR ICBA mediante este FORMATO DE ARCHIVO ESTÁNDAR 	<ul style="list-style-type: none"> Es un archivo en formato XML establecido por el ICBA Mejora la comunicación con el PRESTADOR ICBA
Impacto:	Impacto:
<ul style="list-style-type: none"> Puede ser modificado por el ICBA 	<ul style="list-style-type: none"> Puede ser modificado por el ICBA

Figura 6. Símbolo del LEL original y corregido correspondiente a cada mapa de la Figura 5

Durante la realización del experimento, en las tareas propias de inspección, no se realizaron correcciones sobre los mapas conceptuales ni sobre el modelo LEL. El foco del experimento estuvo centrado en la detección de defectos, calificando su severidad y midiendo los tiempos de las tareas. A cada inspector se le entregó un conjunto de planillas a completar, referidas a las actividades de detección de defectos y a la medición de defectos identificados y tiempos insumidos.

Tabla 3. Secuencia de ejecución del experimento controlado

Nro. Secuencia	TAREA	PROPÓSITO
1	Capacitación	Capacitar a los inspectores en la construcción de los mapas conceptuales derivados del LEL
	Construcción de mapas	Ejecución de la heurística de construcción de mapas conceptuales derivados del LEL
2	Capacitación	Capacitar a los inspectores en la detección de defectos mediante el análisis de conceptos no símbolos del LEL
	Análisis de Conceptos	Ejecución de la heurística con 3 pasos, asociada al análisis de conceptos no símbolos del LEL. Identificación de Defectos
3	Capacitación	Capacitar a los inspectores en la detección de defectos mediante el análisis de relaciones entre mapas conceptuales
	Análisis de Relaciones	Ejecución de la heurística con 10 pasos, asociada al análisis de relaciones entre conceptos. Identificación de Defectos
4	Reunión de Inspección	Análisis de los defectos detectados por cada inspector con el autor para confirmar defectos o rechazarlos

El proceso de inspección propuesto no requiere que los inspectores posean conocimiento alguno en técnicas o herramientas de IR. Por el contrario, puede realizarlo cualquier persona con conocimientos en la gestión de planillas de cálculo y construcción de mapas conceptuales.

Las primeras tres tareas del experimento se iniciaron con una capacitación a fin de proveerles a los inspectores de los conocimientos necesarios para poder trabajar en la correspondiente actividad de inspección. El tiempo promedio total de capacitación de un inspector fue de aproximadamente 2 horas, incluyendo una explicación de la actividad de inspección a realizar y práctica sobre la misma.

En la Tabla 4, se presentan los resultados del proceso de inspección realizado por los inspectores durante el experimento controlado, donde se detalla la cantidad de defectos detectados por cada inspector, en cada paso de la etapa de Preparación, discriminando los defectos rechazados y los confirmados durante la etapa de Reunión de Inspección. En esta Tabla se observa que más del 70% de los defectos se detectan en el Análisis de Conceptos no símbolos del LEL.

Tabla 4. Resultados del Experimento Controlado respecto a cantidad de defectos

	Tipo de Defecto	Defectos Detectados			Defectos Rechazados			Defectos Confirmados		
		INSP. 1	INSP. 2	INSP. 3	INSP. 1	INSP. 2	INSP. 3	INSP. 1	INSP. 2	INSP. 3
ANÁLISIS DE CONCEPTOS										
PASO 1	Ambigüedad	47	27	40	36	14	26	11	13	14
PASO 2	Omisión	0	9	5	0	0	0	0	9	5
PASO 2	Ambigüedad	26	6	4	21	3	3	5	3	1
PASO 3	Omisión	27	14	18	6	0	1	21	14	17
SUBTOTAL		100	56	67	63	17	30	37	39	37
ANÁLISIS DE RELACIONES										
PASO 1	Omisión	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PASO 2	Omisión	1	1	1	0	0	0	1	1	1
PASO 2	Error	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PASO 3	Omisión	0	2	0	0	1	0	0	1	0
PASO 4	Ambigüedad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PASO 5	Ambigüedad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PASO 6	Ambigüedad	0	2	0	0	0	0	0	2	0
PASO 7	Ambigüedad	0	7	4	0	0	1	0	7	3
PASO 8	Ambigüedad	8	0	0	8	0	0	0	0	0
PASO 9	Omisión	14	0	7	0	0	0	14	0	7
PASO 10	Omisión	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBTOTAL		23	12	12	8	1	1	15	11	11
	TOTAL	123	68	79	71	18	31	52	50	48
		% Defectos Confirmados sobre Detectados:						42%	74%	61%

Debe notarse que el inspector 1 identificó una cantidad de defectos muy superior a los otros inspectores; sin embargo, tuvo una gran cantidad de rechazos (58% de defectos rechazados respecto del total identificado). Estos rechazos se debieron principalmente a una pobre construcción de los mapas conceptuales. Este inspector, aún cuando declaró conocer cómo se construían mapas conceptuales, posteriormente al experimento indicó la necesidad de mayor práctica en la confección de mapas durante la capacitación. Dado lo cual, se considera que para llevar a cabo una inspección como la propuesta se debe disponer de inspectores con experiencia en la construcción de mapas conceptuales. No obstante, la falta de experiencia del inspector podría suplirse con una capacitación que intensifique la práctica en la construcción de mapas conceptuales, dada su facilidad de aprendizaje [13].

Se puede observar en la Tabla 4 que se han confirmado en promedio el 59% del total de defectos detectados. La gran mayoría de los defectos rechazados provenían de la actividad Análisis de Conceptos No Símbolos del LEL. Del estudio de los resultados del experimento,

se identificó que los principales motivos de rechazo fueron la detección incorrecta de sinónimos y de conceptos en los mapas.

La Tabla 5 resume los defectos confirmados por tipo de defecto y por inspector, incluyendo los resultados obtenidos por el autor. Como se observa, existe bastante similitud en los datos obtenidos por cada inspector. En promedio, se identificaron en el modelo LEL 50,75 defectos con una desviación estándar de 2,22, siendo el 61% de los defectos en promedio del tipo omisiones y el resto ambigüedades.

Tabla 5. Resumen de defectos confirmados por tipo de defecto

Tipo de Defecto	Defectos Confirmados								Promedio	
	Inspector 1		Inspector 2		Inspector 3		Autor			
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
Ambigüedad	16	31	25	50	18	37	21	40	20,00	39,41
Omisión	36	69	25	50	30	63	32	60	30,75	60,59
Error	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	52	100	50	100	48	100	53	100	50,75	100
					Desvío Estándar del Promedio:				2,22	

La Tabla 6 expone los resultados de los defectos confirmados respecto del grado de severidad de los mismos, donde se observa una cantidad importante de defectos de gravedad alta y media, en promedio el 85% de los defectos están en estos niveles.

Tabla 6. Defectos confirmados según el grado de severidad

Severidad	Defectos Confirmados								Promedio	
	Inspector 1		Inspector 2		Inspector 3		Autor			
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Alta	22	42	24	48	23	48	22	42	22,75	44,83
Media	16	31	26	52	18	38	22	42	20,50	40,39
Baja	14	27	0	0	7	18	9	17	7,50	14,78
TOTAL	52	100	50	100	48	100	53	100	50,75	100
					Desvío Estándar del Promedio:				2,22	

Es importante observar el grado de severidad de que presenta cada tipo de defecto. En la Tabla 7 se exponen estos resultados, promediando los valores obtenidos por los tres inspectores, donde se puede observar un alto nivel de omisiones de alta severidad detectadas.

Tabla 7. Defectos promedio por Tipo y por Nivel de Severidad

Tipo	Severidad (Promedios)			Total
	Alta	Media	Baja	
Ambigüedad	0	20,00	0	20,00
Omisión	22,75	0,50	7,50	30,75
Error	0	0	0	0
TOTAL:	22,75	20,50	7,50	50,75

Otro de los resultados del experimento controlado está relacionado con los tiempos que llevó la inspección. Para ello, cada inspector midió sus tiempos de inspección en cada una de las actividades de la etapa de Preparación, completando una planilla de registración de tiempos de inicio y fin por cada mapa construido y por cada paso realizado en las actividades de análisis. La Tabla 8 resume el tiempo dedicado a cada una de las actividades, donde en promedio se tardó 4hs 53min para inspeccionar los 22 símbolos del LEL. Se puede observar

que el mayor tiempo corresponde a la actividad de construcción de los mapas conceptuales, demorando en promedio 3hs 18min, lo que representa 9 minutos por mapa. Del registro detallado de cada inspector, se obtuvo que el tiempo promedio máximo de construcción de un mapa fue de 14 minutos y el mínimo de 2 minutos, correspondiendo el primer valor a un símbolo cuya descripción tiene 5 oraciones, algunas de ellas largas; mientras que el que insumió menos tiempo solo tiene 2 oraciones en su definición y es referenciado por solo otros 2 símbolos.

Tabla 8. Tiempos de ejecución de las actividades en la Preparación (hh:mm)

	Inspector 1	Inspector 2	Inspector 3	Promedio
Construcción de Mapas	3:21	3:16	3:18	3:18
Análisis de Conceptos	1:32	1:16	1:12	1:20
Análisis de Relaciones	0:13	0:18	0:15	0:15
TOTAL:	5:06	4:50	4:45	4:53
Desvío Estándar Promedio:				0:10

Se calculó la tasa de tiempo de detección por defecto, además de la tasa de defectos por símbolo. La primera representa la cantidad de defectos encontrados por unidad de tiempo de preparación (minutos) y la segunda la cantidad de defectos por unidad de símbolo. La Tabla 9 muestra estos valores y expresa los correspondientes promedios y desvíos estándares. Se puede apreciar que el total de defectos detectados por cada uno de los inspectores es aceptable, puesto que se encuentra dentro del rango de aceptabilidad establecido por el desvío estándar, y la tasa promedio de defectos por símbolo es 2.27, representando una diferencia promedio de aproximadamente 6% respecto de los valores establecidos por el autor, lo que puede considerarse aceptable.

Tabla 9. Tasas de Defecto por Tiempo y por Símbolo

	Total Defectos	Total Tiempo (hh:mm)	Tasa de Defecto por Tiempo	Tasa de Defecto por Símbolo
Inspector 1	52	5:06	0,17	2,36
Inspector 2	50	4:50	0,17	2,27
Inspector 3	48	4:45	0,20	2,18
Promedio:	50,00	4:53	0,18	2,27
Desvío Estándar:	2,00	0:10	0,02	0,09

5. Conclusiones y Recomendaciones

Se ha presentado un proceso de inspección del modelo Léxico Extendido del Lenguaje, dado que es de vital importancia asegurar su calidad, por ser el primer modelo que se construye en un proceso de IR y desde el cual se puede extraer información para derivar otros modelos [1]. Por otro lado, estudios de completitud sobre el modelo LEL han detectado un alto grado de omisiones como defecto principal en este modelo [7][14]. A través del proceso propuesto sistematizado y organizado siguiendo pasos detallados, se ha podido detectar principalmente: omisiones y ambigüedades.

Existe en la literatura una propuesta de verificación del modelo LEL basada en la técnica de inspección mediante procedimientos que involucra completar formularios [5]. Las omisiones que permite detectar son por simple aparición de noción o impacto vacío, o por repetición de

una misma frase en varios símbolos sin identificarse la frase como un símbolo, requiriendo una comparación de todas las oraciones de la noción e impacto por pares de símbolos, todos contra todos, por lo que insume un tiempo considerable. Las ambigüedades son tratadas como una sub-clase de omisiones. A diferencia de dicho trabajo, el proceso de inspección basado en mapas conceptuales se concentra en la detección de omisiones y ambigüedades. A través de este proceso se han podido detectar principalmente: omisiones de símbolos, de nociones y de impactos, y ambigüedades por no cumplimiento de principios de circularidad y de vocabulario mínimo. También se detectan errores por símbolos no relevantes. Por otro lado, en la propuesta basada en formularios [5] no se califican los defectos según su severidad, por lo que es difícil establecer el grado de mejora que se puede lograr en el modelo LEL en base a los defectos detectados.

En función de algunos datos observados del experimento controlado realizado, se recomienda que los inspectores sean capacitados en la construcción de mapas conceptuales, incluyendo un apartado más específico de práctica, de manera tal de subsanar las inquietudes acontecidas durante el experimento. Actualmente, los mapas conceptuales son utilizados como una herramienta de aprendizaje durante los estudios escolares [13], por lo que una cierta población de inspectores podría no requerir esta capacitación específica previa.

El tiempo promedio de construcción de un mapa conceptual a partir de un símbolo del LEL es de 9 minutos, siendo considerado altamente aceptable para pequeños LEL, y admisible para modelos medianos o grandes. El tiempo promedio total de la inspección fue de 4 horas y 53 minutos para los 22 símbolos del LEL bajo estudio. Este valor temporal puede ser considerado también aceptable dada la cantidad de defectos detectados y la severidad de los mismos. Sin embargo, debe notarse que estos valores son analizados con una muestra muy pequeña, por lo que es necesario realizar réplicas de este experimento y nuevos experimentos para disponer de valores más confiables que permitan realizar proyecciones más precisas.

Por otro lado, cabe destacar que la propuesta de inspección presentada posee ventajas distintivas respecto de las variantes de lectura ad-hoc, con checklist o con procedimientos, al detectar y profundizar en defectos considerados difíciles de identificar, como son las omisiones y las ambigüedades.

Como trabajos futuros, se proponen los siguientes puntos:

- Análisis orientado a la búsqueda de sinónimos no detectados y otros defectos entre conceptos símbolos del LEL.
- Análisis enfocado al estudio de los conceptos y las relaciones en forma integrada, con el propósito de determinar oraciones de noción o impacto ubicadas en símbolos equivocados.
- Análisis enfocado a la generación de proposiciones simples obtenidas a través de la construcción de un macro mapa conceptual [12] para reducir ambigüedades.
- Análisis enfocado al estudio semántico de los símbolos del LEL a través de la construcción de árboles semánticos. Esto podría permitir establecer relaciones omitidas de meronimia / holonimia y de hiponimia / hiperonimia.

Cada uno de estos estudios podrá conformar nuevos pasos de inspección y detectar diferentes tipos de defectos, orientados a mejorar la calidad del LEL.

Se considera importante realizar un trabajo formal comparativo entre el proceso de inspección propuesto y el proceso de inspección basado en formularios [5], a fin de establecer en detalle las mejoras que la presente propuesta ofrece. Este trabajo podría además permitir generar

nuevos pasos facilitadores, a través de mapas conceptuales, de la detección de defectos que no hayan sido contemplados en la presente propuesta.

6. Referencias

- [1] LEITE, J.C.S.P.; DOORN, J.H.; KAPLAN, G.N.; HADAD, G.D.S.; RIDAO, M.N. (2004). Defining System Context using Scenarios. En: LEITE, J.C.S.P.; DOORN, J.H. (eds.) *Perspectives on Software Requirements*, Kluwer Academic Publishers. Springer US, pp.169-199.
- [2] LOUCOPOULOS, P.; KARAKOSTAS, V. (1995). *System Requirements Engineering*. McGraw-Hill.
- [3] HADAD, G.D.S.; MIGLIARO, A.; GRIECO, N. (2008). Derivar casos de uso de un glosario. XIV Congreso Argentino de la Ciencia de la Computación, anales electrónicos, ISBN: 978-987-24611-0-2, Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja, pp.722-734.
- [4] BERRY, D.M.; KAMSTIES, E. (2004). Ambiguity in Requirements Specification. En: LEITE, J.C.S.P.; DOORN, J.H. (eds.) *Perspectives on Software Requirements*, Kluwer Academic Publishers. Springer US, pp.7-44.
- [5] KAPLAN, G.N.; HADAD, G.D.S.; DOORN, J.H.; LEITE, J.C.S.P. (2000). Inspección del Léxico Extendido del Lenguaje. 3rd Workshop on Requirements Engineering, Río de Janeiro, pp.70-91.
- [6] DOORN, J.H., RIDAO, M. (2003). Completitud de Glosarios: Un Estudio Experimental. VI Workshop on Requirements Engineering, Brasil, pp. 317-328.
- [7] HADAD, G.D.S.; LITVAK, C.S.; DOORN, J.H.; RIDAO, M.N. (2015). Dealing with Completeness in Requirements Engineering. En: KHOSROW-POUR, M. (ed), *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 3rd ed., pp.2854-2863. IGI Global, Information Science Reference.
- [8] PITTS, M.G. (1999). *The use of evaluative stopping rules in information requirements determination: An empirical investigation of systems analyst behaviour*. Ph.D. Thesis, Department of Information Systems, University of Maryland, Baltimore.
- [9] FAGAN, M.E. (1976). Design and Code Inspections to reduce Errors in Program Development. *IBM Systems Journal*, Vol.15, N°3, pp.182-211.
- [10] PORTER, A.A.; VOTTA, JR. (1998). Comparing Detection Methods for Software Requirements Inspections: A Replication Using Professional Subjects. *Empirical Software Engineering*, vol.3, n°4, pp.355-380.
- [11] LEITE JCSP; DOORN JH; HADAD G.D.S; KAPLAN G.N. (2005), Scenario Inspections, *Requirements Engineering Journal*, ISSN: 0947-3602, Vol.10, N° 1, pp. 1-21, Springer-Verlag, Londres, Reino Unido.
- [12] NOVAK, J.; CAÑAS, A. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. Technical Report, Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- [13] ONTORIA, A.; BALLESTEROS, A.; CUEVAS, C.; GIRALDO, L.; MARTIN, I.; MOLINA, A.; RODRIGUEZ, A.; VELEZ, U. (1992). *Mapas conceptuales: una técnica para aprender*. Ed. Narcea, Madrid, 208 p.

- [14] LITVAK, C.S.; HADAD, G.D.S.; DOORN, J.H. (2012). Un abordaje al problema de completitud en requisitos de software. XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Bahía Blanca. pp. 827-836.
- [15] LITVAK, C.S.; HADAD, G.D.S.; DOORN, J.H. (2013). Correcciones semánticas en métodos de estimación de completitud de modelos en lenguaje natural. 16th Workshop on Requirements Engineering, ISBN: 978-9974-8379-2-8, Universidad ORT, Montevideo, Uruguay. pp. 105-117.
- [16] HADAD, G.D.S.; LITVAK, C.S.; DOORN, J.H. (2014). Problemas y Soluciones en la Completitud de Modelos en Lenguaje Natural. CADI 2014 – II Congreso Argentino de Ingeniería, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, ISBN: 978-987-1662-51-7, T366.
- [17] SPAWARSYSCEN (1997). *Formal Inspection Process. Version 2.2*. Software Engineering Process Office (SEPO), Space and Naval Warfare Systems Center (SPAWARSYSCEN), San Diego, CA.
- [18] REGNELL, B.; RUNESOM, P.; THELIN, T. (1999). Are the perspectives really different? Further experimentation on scenario-based reading of requirements. Requirements engineering with use cases – a basis for software development. Technical Report 132, Paper V, Department of Communication System, Lund University, pp.141-180.
- [19] DYER, M. (1992) Verification-based inspection. 26th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 418-427.
- [20] SEBASTIÁN, A.; HADAD, G.D.S. (2015). Mejoras a un Modelo Léxico mediante Mapas Conceptuales. XXI Congreso Argentino de Ciencia de la Computación, Universidad Nacional del Noroeste, Junín, Buenos Aires, ISBN: 978-987-3724-37-4.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DISEÑO DE PLATAFORMA REMOTA PARA REALIZAR EXPERIMENTOS EN UNA PLANTA PILOTO DE FILTRADO

Marcela Cuello, Universidad Nacional del Comahue, marcela.cuello@fain.uncoma.edu.ar

Maximiliano Vasquez, Universidad Nacional del Comahue,
paulo.vasquez@fain.uncoma.edu.ar

Juan Carlos Revello, Universidad Nacional Del Comahue, juan.revello@fain.uncoma.edu.ar

Resumen— Este trabajo presenta el estudio y desarrollo de una plataforma web para acceder y controlar en forma remota un proceso real de micro y ultrafiltrado, contando para ello con una Planta Piloto de Microfiltrado y Ultrafiltrado, de fabricación nacional Tefilmet, modelo U.F., serie 800 y potencia instalada 7.5 HP, mas un servidor con acceso público a través de Internet. Se prevé también permitir el acceso remoto mediante dispositivos móviles.[1] Este desarrollo se encuentra enmarcado en el proyecto de investigación Estudio y Desarrollo de Laboratorio Remoto, de la Universidad Nacional del Comahue.

El proyecto plantea como objetivo general el estudio, diseño y desarrollo de una plataforma de software y hardware para realizar experimentos y adquisición de variables de manera remota mediante Internet, como una nueva estrategia docente, que permita la adquisición adecuada de competencias profesionales en el estudiantado de las carreras de ingeniería.

Esta alternativa rescata las ventajas de los laboratorios virtuales, dónde no es necesario movilizarse hasta él para realizar las pruebas. Pero a diferencia de éstos, proporciona una idea más acabada de la problemática de la automatización y control industrial de un proceso real.

Palabras clave— *laboratorio remoto, automatización, control, plataforma.*

1. Introducción

El estudio de carreras tecnológicas, como Ingeniería, requiere del aprendizaje desde la manipulación de equipos industriales complejos y, muchas veces, de gran tamaño. Es así que la implementación de laboratorios para asignaturas específicas presenta sus limitaciones de espacio y accesibilidad [1].

Este inconveniente tradicionalmente suele ser salvado con la utilización de equipos de menor escala que reproducen en diferentes condiciones los procesos industriales a ensayar.

En tiempos más actuales, con el avance de desarrollos informáticos, se introdujeron en la enseñanza las herramientas TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación). Las TIC representan un soporte valioso para una educación centrada en las diferencias, ritmos y estilos de aprendizajes individuales, ofreciendo a los estudiantes un acceso más dinámico al conocimiento [2].

Para la enseñanza de asignaturas tecnológicas, los softwares de simulación constituyen una de las herramientas TIC de mayor uso. Actualmente, estos programas han mejorado notablemente sus entornos gráficos, incorporando imágenes y sonidos, permitiendo a los estudiantes realizar prácticas de laboratorio en entornos virtuales.

Más allá del grado de exactitud que se logre en la reproducción virtual o de menor escala de procesos industriales, sólo el trabajo en condiciones reales permitirá la adquisición adecuada de competencias profesionales, especialmente cuando se traten de procesos de automatización y control industrial.

Para lograr acercar la virtualidad a la realidad de la práctica, se desarrollan laboratorios remotos, utilizando una herramienta TIC imprescindible para esta forma de experimentación: Internet.

Así, el Laboratorio será parte de un entorno multimedia de enseñanza a distancia, y, su conexión a la red “permitirá su utilización de forma deslocalizada, favoreciendo un aprendizaje mucho más activo y abriendo nuevas expectativas a la formación” [1].

Los entornos multimedia instructivos serán efectivos para el aprendizaje, si permiten a los aprendices participar activamente en el proceso, planificando sus actividades e incentivando esta forma de participación. Y esta metodología se considerará de alta calidad si logra adaptarse a las necesidades específicas de cada docente y estudiante.[3]

El objeto de este artículo es la descripción de un entorno multimedia instructivo, conformado por una planta de filtrado instrumentada para la medición de variables de control y del desarrollo de una plataforma web que permite acceder y controlar en forma remota un proceso real de micro y ultrafiltrado.

Para ello se cuenta con una Planta Piloto de Microfiltrado y Ultrafiltrado (TEFILMET), previamente instrumentada (Figura 1).

La manipulación remota del proceso se efectúa desde una página web que permite el registro de usuarios, la administración de la planta y el acceso, mediante ordenadores clientes, a la instrumentación de medición y control. La planta de filtrado se conecta a un ordenador servidor.

De esta manera los alumnos que deban cumplir con prácticas de laboratorio, podrán utilizar el equipamiento salvando limitaciones de espacio y tiempo. Esta nueva estrategia docente permitirá al estudiante enfrentarse y resolver la problemática de la puesta en marcha, diseño, detección de fallas y aspectos generales de los procesos. Así el alumno se entrenará y operará las acciones típicas que se desarrollan en procesos industriales reales.



Figura 1: Planta de micro y ultrafiltrado (TEFILMET)
instrumentada para ensayos convencionales.

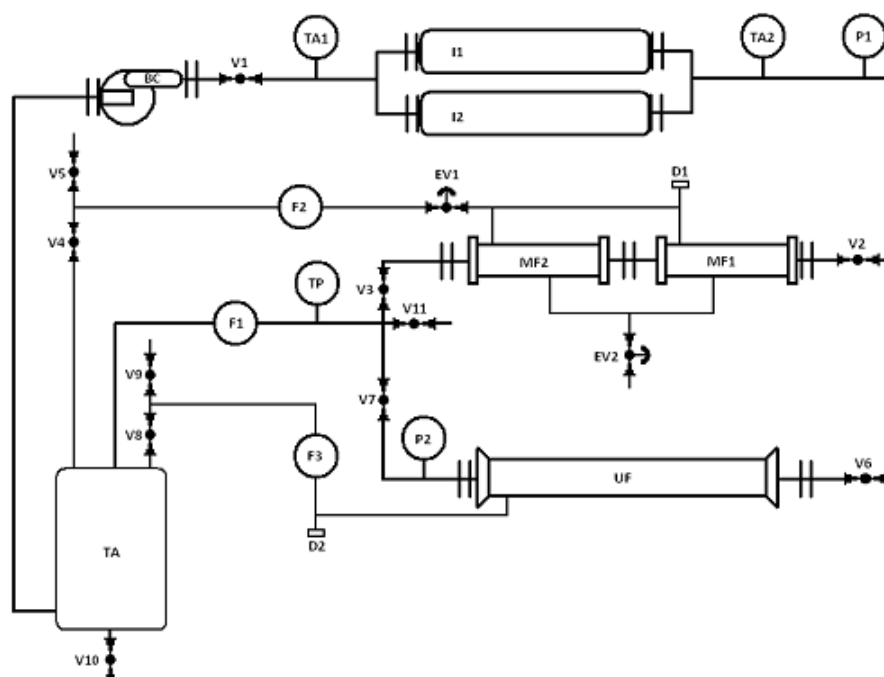
Fuente: propia

2. Materiales y Métodos

La puesta en marcha de este laboratorio remoto se realizó en diferentes etapas. En primer lugar, se recopiló información de la planta y complementando la información con la documentación existente se relevó la planta de filtrado (Figura 2) supervisando los distintos elementos de medición y control con los que contaba originalmente, habiendo estado orientada a ensayos convencionales.

Esta planta piloto, diseñada originalmente para realizar ensayos presenciales posee membranas para realizar el filtrado y cuenta con diversos elementos de medición que permiten evaluar el comportamiento de los fluidos en el sistema.

Para automatizar y monitorear el proceso de filtrado, fue necesario reemplazar las válvulas manuales por electroválvulas e instalar un variador de frecuencia para el control de la bomba impulsora del fluido. También debieron ser acondicionados los medidores de temperatura, presión y caudal con los que contaba, para que entregaran una salida eléctrica hacia el PLC (Programmable Logic Controller).



- TA:** Tanque de alimentación
BC: Bomba centrífuga. Caudal máximo 15m³/h.
 Presión máxima 7bar.
I1 e I2: Intercambiadores de calor. Área total de transferencia 1,12m².
MF1 y MF2: Contenedores de membranas tubulares de microfiltración. Área total de membrana 0,38m².
UF: Contenedor de membrana espiralada de ultrafiltración. Área total de membrana 9m².
F1: Medidor de caudal del retenido (MF y UF) Rango 1500-15000l/h.
F2: Medidor de caudal del permeado (MF) Rango 600-6000l/h.
F3: Medidor de caudal del permeado (UF) Rango 100-1000l/h.
TA1: Sensor de temperatura de alimentación a la salida de la bomba.
TA2: Sensor de temperatura de la solución a la entrada de los módulos de filtración.
TP: Sensor de temperatura de la solución de retenido (MF y UF)
P1: Medidor de presión a la entrada de los módulos de filtración.
P2: Medidor de presión a la salida del retenido del módulo de UF.
V1-V11: Válvulas a esfera manuales.
EV1 y EV2: Válvulas electromagnéticas.
D1 y D2: Tapas de descarga.

Figura 2: Esquema de la planta de micro y ultrafiltrado.

Fuente: manual Tefilmet[4]

Como segunda parte del proyecto se determinó la instrumentación adecuada (sensores, controladores, actuadores, interfaces) teniendo en cuenta los requerimientos de la planta, la minimización de costos y las posibles adaptaciones de los instrumentos ya disponibles.

A continuación se enumeran los cambios realizados sobre la planta:

- Se reemplaza el manómetro por un transmisor de presión

- Se agrega el sistema de medición de caudal basado en imágenes.
- Se agrega un transmisor de nivel en el tanque contenedor.
- Se utiliza un variador de frecuencia para realizar el control de velocidad de la bomba y así poder regular los caudales.
- Se conservan los sensores de temperatura NTC ((Negative Temperature Coefficient) y para enviar las señales al PLC .
- Se reemplazan los indicadores del tablero por un transmisor basado en Arduino [4].
- Se emplea un nuevo sistema de control basado en PLC.
- Se incorporan interfaces gráficas para que el usuario pueda realizar el control del proceso a través de un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) o por medio de una pantalla táctil HMI (Human Machine Interface) colocada en el tablero eléctrico.
- Se mantienen las electroválvulas para realizar el proceso de retrolavado.
- Se desinstalan los temporizadores y las electroválvulas pasan a ser comandadas por el PLC.
- Se modifica el tablero eléctrico existente con el fin de alimentar el nuevo sistema de control.
- Se agrega un tablero para alojar el Arduino y los demás circuitos transmisores.

Con esta instrumentación se logró poner en marcha la adquisición de datos, el sistema de control de variables y el monitoreo del proceso.

Finalmente, lograda la instrumentación y el control de las variables del proceso, se diseñó el servidor web, comunicando el controlador lógico con el servidor mediante protocolo MODBUS y programación PHP.

3. Resultados y Discusión

En todos los procesos industriales es necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el punto de rocío, etc. Los sistemas de control automáticos permiten mantener las variables bajo las especificaciones deseadas de una manera más rápida y precisa que con un control manual, logrando obtener un aumento y constancia en la calidad del producto, mejor rendimiento, menor desperdicio y menor reprocesado de productos, menor contaminación, mayor margen de seguridad y menor consumo de energía.

Un esquema general (Figura 3) muestra los principales componentes del sistema implementado y la forma en que interactúan.

El sistema se divide principalmente en tres partes. La primera corresponde a los elementos de adquisición y de control, lo cual comprende la adquisición, adecuación y transmisión de las señales correspondientes a las variables físicas (caudal, presión, nivel y temperatura) y a los elementos de control de caudal. La segunda parte se refiere al tratamiento de dichas señales en el sistema de control y a la interacción de las interfaces visuales. La tercera parte comprende la comunicación empleada y la configuración de los dispositivos que interactúan dentro del sistema.

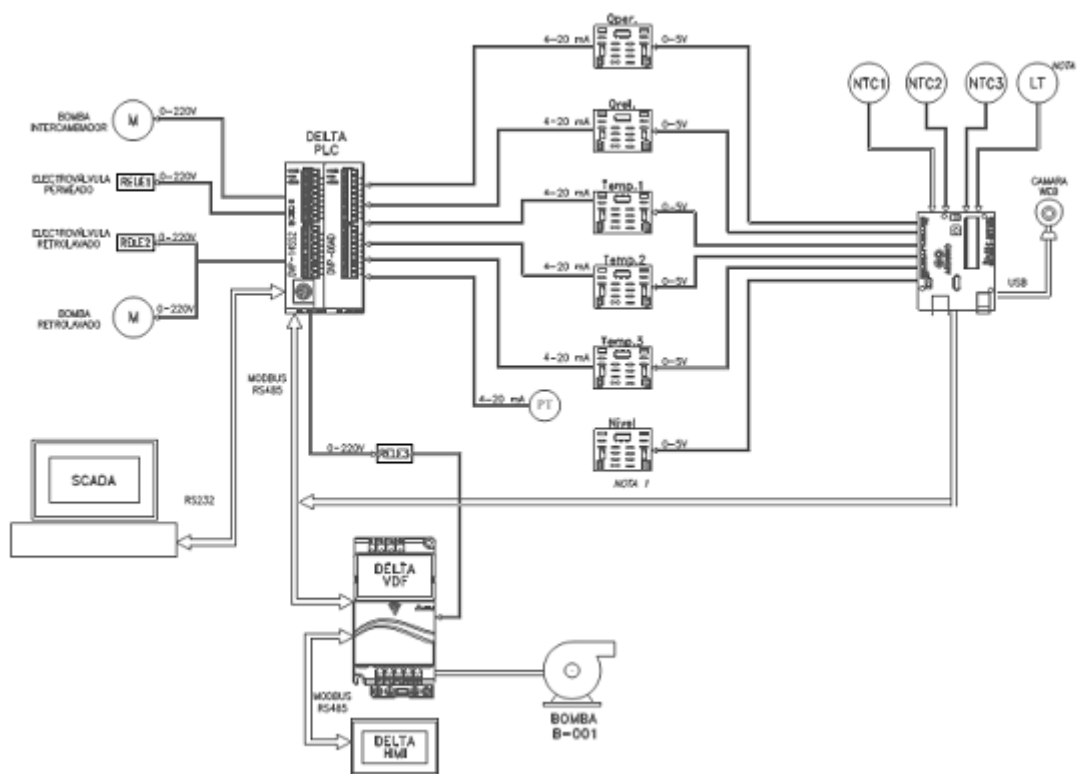


Figura 3: Sistema de control implementado.

Fuente: propia

3.1 Instrumentos de medición.

Los instrumentos de medición y control se utilizan en la mayoría de los procesos para poder medir y controlar los recursos utilizados en él. Estos instrumentos permiten determinar el valor o magnitud de una variable física o química, como por ejemplo presión, temperatura, nivel, conductividad, PH, etc., y tienen, además, la posibilidad de expandir su funcionalidad: pueden registrar, convertir o transmitir dicho valor, entre otros [6].

Medición de nivel: Para la medición de nivel en un tanque, el emisor puede colocarse en la zona superior y enviar un pulso de ultrasonido de tal manera que al incidir sobre la superficie, parte de la onda será reflejada de regreso al medio y recibida por el transductor.

En este caso se utiliza el sensor ultrasónico HC-SR04 (Figura 4) montado en la parte superior del tanque junto con un controlador Arduino UNO[4], el cual se encarga de la lógica del sensor. El rango del sensor HC-SR04 va desde 2 a 400 cm, con una resolución de 0,3 cm. Este sensor tiene 4 pines, dos para la alimentación (5Vcc) uno de control (trigger) y uno de salida (echo)[7].

La programación del Arduino comprende la generación del pulso de trigger, el conteo de tiempo del eco y el cálculo del nivel del tanque a partir de la distancia a la superficie de reflexión

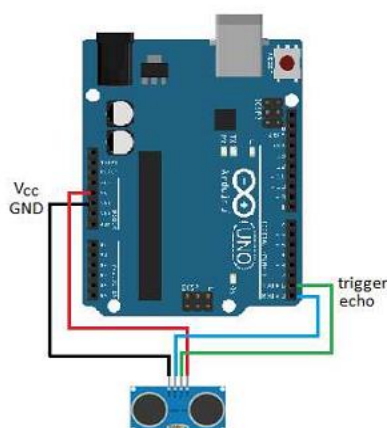


Figura 4: Conexionado Arduino – sensor de nivel ultrasónico.

Fuente: propia

En base a la geometría del tanque y a la posición del sensor, se considera que el tanque se encuentra vacío cuando la distancia medida por el sensor es de 1,1 m y si el tanque está lleno, la distancia al sensor es de 0,1 m. A partir de estos valores es necesario generar una señal de 4-20 mA para que sea recibida por el PLC. Sin embargo, las salidas analógicas del Arduino son del tipo PWM, por lo que es necesario un circuito que filtre la señal y entregue una corriente proporcional a la tensión media.

Medición de temperatura: La medida de la temperatura es una de las más comunes y de las más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Casi todos los fenómenos físicos están afectados por ella. Además, la temperatura se utiliza, frecuentemente, para inferir el valor de otras variables del proceso.

Los termistores son resistencias variables con la temperatura y están constituidas por materiales semiconductores. Existen dos tipos de termistor, NTC (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo y PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo.

En ambos casos el funcionamiento se basa en la variación de la concentración de portadores con la temperatura, lo que resulta en una variación de resistencia. Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumenta también la concentración de portadores, por lo que la resistencia disminuye, de ahí que el coeficiente sea negativo.

Para la medición de temperatura del fluido se reutilizaron tres sensores NTC existentes en la planta. El fabricante de estos sensores es la empresa “Carel”, y su valor nominal es de 10 k Ω a 25 °C. [8]

El sensor número uno (NTC1) se encuentra en el ingreso del intercambiador de calor, el sensor número dos (NTC2) en la salida del intercambiador y el sensor número tres (NTC3) en el fluido retenido.

El sistema implementado consiste en utilizar el Arduino para medir el valor resistivo de las NTC a través de tres divisores resistivos, y con este valor calcular la temperatura mediante la Ec. 11. Este valor de temperatura se escala y se envía a la salida PWM del Arduino (Figura 5) para convertirla en una señal de 4-20mA.

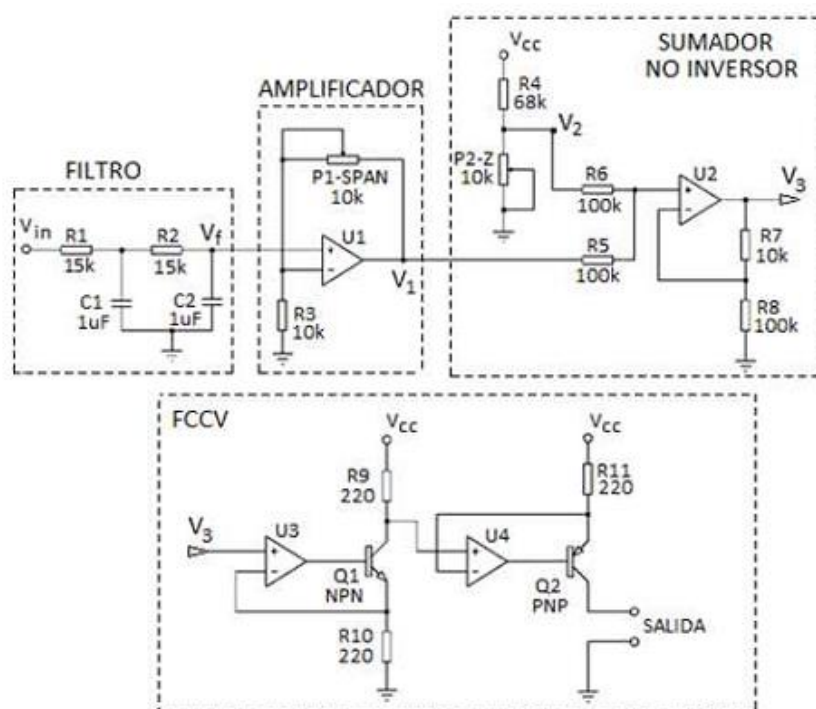


Figura 5: Circuito de medición de temperatura.

Fuente: propia

Medición de caudal: Las medidas de caudal tienen una gran importancia ya que se utilizan habitualmente para control del proceso. De esta forma se realiza el control automático y se optimizan rendimientos en las unidades de producción aplicando balances de materia. Los caudalímetros también se utilizan para contabilizar productos de la propia planta (facturación, importación/exportación de productos, etc.). Las condiciones del proceso, como presión, temperatura, densidad, viscosidad, etc., así como el tipo de fluido (limpio, sucio, seco o húmedo, erosivo o corrosivo) afectan a la medición y deben ser tomados en cuenta en el momento de seleccionar el caudalímetro.

Existen dos tipos de medidores, los volumétricos que determinan el caudal volumétrico, y los de masa que determinan el caudal másico.

La medición del volumen del fluido puede realizarse de forma directa o indirecta por deducción o inferencia.

En este caso se desarrolló un medidor de caudal volumétrico indirecto tipo flotámetro a corriente mediante el empleo de cámara digital (Figura 6). Este transductor permite obtener un valor eléctrico (analógico y/o digital) indicando la medición realizada por un caudalímetro de área variable (flotámetro).

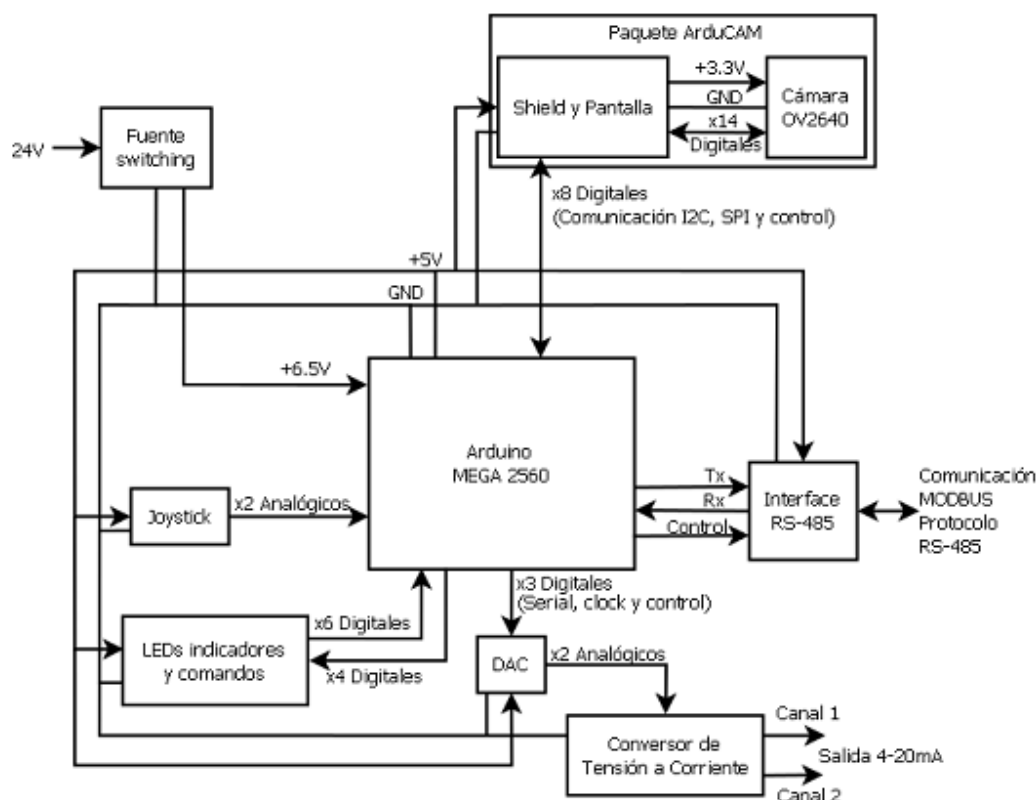


Figura 6: Flotámetro a corriente mediante el empleo de cámara digital.

Fuente: propia

El transductor se desarrolló en base a una cámara digital que realiza la captura de los caudalímetros y por medio de un algoritmo de análisis de imágenes determina la posición del medidor.

Este instrumento funciona en forma autónoma con un microcontrolador (sin conexión a PC), por lo que fue pertinente limitar el análisis de imagen a un algoritmo que pudiera realizarse con un bajo costo computacional. Por otra parte el convertor proporciona la salida (para dos canales) en el formato analógico de 4 a 20mA y a su vez transmite esta información por un puerto de comunicaciones bajo protocolo MODBUS.

El microcontrolador elegido para implementar la programación del transductor fue de la línea Atmel, montado en una placa de desarrollo Arduino. Se utilizó una placa Arduino MEGA 2560 que cuenta con un ATmega2560. La ventaja de utilizar una placa de la familia Arduino es la gran diversidad de sensores y periféricos disponibles en el mercado que a su vez cuentan con librerías que permiten utilizar todas sus funciones en forma rápida y directa.

Se cuenta además con una pantalla que permite orientar la cámara, y facilita la interacción con el usuario para otros ajustes disponibles. Se utilizó un paquete denominado ArduCAM-LF que compuesto por una cámara OV2640, una pantalla LCD color de 3;2 pulgadas y un shield que administra la comunicación entre estos dos elementos y el Arduino.

Control de caudal: Para realizar el control de caudal de la planta se utiliza un variador de velocidad del motor regulador de caudal (Figura 7). El variador utilizado es el Delta VFD-E modelo 055E43A, cuyas características más relevantes para el presente proyecto son:

- Potencia de salida de hasta 5,5 kW.

- Comunicación por Modbus ASCII.
- Entradas y salidas analógicas y digitales.

Tanto las comunicaciones como las entradas y salidas son configurables por medio de los parámetros internos del variador, accesibles por medio del teclado desmontable KPE-LE02 [9].



Figura 7: variador de velocidad.

Fuente: manual Delta VFD-E modelo 055E43A.

Medición de nivel: Los transmisores de presión consisten en un elemento sensor primario de naturaleza mecánica, combinado con un transmisor neumático o eléctrico. El sensor está en contacto con el proceso y convierte la presión en una fuerza o un desplazamiento mecánico, mientras que el transmisor genera una señal (neumática o eléctrica) en respuesta a la magnitud de entrada.

Los elementos mecánicos se dividen en dos grupos: elementos primarios de medida directa, que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas (barómetro de cubeta, manómetro de tubo en U, manómetro de tubo inclinado) y elementos primarios elásticos, que se deforman por la presión interna del fluido que contienen en su interior (tubo Bourdon, elemento en espiral, elemento helicoidal, diafragma, fuelle, etc.).

El dispositivo utilizado en la instrumentación de la planta piloto para medición de presión es un sensor piezorresistivo (Figura 8).



Figura 8: Sensor piezorresistivo.

Fuente: propia

La piezorresistividad es la propiedad de algunos materiales conductores y semiconductores cuya resistencia eléctrica cambia cuando se los somete a un esfuerzo o estrés mecánico (tracción o compresión) que los deforma. En contraste con el efecto

piezoeléctrico, la piezorresistividad sólo causa un cambio de resistencia y no produce potencial eléctrico [6].

3.2 Actuación y control.

Al igual que cualquier proceso industrial, en los procesos de filtración es necesario monitorizar y controlar variables claves para asegurar un buen rendimiento del sistema, operar las membranas bajo los límites establecidos por el fabricante, generar históricos para detectar tendencias, y asistir a la automatización para liberar al operario de las tareas repetitivas y complejas.

En este caso en particular, se controlan aquellos parámetros que influyen al flujo de permeado durante el proceso de filtración (temperatura, PTM y caudal de alimentación) además de los parámetros que están vinculados con la seguridad operativa de la planta (nivel del tanque, corriente del motor).

La programación del sistema de control tiene en cuenta también la automatización del proceso. Esto comprende la selección del tipo de filtrado, las condiciones y los tiempos para efectuar el retrolavado de las membranas de MF, el control de temperatura del proceso y el control de caudal de permeado de MF, además de todas las alarmas que señalan situaciones perjudiciales para las membranas o para el proceso en general.

El componente escogido para ejecutar todas estas funciones es el PLC Delta DVP - 12SE, el cual cuenta con ocho entradas y seis salidas digitales y dos puertos seriales. Se le adiciona un módulo de entradas analógicas DVP06AD-S de seis canales para la adquisición de todas las señales del tipo 4-20 mA y un módulo de comunicación Ethernet. Figuras y tablas

Las figuras y gráficos que se incluyan deben ser pertinentes y complementarias al texto. Las imágenes que se utilicen tendrán una resolución de 300 DPI.

3.3 Interfaces gráficas.

En la planta piloto se pueden observar las variables e interactuar con el proceso por medio de interfaces gráficas. Esta interacción se realiza en forma local, mediante pantallas HMI y en forma remota, mediante una interfaz gráfica desde una PC.

La interfaz gráfica a la que se accede en forma remota emula y cumple con ser un sistema SCADA. En la misma (Figura 9)se puede ver un esquema de la planta piloto y el valor que van tomando todas sus variables.

La pantalla HMI (Figura 10) empleada es el modelo DOP-B05S101 de Delta y se programa con el software DOP-B Screen Editor.

Las características principales de la misma son:

- Tamaño de la pantalla: 5,6'' TFT LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, Pantalla de cristal líquido de transistores de película fina) 65.536 colores.
- Resolución: 320x234
- Memoria Rom: 8 Mb
- Puerto de comunicación: interface serial y puerto Usb

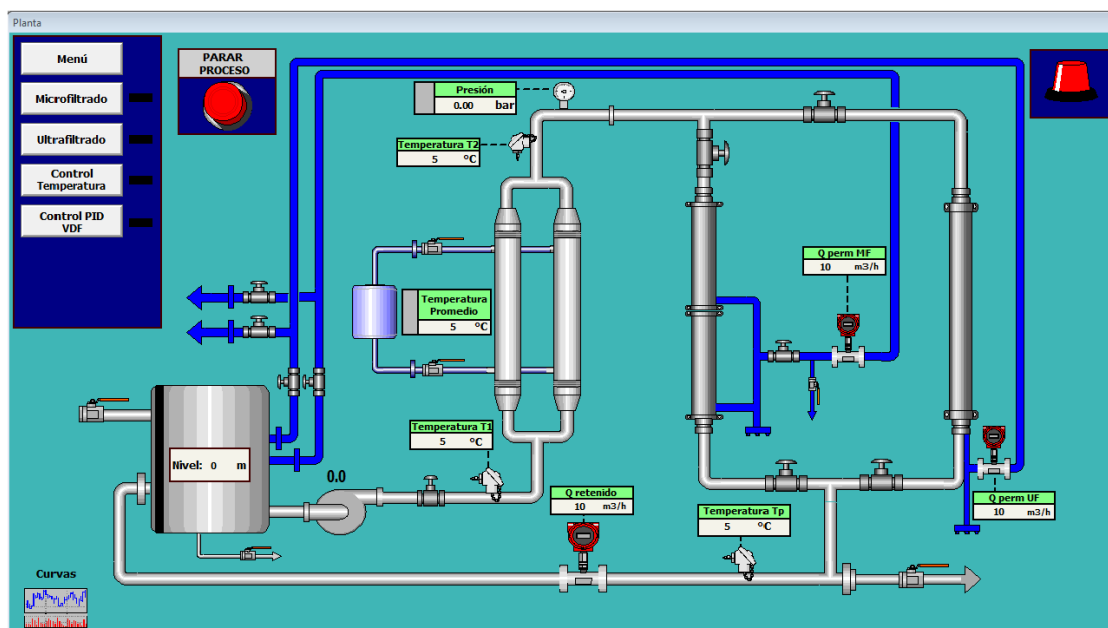


Figura 9: Interfaz gráfica de acceso remoto.

Fuente: propia



Figura 10: Pantalla HMI de acceso local.

Fuente: propia

3.4 Conexión remota

El sistema está desarrollado siguiendo una arquitectura cliente/servidor como se observa en el siguiente esquema (Figura 11).

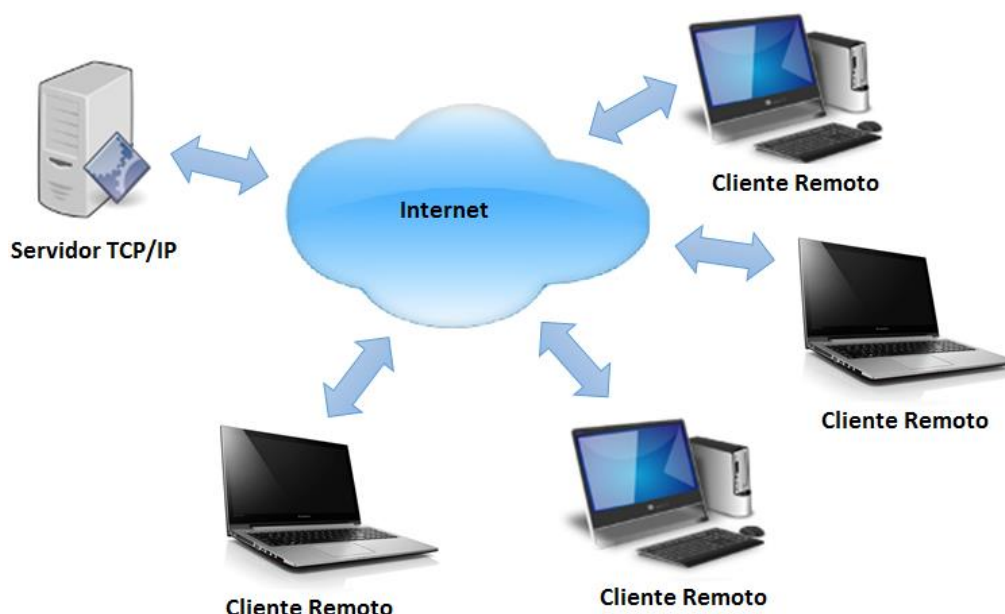


Figura 11: sistema desarrollado según arquitectura cliente/servido.

Fuente: propia

Los alumnos acceden desde una terminal cliente, con un usuario y contraseña únicos que los identifica, y a su vez le asigna los permisos necesarios para la realización de las prácticas.

El servidor permite el acceso al PLC para activar/desactivar los dispositivos y transmisores que integran la planta de microfiltrado y ultrafiltrado.

A su vez, el servidor registra toda la actividad que llevan a cabo los estudiantes y les brinda la posibilidad de dejar planteadas situaciones o estados para debatir a modo de interconsultas, que pueden ser atendidas por el personal docente, y/o el resto de los alumnos.

El servidor está desarrollado con tecnologías de software libre. El mismo consta de un servidor web Apache 2.4, un lenguaje de script de propósito general PHP 7.0 y herramientas de javascript para la presentación y actualización de datos al cliente remoto. Además, toda la información recolectada de la actividad de los terminales clientes (alumnos) e información de los mismos queda registrada en un servidor de base de datos MySQL 5.7.

4. Conclusiones y recomendaciones

La experimentación obliga a los alumnos a implicarse en el aprendizaje. Existe gran número de estudios de psicología cognitiva que demuestran que las personas adquieren mejor conocimiento haciendo cosas y reflexionando sobre las consecuencias de sus acciones que mirando o escuchando a alguien que les cuenta lo que deben aprender [10]

Los educadores no sólo deben formar en las materias que imparten, sino además, deben conseguir que sus alumnos sean capaces de manejar las herramientas disponibles para resolver los problemas con los que se encontraran en su vida profesional.

En este sentido, este laboratorio remoto brinda una herramienta de apoyo de la educación a distancia, permitiendo la manipulación y visualización de la planta en tiempo real. Esto permite que los estudiantes puedan aprender el manejo de instrumentos de automatización mediante un modelo real sin restricciones de tiempo y horario.

Este tipo de laboratorio será el primero en su forma de acceso dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Comahue. Se logra con esto una estructura flexible de acceso

a equipos industriales que no deben estar, necesariamente, presentes en las instalaciones de la Universidad. Se habilita también la incorporación de equipos industriales reales.

También cabe concluir que los laboratorios remotos representan una evolución en la educación. En el futuro se espera implementar nuevos laboratorios remotos para otras ramas de la educación en ingeniería con el fin de apoyar el aprendizaje a distancia.

5. Referencias

- [1] BARREDO CANO, J.I. (1996). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio*. Madrid: RA-MA. 264p.
- [2] COLLISCHONN, W; PILAR, J.V. (2000). A direction dependent least-cost-path algorithm for roads and Canals. *International Journal of Geographical Information Science*, London, v.14, n.4, p.397-406.
- [3] SAHUQUILLO HERRAIZ, A. (1993). Reflexiones sobre la planificación hidrológica. In: ANDREU ÁLVAREZ, J. (Ed.) *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. p.1-14.
- [4] Empresa TEFILMET (2000). Planta Piloto Sanitaria de Microfiltración/ Ultrafiltración, Manual de Instrucción. Mendoza
- [4] ARDUINO, <http://www.arduino.cc>.
- [6] CREUS SOLÉ, A. (2010). Instrumentación Industrial - 8ª edición. México
- [7] *Como usar un sensor ultrasónico* (2012). <http://camposinventronica.blogspot.com.ar/2012/04/como-usar-sensor-ultrasonico-hc-sr04.html>.
- [8] CAREL. Passive Temperature Probes. User Manual.
- [9] DELTA ELECTRONICS INC. (S.F.) VFD-E , Microvariador de frecuencia para motores, de alto desempeño y opciones flexibles. Manual del usuario. <http://www.deltaww.com/services/DownloadCenter2.aspx?secID=8&pid=2&tid=0&CID=06&itemID=060101&TypeID=1&downloadID=VFD-E,&title=VFD>
- [10] DORMIDO,S. Control Learning: Present and Future, *Annual Reviews in Control*, Vol. 28, pp. 115-136, 2004.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE ALGORITMOS EN C PARA CÁLCULO DE POSICIÓN DE USUARIO EN EL SISTEMA GPS

LAROSA, Facundo, UTN Haedo, flarosa@frh.utn.edu.ar
MIGNONE, Martín, UTN Haedo, mmignone@frh.utn.edu.ar
CASTELUCCI VIDAL Iván, UTN Haedo, icv@frh.utn.edu.ar
GHIGNONE Ramiro, UTN Haedo, rghignone@frh.utn.edu.ar
GIAMPETRUZZI Julián, UTN Haedo, jgiampetruzzi@frh.utn.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo se describe el algoritmo utilizado para calcular la posición de usuario a partir de datos de la constelación GPS implementado en lenguaje C. El algoritmo fue validado en tiempo real utilizando como datos de entrada un receptor GPS comercial el cual puede ser interrogado para proveer los datos de navegación y observables de los satélites en vista. Los errores promedio fueron consistentes con los de la especificación del sistema GPS. Este tipo de algoritmos se utilizan consistentemente para implementar receptores GPS definidos por software, lo que permite fabricar receptores flexibles y fácilmente integrables a otras plataformas de navegación.

Palabras clave— *GPS, algoritmo de posicionamiento, GNSS, geolocalización.*

1. Introducción

El Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System, GPS por sus siglas en inglés) es un sistema de posicionamiento implementado por el Gobierno de los Estados Unidos de América (EUA) y mantenido por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF, United States Air Force, por sus siglas en inglés). El propósito principal del sistema es proveer soporte a las fuerzas militares de los EUA y sus aliados, aunque también se destaca su importancia como aporte a la población civil [1]. En este sentido, se proveen dos tipos de servicio: uno de mayor precisión utilizado para fines militares (PPS, Precision Positioning System por sus siglas en inglés) y otro con menor precisión (SPS, Standard Positioning System, por sus siglas en inglés). Las especificaciones de este último sistema son abiertas y existe abundante bibliografía al respecto.

El fundamento para desarrollar bibliotecas de algoritmos propios es el de que sirvan de base para la eventual implementación de un receptor GPS definido por software. Los receptores de radio definidos por software (SDR, Software Defined Radio por sus siglas en inglés) poseen una arquitectura más flexible [2], lo cual permite entre otras cosas realizar mejoras progresivas en el diseño del mismo, agregar funcionalidades y facilitar la integración con módulos o plataformas a desarrollar a futuro.

2. Algoritmo de posicionamiento: marco teórico

La determinación de la posición del receptor a partir de los datos de navegación provistos por los satélites en los mensajes de navegación (efemérides) y observables (distancias a los satélites o pseudorangos, parámetros atmosféricos, etc.) consta de tres partes: cálculo de posición de los satélites, cálculo de la posición del usuario y aplicación de correcciones de pseudorango y posición.

2.1 Cálculo de posición de los satélites en vista

La USAF define las siguientes constantes para el sistema[1]:

Tabla 1. Constantes del sistema GPS

Símbolo	Descripción	Valor	Unidad
c	Velocidad de la luz en el vacío	2.99792458×10^8	m/s
μ	Parámetro gravitacional universal terrestre	3.986005×10^{14}	m^3/s^2
Ω_{dot}	Velocidad de rotación de la Tierra	$7.2921151467 \times 10^{-5}$	rad/s
π	Constante pi	3.1415926535898	-

Fuente: Especificación sistema GPS (ver [1])

La constante π se utiliza extensivamente en los cálculos de posicionamiento y se define de forma exacta (con un número fijo de decimales). Adicionalmente, en muchos parámetros del sistema se utiliza como unidad para los ángulos el semicírculo (equivalente a π radianes o a 180 grados sexagesimales).

Los satélites de la constelación GPS envían periódicamente un mensaje de navegación que contiene diversos parámetros, los cuales permiten calcular su posición exacta a partir de la determinación de su ubicación dentro de su órbita. Estos parámetros, compuestos por efemérides y coeficientes de corrección son enviados periódicamente a los satélites por el segmento de control terreno del sistema GPS por la USAF. Cabe destacar que los satélites no proveen ningún tipo de procesamiento, sino que se limitan a enviar los parámetros cargados por el segmento de control.

Tabla 2. Efemérides del sistema GPS

Símbolo	Descripción	Unidad
t_{oe}	Tiempo de efemérides	s
$A^{1/2}$	Raíz cuadrada del semieje mayor	$\text{km}^{1/2}$
e	Excentricidad	-
Δn	Corrección del movimiento medio	semicírculo/s
M_0	Anomalía media (para el tiempo t_{oe})	semicírculo/s
ω	Argumento del perigeo	semicírculo
I_0	Inclinación (para el tiempo t_{oe})	semicírculo
I_{dot}	Variación de la inclinación en el tiempo	semicírculo/s
Ω	Longitud del nodo ascendente	semicírculo
Ω_{dot}	Variación de la longitud del nodo ascendente en el tiempo	semicírculo/s
C_{rc}	Coeficiente cosenoidal para el radio de la órbita	m
C_{rs}	Coeficiente senoidal para el radio de la órbita	m
C_{ic}	Coeficiente cosenoidal para el ángulo de inclinación	rad
C_{is}	Coeficiente senoidal para el ángulo de inclinación	rad
C_{uc}	Coeficiente cosenoidal para el argumento de la latitud	rad
C_{us}	Coeficiente senoidal para el argumento de la latitud	rad

Fuente: Especificación sistema GPS (ver [1])

Las efemérides desde el t_{oe} hasta Ω_{dot} se denominan efemérides keplerianas[3] (o también parámetros orbitales) y son parámetros de las soluciones de las leyes de Kepler. Los coeficientes senoidales y cosenoidales (C_{rc} , C_{rs} , C_{ic} , C_{is} , C_{uc} , C_{us}) son coeficientes empleados para la corrección de errores definidos por la especificación del sistema GPS[1].

Adicionalmente, en cada mensaje de navegación se proveen coeficientes para la corrección de errores en el reloj de cada satélite del sistema. Estos términos permiten "sincronizar" los relojes provenientes de diferentes satélites, debido a la deriva que pueda haber entre ellos a consecuencia, de diferencias constructivas, desgaste de sus componentes, etc.

Tabla 3. Coeficientes de corrección de reloj del sistema GPS

Símbolo	Descripción	Unidad
a_{f0}	Coeficiente de corrección de reloj de orden 0	s
a_{f1}	Coeficiente de corrección de reloj de orden 1	adimensional
a_{f2}	Coeficiente de corrección de reloj de orden 2	1/s
T_{GD}	Retardo de grupo diferencial	s
t_{oc}	Tiempo base para las correcciones de reloj	s

Fuente: Especificación sistema GPS (ver [1])

En el sistema GPS el tiempo (denominado tiempo GPS) es igual para todos los satélites y se mide en segundos a partir del inicio de la semana (hora 0 del día domingo), siendo su valor máximo 604.800, valor a partir del cual la cuenta se reinicia nuevamente. El parámetro t_{oe} nos indica el momento para el cual se emitieron las efemérides para un satélite en particular. Así, conociendo el tiempo actual t_{GPS} y el t_{oe} del mensaje de navegación del satélite podremos calcular un tiempo t tal que:

$$t = t_{GPS} - t_{oe} \quad (1)$$

Esta diferencia nos permitirá calcular en lo sucesivo cómo evolucionó el satélite desde la última emisión de sus efemérides. Para evitar valores incoherentes de t cerca de la transición entre semana y semana se agrega la corrección adicional:

$$t = \begin{cases} t + 604800 & \text{si } t < -302400 \\ t - 604800 & \text{si } t > +302400 \end{cases} \quad (2)$$

Adicionalmente, dado que cada satélite podría tener ligeramente desplazado su reloj interno, se aplica un polinomio de corrección de segundo orden[1].

$$\Delta t_{clk} = af_0 + af_1 \cdot (t - t_{oc}) + af_2 \cdot (t - t_{oc})^2 - T_{gd} \quad (3)$$

Donde af_0 , af_1 y af_2 son parámetros de corrección del reloj para un satélite determinado, t_{oc} es el tiempo base de comparación para la corrección y T_{gd} es el retardo de grupo diferencial. ΔT_{clk} es el factor que deberá adicionarse al t_{oe} para corregirlo.

Los satélites se mueven en órbitas elípticas cuasi circulares, cuyo factor de forma está definido por: e (excentricidad) y $A^{1/2}$ (raíz cuadrada del semieje mayor). El primero indica cuantitativamente cuanto se asemeja la elipse a un círculo (valiendo cero cuando adopta dicha forma) y el valor A indica la longitud del semieje mayor.

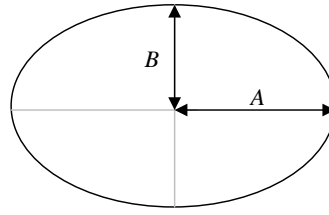


Figura 1. Elipse donde se indican sus semiejes mayor (A) y menor (B)
Fuente: Elaboración propia

Si se denota por B el semieje menor de la elipse entonces, se puede expresar e como:

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{B}{A}\right)^2} \quad (4)$$

Cuando las elipses describen órbitas, el punto más cercano del satélite al cuerpo que orbitan se denomina periapsis (y en el caso particular de satélites terrestres, perigeo) y el punto más lejano apoapsis (y en el caso particular de satélites terrestres, apogeo).

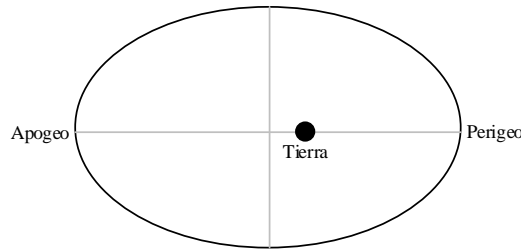


Figura 2. Diagrama esquemático en dos dimensiones de la órbita de un satélite del sistema GPS indicando los apsis. La excentricidad de la elipse ha sido exagerada para facilitar la comprensión del esquema.

Fuente: Elaboración propia

La anomalía media (M) es un ángulo (sin significado geométrico inmediato) que expresa la fracción del período que ha transcurrido desde que el satélite empezó su recorrido en el perigeo; está directamente relacionada con el movimiento medio (n) la cual define una “velocidad angular equivalente” como si el satélite se moviera en una trayectoria circular con velocidad de módulo constante. Así:

$$M = n \cdot t_{apogeo} \quad (5)$$

Donde t_{apogeo} es el tiempo transcurrido desde el momento que el satélite se encontraba en el perigeo. El movimiento medio (n) para un satélite puede calcularse como:

$$n = \sqrt{\frac{\mu}{A^3}} + \Delta n \quad (6)$$

Donde μ es una constante del sistema definida en la tabla I, A es el semieje mayor de la órbita y Δn es el factor de corrección del movimiento medio (ambas definidas en la tabla II).

A partir del movimiento medio se calcula la anomalía media actual (M) como:

$$M = M_0 + nt \quad (7)$$

Donde M_0 es la anomalía media para el instante de tiempo t_{oe} y es una de las efemérides definidas en la tabla 2.

La anomalía media no tiene una interpretación geométrica inmediata, por lo que en las leyes de Kepler se definen otros dos ángulos, denominados anomalía excéntrica (E) y anomalía verdadera (v).

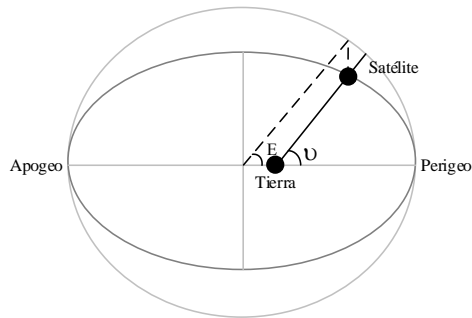


Figura 3. Diagrama en dos dimensiones donde se indica la posición dentro de la órbita del satélite en base a la anomalía excéntrica y verdadera

Fuente: Elaboración propia

La anomalía verdadera (v) es el ángulo comprendido entre la posición actual del satélite y el perigeo cuyo vértice es la Tierra, mientras que la anomalía excéntrica es el ángulo medido entre el perigeo y la proyección del satélite sobre una órbita circular que circunscribe a la elíptica tomando como vértice al centro de la órbita. La relación entre las anomalías se describe a continuación:

$$E = M + e \cdot \text{sen}(E) \quad (8)$$

$$\text{tg}(v) = \frac{\text{sen}(E)\sqrt{1-e^2}}{\cos(E)-e} \quad (9)$$

En base a la anomalía excéntrica (E) se aplica un factor de corrección relativista Δt_{rel} , el cual se adiciona al tiempo t y se define como:

$$\Delta t_{rel} = F \cdot e \cdot \sqrt{A} \cdot \text{sen}(E) \quad (10)$$

A partir de la figura 3 y conociendo la forma orbital y la anomalía verdadera puede ubicarse el lugar geométrico exacto del satélite dentro de su órbita. No obstante, es de interés referenciar todas las órbitas satelitales a un único sistema de coordenadas solidario a la Tierra.

Se suele utilizar el sistema de coordenadas ECEF (del inglés, Earth-Centered Earth-Fixed) el cual es una terna derecha que tiene como origen de coordenadas el centro de masa terrestre y su eje X apunta en la dirección del punto de latitud 0° y longitud 0° (intersección entre el meridiano de Greenwich y el ecuador terrestre).

En el siguiente desarrollo se busca referenciar el satélite desde su propio sistema de coordenadas (cuyo origen es el centro de la órbita y el eje X apunta en dirección al perigeo) al sistema de coordenadas ECEF.

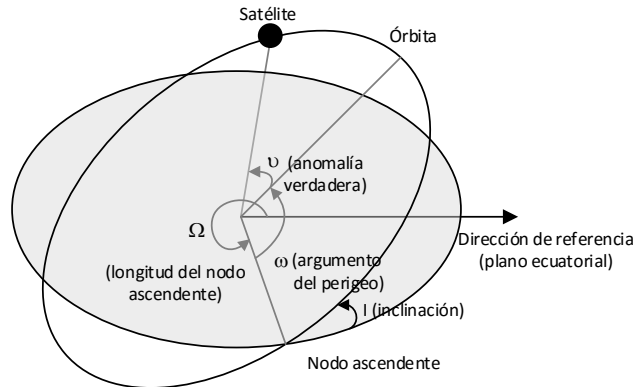


Figura 4. Relación entre la órbita del satélite y el sistema de referencia terrestre.

Fuente: Elaboración propia

La ubicación relativa de una órbita cualquiera respecto del sistema terrestre puede especificarse completamente por medio de tres ángulos independientes (conocidos en la teoría geométrica como ángulos de Euler)[4]. Estos ángulos para el sistema GPS reciben el nombre de: inclinación (I), argumento del perigeo (ω) y longitud del nodo ascendente (Ω).

Bastará con rotar convenientemente el sistema de coordenadas del satélite con estos ángulos calculados para hallar su posición.

Se define el primer ángulo que se utilizará en la rotación como ϕ (ángulo del satélite medido a partir del nodo ascendente) como:

$$\phi = \omega + v \quad (11)$$

El segundo ángulo es el de inclinación I , el cual se calcula como:

$$I = I_0 + I_{dot} \cdot t \quad (12)$$

Donde I_0 es el ángulo de inclinación para el instante de tiempo t_{oe} y el parámetro I_{dot} indica la velocidad de variación del ángulo I a partir del tiempo t_{oe} . Estos dos últimos parámetros están incluidos en la tabla 2.

Un valor utilizado en los cálculos es el radio orbital r , que indica la distancia desde el centro de coordenadas ECEF al satélite y se calcula como[6]:

$$r = A(1 - e \cdot \cos(E)) \quad (13)$$

Los valores I , r y ϕ se ven afectados por diversos fenómenos por lo que el sistema GPS incluye factores de corrección denominados "términos de corrección armónicos"[1] que se adicionan a I , r y ϕ , y se calculan de la siguiente manera:

$$\delta\phi = C_{uc} \cos(2\phi) + C_{us} \sin(2\phi) \quad (14)$$

$$\delta I = C_{ic} \cos(2\phi) + C_{is} \sin(2\phi) \quad (15)$$

$$\delta r = C_{rc} \cos(2\phi) + C_{rs} \sin(2\phi) \quad (16)$$

El último ángulo, Ω , se calcula como sigue:

$$\Omega = \Omega_0 + \Omega_{dot} \cdot t - \Omega_{e_{dot}} \cdot t_{GPS} \quad (17)$$

El término Ω_0 es la longitud del nodo ascendente para el tiempo t_{oe} , el segundo indica la variación del ángulo Ω en el intervalo de tiempo que transcurrió desde el tiempo t_{oe} y el tercero indica la variación de Ω por efecto de la rotación de la Tierra. Por último, aplicamos una transformación matricial de rotación[5] que transforme la posición del satélite desde su marco de referencia al marco de referencia ECEF.

En el marco de referencia del satélite, sus coordenadas son:

$$(x, y, z) = (r \cos(v), r \sin(v), 0) \quad (18)$$

Para transformarlas al marco de referencia ECEF aplicamos la transformación:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\Omega) & -\sin(\Omega) & 0 \\ \sin(\Omega) & \cos(\Omega) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(I) & -\sin(I) \\ 0 & \sin(I) & \cos(I) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \cos(v) \\ r \sin(v) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (19)$$

Luego de realizar el producto matricial, y con (11):

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = r \begin{pmatrix} \cos(\Omega) \cos(\phi) - \sin(\Omega) \sin(\phi) \cos(I) \\ \sin(\Omega) \cos(\phi) + \cos(\Omega) \sin(\phi) \cos(I) \\ \sin(I) \sin(\phi) \end{pmatrix} \quad (20)$$

En este punto hemos calculado la posición de un satélite a partir de sus efemérides. El procedimiento expuesto se repite para todos los satélites en vista. En la siguiente sección se explicará el cálculo de la posición del receptor a partir de los pseudorangs y las posiciones calculadas.

2.2 Cálculo de posición del receptor

Los pseudorangs son las distancias entre los satélites y el usuario (o receptor). Así para el n-ésimo satélite:

$$p_n = \sqrt{(x_u - x_n)^2 + (y_u - y_n)^2 + (z_u - z_n)^2} \quad (21)$$

Donde p_n es el pseudorango para el satélite n-ésimo, (x_u, y_u, z_u) son las coordenadas ECEF del receptor y (x_n, y_n, z_n) son las coordenadas ECEF del satélite n-ésimo.

Puede verse que conocidas las posiciones y pseudorangos de tres satélites sería suficiente para despejar las tres incógnitas de la posición del usuario. Sin embargo, como los pseudorangos se calculan usualmente en base a mediciones de tiempo, se suma un error constante de sincronización (debido a la diferencia entre el reloj del receptor y el del sistema GPS) a cada pseudorango, de forma:

$$p_n = \sqrt{(x_u - x_n)^2 + (y_u - y_n)^2 + (z_u - z_n)^2} + b_u \quad (22)$$

Donde b_u es el error constante de tiempo expresado como longitud[6].

Dado que un sistema de ecuaciones conformado por ecuaciones de la forma de (22) no es lineal, resulta útil para resolverlas, linealizarlas tomando un diferencial total de la forma:

$$dp = \frac{\partial p}{\partial x_u} \delta x_u + \frac{\partial p}{\partial y_u} \delta y_u + \frac{\partial p}{\partial z_u} \delta z_u + \frac{\partial p}{\partial b_u} \delta b_u \quad (23)$$

Así para el satélite n-ésimo, podemos definir los coeficientes:

$$\alpha_{xn} = \frac{\partial p_n}{\partial x_u} = \frac{x_u - x_n}{\sqrt{(x_u - x_n)^2 + (y_u - y_n)^2 + (z_u - z_n)^2}} = \frac{x_u - x_n}{p_n - b_u} \quad (24)$$

De la misma forma:

$$\alpha_{yn} = \frac{\partial p_n}{\partial y_u} = \frac{y_u - y_n}{p_n - b_u} ; \alpha_{zn} = \frac{\partial p_n}{\partial z_u} = \frac{z_u - z_n}{p_n - b_u} \quad (25)$$

Podemos expresar lo obtenido anteriormente como un sistema compuesto por 'n' ecuaciones:

$$\begin{pmatrix} \delta p_1 \\ \delta p_2 \\ \vdots \\ \delta p_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{x1} & \alpha_{y1} & \alpha_{z1} & 1 \\ \alpha_{x2} & \alpha_{y2} & \alpha_{z2} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{xn} & \alpha_{yn} & \alpha_{zn} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta x_u \\ \delta y_u \\ \delta z_u \\ \delta b_u \end{pmatrix} \quad (26)$$

O de forma compacta como:

$$\delta \vec{p} = [\alpha] \delta \vec{u} \quad (27)$$

El objetivo que se plantea es iterar en base a una posición de usuario arbitraria e ir resolviendo hasta encontrar el valor de la posición de usuario que hace mínimo el error.

El procedimiento implementado en las librerías desarrolladas comprende elegir una posición inicial, calcular el pseudorango para cada satélite, obtener el vector diferencia de éstos, calcular la matriz α , obtener vector diferencia de posición, calcular la nueva posición y estimar el error cometido, como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$\vec{u} = (x_u, y_u, z_u, b_u) \quad (28)$$

$$p_{cn} = \sqrt{(x_u - x_n)^2 + (y_u - y_n)^2 + (z_u - z_n)^2} \quad (29)$$

$$\delta \vec{p} = \vec{p}_m - \vec{p}_c \quad (30)$$

$$\delta \vec{u} = [\alpha]^+ \delta \vec{pr} \quad (31)$$

La ecuación (31) resulta de la ecuación (27) donde $[\alpha]^+$ es la matriz pseudoinversa de $[\alpha]$.

$$\vec{u} \leftarrow \vec{u} + \delta \vec{u} \quad (32)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\delta x_u^2 + \delta y_u^2 + \delta z_u^2} \quad (33)$$

Si el error es mayor a cierto valor de tolerancia, es necesario repetir el proceso desde el paso 2. En caso contrario, se toma el último valor obtenido de u como un valor adecuado. Para nuestro caso, el proceso toma alrededor de 10 ciclos, con un error aceptado de 1 m.

2.3 Aplicación de modelos atmosféricos

La ionósfera es una capa atmosférica que provoca retardos y variaciones en las señales provenientes de los satélites[7]. El modelo utilizado (entre otros) para el sistema GPS es el propuesto por John A. Klobuchar[8], el cual mediante una técnica iterativa permite calcular el retraso de la señal GPS al atravesar la ionósfera. En este trabajo se omite el desarrollo del método, aunque se ha implementado en la librería desarrollada para corregir los errores introducidos [8].

3. Desarrollo de librería de cálculo

Se desarrolló una biblioteca de cabeceras y funciones en C que permite calcular la posición de un receptor a partir de las efemérides y pseudorangos de los satélites en vista.

Constantes.h (cabecera): Definiciones de constantes a usar según el estándar WGS-84 [9].

Angulos.h (cabecera): Macros para el pasaje entre grados sexagesimales, semicírculos y radianes.

Matrices.h (cabecera): Definición de una estructura llamada “Matriz” con el objetivo de facilitar las operaciones de cálculo matricial y los prototipos de las funciones.

Matrices.c: Todas las siguientes funciones, las cuales devuelven 0 si hubo error y 1 en otro caso.

int Matrices_Producto (Matriz* M1, Matriz* M2, Matriz* MR);

Multiplica dos matrices (M1 y M2) y almacena el resultado en una tercera (MR).

int Matrices_Transponer (Matriz* M1, Matriz* M2);

Transpone la matriz M1 y almacena el resultado en M2.

int Matrices_Sumar (Matriz* M1, Matriz* M2, Matriz* MR);

Realiza la suma de dos matrices (M1 y M2) y almacena el resultado en MR.

int Matrices_Escalar (Matriz* M1, double k, Matriz* M2);

Multiplica una matriz (M1) por un escalar (k) y almacena el resultado en M2.

int Matrices_Reducir(Matriz* M1, Matriz* M2);

Reduce una matriz (M1) hasta obtener una matriz identidad, almacenando el resultado en M2.

Posiciones.h: Define estructuras de posición en sistema cartesiano (ECEFPos) y en sistema de latitud/longitud/altura (LLHPos).

Posiciones.c: Funciones de pasaje entre el sistema ECEF y el sistema latitud/longitud/altura.

GPSLIB.h: Prototipos de las funciones principales para el cálculo de la posición del receptor incluidos en GPSLIB.c.

GPSLIB.c: Incluye las funciones:

void GPS_PosicionSatelite(int GPStime, double Pseudorango, Efem_float* Efem, ECEFpos* SatPos);

Calcula la posición de un satélite (SatPos) a partir del tiempo GPS (GPStime), el pseudorango y el juego de efemérides de ese satélite (Efem).

int GPS_PosicionUsuario(double* Pseudorangos, ECEFpos* SatPos, int Nsat, ECEFpos* UserPos);

Calcula la posición del usuario (UserPos) a partir de los pseudorangos, las posiciones de los satélites (SatPos) y la cantidad de satélites (Nsat).

double GPS_CorreccionAtmosferica(int GPStime, HUI_UBX* Ion, ECEFpos* SatPos, ECEFpos* UserPos);

Calcula las correcciones atmosféricas de un pseudorango a partir del tiempo GPS (GPStime), los parámetros ionosféricos (Ion), la posición del satélite (SatPos) y la posición del usuario (UserPos).

double GPS_CorreccionReloj(int GPStime, Efem_float* Efem);

Calcula las correcciones de reloj para un determinado satélite a partir de las efemérides (Efem).

void GPS_CorreccionRotacion(double Pseudorango, ECEFpos* SatPos);

Aplica correcciones al pseudorango debido a la rotación terrestre.

4. Validación de librería de cálculo

Para validar los algoritmos y bibliotecas implementados se realizó un experimento consistente en tomar las posiciones y pseudorangos a partir de un receptor GPS comercial modelo uBLOX 6 NEO-6M, adquirirlos a una PC y comprobar los valores de ubicación obtenidos con la posición del punto. Se utiliza una placa microcontrolada para convertir los datos del GPS uBlox a un formato apto para ser leídos por la computadora. Como referencia se utilizó un punto geodésico patrón, el cual ha sido verificado y validado por el entonces Instituto Geográfico Militar (actualmente, Instituto Geográfico Nacional). La posición está definida como: 34° 33' 19,986'' latitud Sur, 58° 30' 25.769'' longitud Oeste y altura 35.65m (equivalente en coordenadas ECEF a (2747040,7; -4484020,311; -3597389,777) metros.

En la tabla 4 se muestran cinco mediciones registradas a modo de ejemplo.

Tabla 4. Cálculo de posición de receptor a partir de efemérides y observables

Nº	X [m]	Y [m]	Z [m]	Error [m]
1	2,747051E+06	-4,484048E+06	-3,597403E+06	32,36
2	2,747042E+06	-4,484037E+06	-3,597397E+06	18,23
3	2,747040E+06	-4,484033E+06	-3,597391E+06	12,77
4	2,747048E+06	-4,484045E+06	-3,597407E+06	30,98
5	2,747047E+06	-4,484045E+06	-3,597410E+06	24,84

Fuente: Elaboración propia

El error cuadrático medio promedio evidenciado es de 25,28m, siendo consistente con las especificaciones del sistema GPS que establece que el error medio de una posición utilizando el sistema estándar (SPS) debe ser menor a 30m[6].

5. Conclusiones

Se cumplieron los objetivos de:

- Comprender la mecánica de cálculo necesaria para hallar la posición de un receptor GPS en base estrictamente a los datos provistos por la constelación GPS y los observables (pseudorangos, etc.).
- Desarrollar una librería de cálculo en lenguaje C capaz de ser fácilmente implementada en una plataforma móvil (microcontrolada) para su aplicación en un receptor definido por software.

6. Reconocimientos

Los autores desean agradecer la invaluable asistencia del Ing. Edgardo Comas, Jefe del Departamento Electrónica Aplicada, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) por su asistencia y aliento durante la realización de las tareas expuestas.

Asimismo, los autores agradecen el apoyo de la Universidad Tecnológica Nacional que a través del Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) N° 3636 ha financiado parte de este trabajo.

7. Referencias

- [1] UNITED STATES AIR FORCE (2008), *The GPS Standard Positioning System*.
- [2] W. TUTLEBEE (2002), *Software defined radio*, West Sussex :John Wiley & Sons, p- 10-17.
- [3] E. Kaplan, C. Hegarty, *Understanding GPS: Principles and Applications*, Norwood: Artech House, Chapter 2, Section 3.
- [4] WOLFRAM MATH WORLD, *Euler Angles*,
Disponible en: <http://mathworld.wolfram.com/EulerAngles.html>.
- [5] WOLFRAM MATH WORLD, *Rotation Matrix*,
Disponible en: <http://mathworld.wolfram.com/RotationMatrix.html>.
- [6] J. Bao Yen Tsui, *Fundamental of Global Positioning System Receivers: A software approach*, Hoboken: John Wiley & Sons, Chapter 2.
- [7] MAGDALENO, SERGIO (2012). *Jornada Técnica sobre el clima espacial II*, “El impacto de la Ionósfera en la navegación por satélite”, Madrid: GMV Disponible en: <http://www.proteccioncivil.org/catalogo/naturales/climaespacial/presentaciones/p44.pdf>.
- [8] KLOBUCHAR J. (1987) , *Ionospheric Time-Delay Algorithm for Single-Frequency GPS Users*, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-23, Number 3, May 1987.
- [9] NATIONAL IMAGERY AND MAPPING AGENCY, DEPARTMENT OF DEFENSE (2000), *World Geodetic System 1984*, Third Edition.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ORTOGONALIDAD DE VECTORES EN LAS COMUNICACIONES TECNOLOGÍA CDMA

Luciano Savoie, savoieluciano@gmail.com

María Mercedes Gaitán, mgaitan@frp.utn.edu.ar

Ernesto Klimovsky, erklimo@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná

Resumen — En el Proyecto de investigación “La trascendencia del álgebra lineal en el ciclo superior de ingeniería” algunos trabajos corresponden a Ingeniería Electrónica. Allí, uno de los problemas en las comunicaciones de datos es cómo repartir entre varios usuarios el uso de un único canal de comunicaciones para poder gestionar diversas comunicaciones simultáneamente sin interferencias.

Para resolverlo, la tecnología Code Division Multiple Access (CDMA) emplea un esquema de codificación que asigna a cada transmisor un código único, escogido de forma que sea totalmente diferente del resto. El receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero puede seleccionar la señal de interés si conoce el código empleado.

Esto lo consigue usando la ortogonalidad entre vectores, cuyas coordenadas representan los datos a transmitir. Así, aunque el receptor capte señales de distintos usuarios al mismo tiempo, si conoce el código de transmisión del usuario de interés, podrá aislar sus datos de los del resto simplemente realizando el producto escalar de la señal recibida con el código del usuario. Al ser este código ortogonal respecto a todos los demás, el producto aislará la señal deseada y anulará el resto.

CDMA se emplea en sistemas de comunicaciones por radio frecuencia, tanto de telefonía móvil (constituye la base de redes 3G) como en transmisión de datos (WiFi) o navegación por satélite (GPS).

Palabras clave— *comunicaciones, vectores, ortogonalidad.*

1. Introducción

En las comunicaciones de datos se presenta la dificultad en la forma de repartir la utilización de un único canal de comunicación o medio de transmisión entre diversos usuarios, para que se puedan realizar varias comunicaciones al mismo tiempo. Sin un método de organización, aparecerían interferencias que podrían resultar molestas, o bien, directamente impedir la comunicación. Este concepto se denomina multiplexado o control de acceso al medio.

La multiplexación por división de código, acceso múltiple por división de código o Code Division Multiple Access (CDMA) es un término genérico que se utiliza para denominar varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basado en la tecnología de espectro expandido [1].

La señal se emite con un ancho de banda mucho mayor que el necesario para los datos a transmitir, por este motivo decimos que es una tecnología de espectro expandido.

Para resolver el problema mencionado, CDMA emplea una tecnología de espectro expandido y un esquema especial de codificación, por el que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma tal que sea ortogonal respecto a los de los demás y distinto del resto. El receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero gracias al esquema de codificación, que emplea códigos ortogonales entre sí, puede seleccionar la señal de interés si conoce el código empleado.

Otros esquemas emplean la división en frecuencia (FDMA), en tiempo (TDMA) o en el espacio (SDMA), para alcanzar el mismo objetivo, el cual es la separación de las distintas comunicaciones que se estén produciendo en cada momento y evitar o suprimir las interferencias entre ellas.

Una analogía posible para comprender rápidamente el problema del acceso múltiple es la mencionada por los autores Tanenbaum y Wetherall [2]. Consiste en considerar una habitación (que representaría el canal) en la que varias personas desean hablar al mismo tiempo. Si todas ellas hablan a la vez, se producirían interferencias y sería difícil la comprensión. Para evitar o reducir el problema, podrían hablar por turnos (división por tiempo), hablar unos en tonos más agudos y otros más graves de forma que sus voces se distinguieran (división por frecuencia), dirigir sus voces en distintas direcciones de la habitación (división espacial), o hablar en idiomas distintos (división por código) como en CDMA, donde sólo pueden entenderlo las personas que conocen el idioma, es decir, el código.

La Tecnología CDMA se usa en variados sistemas de comunicaciones por radio frecuencia, como en la telefonía móvil, allí constituye la base de las redes de tercera generación (3G), en la transmisión de datos (WiFi) y en la navegación por satélite mediante el sistema de posicionamiento global (GPS).

2. Conceptos matemáticos utilizados en CDMA

CDMA utiliza vectores cuyas componentes representan los datos a transmitir. Por ejemplo, la cadena binaria “1011” se representa por el vector (1, 0, 1, 1). Al mismo tiempo, aprovecha las propiedades matemáticas de operaciones entre vectores [3].

Dos vectores pueden multiplicarse mediante el producto escalar, que suma los productos de sus respectivas componentes [4].

Sean $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ y $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ dos vectores. Entonces el producto escalar de \mathbf{a} y \mathbf{b} , denotado por $\mathbf{a} \bullet \mathbf{b}$, está dado por:

$$\mathbf{a} \bullet \mathbf{b} = (a_1, a_2, \dots, a_n) \bullet (b_1, b_2, \dots, b_n) = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n = \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (1)$$

Por ejemplo, el producto escalar de un vector $\mathbf{a} = (1, 0, 1, 1)$ y un vector $\mathbf{b} = (1, -1, -1, 0)$ es:

$$\mathbf{a} \bullet \mathbf{b} = (1)(1) + (0)(-1) + (1)(-1) + (1)(0) = 1 + (-1) = 0.$$

Además, si el producto escalar de dos vectores es 0, como en el ejemplo anterior, se dice que éstos son ortogonales entre sí.

Algunas propiedades del producto escalar ayudan a comprender cómo funciona CDMA.

Si los vectores **a** y **b** son ortogonales, y además, representan los códigos de dos usuarios de CDMA, entonces:

$$a \bullet b = 0 \quad (2)$$

Aplicando la definición de producto escalar de vectores y sus propiedades, se tiene:

$$a \bullet a = \|a\|^2$$

$$a \bullet (a+b) = \|a\|^2 \quad \text{ya que} \quad a \bullet a + a \bullet b = \|a\|^2 + 0$$

$$a \bullet (-a+b) = -\|a\|^2 \quad \text{ya que} \quad -a \bullet a + a \bullet b = -\|a\|^2 + 0$$

$$b \bullet (a+b) = \|b\|^2 \quad \text{ya que} \quad b \bullet a + b \bullet b = 0 + \|b\|^2$$

$$b \bullet (a-b) = -\|b\|^2 \quad \text{ya que} \quad b \bullet a - b \bullet b = 0 - \|b\|^2$$

Aunque el receptor capte combinaciones lineales de los vectores **a** y **b**, es decir, las señales procedentes de **a** y **b** al mismo tiempo, sumadas en el aire, si conoce el código de transmisión del usuario de interés, siempre podrá aislar sus datos de los del resto de los usuarios, simplemente mediante el producto escalar de la señal recibida con el código del usuario. Al ser el código del usuario ortogonal respecto a todos los demás, el producto seleccionará la señal de interés y anulará el resto.

Este resultado para dos usuarios es extensible a todos los interesados que se desee, siempre que existan códigos ortogonales suficientes para el número de usuarios deseado, lo que se logra incrementando la longitud del código.

La Figura 1 muestra cuatro señales digitales de cuatro bits cada una cuyas representaciones vectoriales son ortogonales:

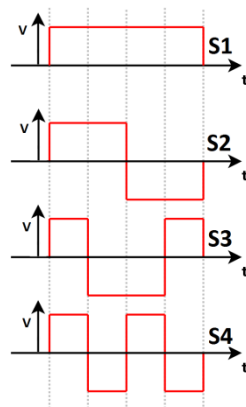


Figura 1. Representación de cuatro señales digitales ortogonales.

Fuente: elaboración propia

Si realizamos el producto escalar entre dos cualesquiera de ellas, comprobaremos que son ortogonales entre sí.

Por ejemplo, el producto escalar de las señales $S2 = (1, 1, -1, -1)$ y $S4 = (1, -1, 1, -1)$ es:

$$S2 \bullet S4 = (1)(1) + (1)(-1) + (-1)(1) + (-1)(-1) = 1 + (-1) + (-1) + 1 = 0.$$

3. Desarrollo

3.1 Implementación de CDMA

En los sistemas CDMA cada tiempo de bit se subdivide en m intervalos cortos llamados *chips*. En la Figura 1, por ejemplo, tenemos cuatro bits en cada señal, todos ellos de igual duración. Por lo general, hay 64 o 128 [chips/bit], pero en el ejemplo que se da a continuación por simplicidad utilizaremos 8 [chips/bit].

A cada estación de transmisión se le asigna un código único de m bits llamado *secuencia de chip*. Para transmitir un bit 1, una estación envía su secuencia de chips. Para transmitir un bit 0, envía el *complemento a uno* de su secuencia de chips (se intercambian los unos por ceros y los ceros por unos). No se permiten otros patrones. Por lo tanto, para $m = 8$, si a una determinada estación A se le asigna la secuencia de chips 00011011, ella envía un bit 1 mediante el envío de 00011011 y un bit 0 mediante el envío de 11100100.

El incremento de la cantidad de información que se va a enviar de b [bits/s] a mb [chips/s] sólo puede realizarse si el ancho de banda disponible se incrementa por un factor de m , lo que hace de CDMA una forma de comunicaciones de espectro expandido como habíamos mencionado anteriormente.

En la implementación de CDMA se utiliza una notación bipolar, donde el 0 binario es -1 y el 1 binario es $+1$. Además, mostraremos las secuencias de chips en notación vectorial, de manera que la transmisión de un bit 1 para la estación A es $(-1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, +1)$ y la transmisión de un bit 0, realizando el complemento, es $(+1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, -1)$. [2]

A continuación, mostramos las secuencias de chips asignadas a cuatro estaciones de ejemplo denominadas A, B, C y D; y su correspondiente notación bipolar:

$$\begin{aligned} A &= (0,0,0,1,1,0,1,1) & A &= (-1,-1,-1,+1,+1,-1,+1,+1) \\ B &= (0,0,1,0,1,1,1,0) & B &= (-1,-1,+1,-1,+1,+1,+1,-1) \\ C &= (0,1,0,1,1,1,0,0) & C &= (-1,+1,-1,+1,+1,+1,-1,-1) \\ D &= (0,1,0,0,0,0,1,0) & D &= (-1,+1,-1,-1,-1,-1,+1,-1) \end{aligned}$$

Cada estación tiene su propia y única secuencia de chips. Utilizamos el símbolo A para indicar el vector de m chips para la estación A, y \bar{A} para su complemento.

Todas las secuencias de chips son ortogonales entre sí, cumpliéndose las propiedades enumeradas anteriormente. Tales secuencias ortogonales de chips se pueden generar, por ejemplo, utilizando un método conocido como códigos de Walsh-Hadamard.

Durante cada tiempo de bit, una estación puede transmitir un 1 enviando su secuencia de chips, o puede transmitir un 0 enviando el complemento de su secuencia de chips, o puede quedarse en silencio y no transmitir nada.

Cuando dos o más estaciones transmiten de manera simultánea, sus señales bipolares se suman de manera lineal. Por ejemplo, si en un período de chips tres estaciones envían $+1$ y una estación envía -1 , el resultado es $+2$. Se podría pensar que esto es como sumar voltajes; tres estaciones enviando $+1$ voltio y una estación enviando -1 voltio dan un total de 2 voltios.

Tomemos seis ejemplos de una y hasta cuatro estaciones que transmiten al mismo tiempo:

Ejemplo 1: $--1-- = C$

Ejemplo 2: $-11-- = B + C$

Ejemplo 3: $10-- = A + \bar{B}$

Ejemplo 4: $101-- = A + \bar{B} + C$

Ejemplo 5: $1111 = A + B + C + D$

Ejemplo 6: $1101 = A + B + \bar{C} + D$

Observación: el símbolo $-$ indica que dicha estación (de las cuatro que componen los ejemplos), no está transmitiendo en ese caso.

Las señales enviadas en cada caso son:

$$S1 = (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)$$

$$S2 = (-2, 0, 0, 0, +2, +2, 0, -2)$$

$$S3 = (0, 0, -2, +2, 0, -2, 0, +2)$$

$$S4 = (-1, +1, -3, +3, +1, -1, -1, +1)$$

$$S5 = (-4, 0, -2, 0, +2, 0, +2, -2)$$

$$S6 = (-2, -2, 0, -2, 0, -2, +4, 0)$$

En el Ejemplo 1, C transmite un bit 1, por lo que simplemente obtenemos la secuencia de chips de C. En el Ejemplo 2, tanto B como C transmiten bits 1, por lo que obtenemos la suma de sus secuencias de chips bipolares, o sea:

$$B + C = (-1, -1, +1, -1, +1, +1, +1, -1) + (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1) = (-2, 0, 0, 0, +2, +2, 0, -2)$$

En el Ejemplo 3, la estación A envía un 1 y la estación B envía un 0. En el Ejemplo 4, A y C envían un 1 mientras que B envía un bit 0. En el Ejemplo 5, todas las estaciones envían un bit 1. Finalmente, en el Ejemplo 6, A, B y D envían un bit 1, mientras que C envía un bit 0. Observe que cada una de las secuencias S1 a S6 sólo representan un tiempo de bit.

Para recuperar el flujo de bits de una estación individual, el receptor debe conocer con anticipación la secuencia de chips de esa estación. Esto se realiza calculando el producto interno entre la secuencia de chips recibida, es decir, la suma lineal de todas las estaciones que transmitieron, y la secuencia de chips de la estación cuyo flujo de bits se está tratando de recuperar. Luego se divide ese resultado por el número de chips m .

Para hacer más concreto el proceso de decodificación, consideremos los seis ejemplos de las secuencias S1 a S6.

Suponga que el receptor está interesado en extraer el bit enviado por la estación C de cada una de las seis sumas S1 a S6. Para ello, calcula el bit realizando el producto escalar entre la señal S recibida y el vector correspondiente a la secuencia de chips de la estación C, y después se toma 1/8 del resultado (debido a que aquí $m = 8$).

Como se muestra a continuación, el bit correcto es decodificado de a uno por vez.

$$(S1 \bullet C)/m = [(-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1) \bullet (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)]/8 \\ = (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)/8$$

$(S1 \bullet C)/m = +1 \rightarrow$ Correspondiente al 1 binario

$$(S2 \bullet C)/m = [(-2, 0, 0, 0, +2, +2, 0, -2) \bullet (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)]/8 \\ = (2 + 0 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0 + 2)/8$$

$(S2 \bullet C)/m = +1 \rightarrow$ Correspondiente al 1 binario

$$(S3 \bullet C)/m = [(0, 0, -2, +2, 0, -2, 0, +2) \bullet (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)]/8 \\ = (0 + 0 + 2 + 2 + 0 - 2 + 0 - 2)/8$$

$(S3 \bullet C)/m = 0 \rightarrow$ La estación C permaneció en silencio

$$(S4 \bullet C)/m = [(-1, +1, -3, +3, +1, -1, -1, +1) \bullet (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)]/8 \\ = (1 + 1 + 3 + 3 + 1 - 1 + 1 - 1)/8$$

$(S4 \bullet C)/m = +1 \rightarrow$ Correspondiente al 1 binario

$$(S5 \bullet C)/m = [(-4, 0, -2, 0, +2, 0, +2, -2) \bullet (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)]/8 \\ = (4 + 0 + 2 + 0 + 2 + 0 - 2 + 2)/8$$

$(S5 \bullet C)/m = +1 \rightarrow$ Correspondiente al 1 binario

$$(S6 \bullet C)/m = [(-2, -2, 0, -2, 0, -2, +4, 0) \bullet (-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1)]/8 \\ = (2 - 2 + 0 - 2 + 0 - 2 - 4 + 0)/8$$

$(S6 \bullet C)/m = -1 \rightarrow$ Correspondiente al 0 binario

3.2 Códigos de Walsh-Hadamard

Los códigos de Walsh constituyen uno de los códigos ortogonales más comúnmente usados en aplicaciones CDMA. Estos códigos se calculan a partir de una matriz cuadrada especial conocida como la matriz de Hadamard, por ello se denominan códigos de Walsh-Hadamard.

Para un conjunto de códigos de Walsh de longitud n , tendremos una matriz cuadrada de n códigos de Walsh, de modo que le corresponde una matriz de Hadamard de tamaño $n \times n$.

La primera columna de esta matriz contiene una serie de 1 y las siguientes columnas contienen una serie de 1 y -1 combinados. Cada columna es ortogonal entre sí, además, los 1 y -1 tienen la misma frecuencia de aparición a partir de la segunda columna.

Esta matriz es obtenida de forma recursiva a partir de la siguiente expresión:

$$H(2^k) = \begin{bmatrix} H(2^{k-1}) & H(2^{k-1}) \\ H(2^{k-1}) & -H(2^{k-1}) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Siendo: $H(2^0)=[1]$

Por consiguiente:

$$H(2^1)=\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H(2^2)=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H(2^3)=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Se puede ver con facilidad que todas las filas y columnas son ortogonales entre sí y que la longitud de los códigos de Walsh siempre son potencias de 2.

Para facilitar la obtención de estas matrices se puede utilizar la función *hadamard(n)* en Matlab, la cual devuelve la matriz de Hadamard de orden *n*, recordando que *n* debe ser un número potencia de 2. En caso contrario, arrojará error.

```
>> hadamard(1)
```

```
ans =
```

```
1
```

```
>> hadamard(2)
```

```
ans =
```

```
1    1
```

```
1   -1
```

```
>> hadamard(4)
```

```
ans =
```

```
1    1    1    1
```

```
1   -1    1   -1
```

```
1    1   -1   -1
```

```
1   -1   -1    1
```

```
>> hadamard(8)
```

```
ans =
```

```

1      1      1      1      1      1      1      1
1     -1      1     -1      1     -1      1     -1
1      1     -1     -1      1      1     -1     -1
1     -1     -1      1      1     -1     -1      1
1      1      1      1     -1     -1     -1     -1
1     -1      1     -1     -1      1     -1      1
1      1     -1     -1     -1     -1      1      1
1     -1     -1      1     -1      1      1     -1
```

En el caso de utilizar un software libre como SciLab, no existe un comando que nos devuelva directamente una matriz de Hadamard de orden n [5]. Se puede recurrir a una herramienta con la que cuenta SciLab que es el instalador de módulos adicionales.

De los distintos módulos disponibles, utilizamos el denominado “Make Matrix”, que cuenta con la función *hadamard* (n), la cual devuelve una matriz de Hadamard de orden n , recordando que n debe ser un número potencia de 2.

Una vez instalado, ejecutamos:

```
-->makematrix_hadamard ( 1 )
```

```
ans =
```

```
1.
```

```
-->makematrix_hadamard ( 2 )
```

```
ans =
```

```
1.  1.
```

```
1. -1.
```

```
-->makematrix_hadamard ( 4 )
```

```
ans =
```

```
1.  1.  1.  1.
```

```
1. -1.  1. -1.
```

```
1.  1. -1. -1.
```

```
1. -1. -1.  1.
```

```
-->makematrix_hadamard ( 8 )
```

```
ans =
```

```
1.  1.  1.  1.  1.  1.  1.  1.
```

```
1. -1.  1. -1.  1. -1.  1. -1.
```

```
1.  1. -1. -1.  1.  1. -1. -1.
```

```
1. -1. -1.  1.  1. -1. -1.  1.
```

```
1.  1.  1.  1. -1. -1. -1. -1.
```

```
1. -1.  1. -1. -1.  1. -1.  1.
```


$$\begin{matrix} 1. & 1. & -1. & -1. & -1. & -1. & 1. & 1. \\ 1. & -1. & -1. & 1. & -1. & 1. & 1. & -1. \end{matrix}$$

4. A modo de cierre

La técnica de CDMA descripta, conocida en el ambiente de la telefonía móvil como CDMA sincrónico, fue desarrollada suponiendo un medio ideal y libre de ruido, con una capacidad, es decir el número de estaciones arbitrariamente grande.

En un medio real, los sistemas CDMA sincrónicos funcionan bien siempre que no haya excesivo retardo en la llegada de las señales, o sea, que el transmisor y el receptor deben estar sincronizados al momento de enviar y recibir información.

Además, en la práctica, las limitaciones físicas de los equipos reducen la capacidad de forma considerable. Por ejemplo, el estándar IS-95, un estándar de telefonía móvil utilizado en Argentina hasta el año 2008, empleaba códigos ortogonales de Walsh de 64 bits para codificar las señales y separar a sus distintos usuarios, lo que significa que cada estación podía manejar hasta un máximo de 64 usuarios en un mismo momento.

CDMA logró establecerse en el mercado de las comunicaciones móviles y ha madurado al punto en que no sólo es aceptable, sino también una solución muy práctica frente a otras tecnologías, instituyéndose como la base de los sistemas móviles de tercera generación (3G).

Como reflexión final con respecto a las tareas realizadas en el marco del Proyecto de investigación “La trascendencia del Álgebra Lineal en el ciclo superior de ingeniería”, señalamos la satisfacción de poder trabajar con becarios alumnos en cuestiones específicas de ingeniería, en este caso particular correspondiente a la carrera ingeniería electrónica. Retomamos conceptos básicos del Álgebra Lineal y vemos sus aplicaciones en las materias específicas de la carrera. También ellas se pueden constituir en un elemento disparador para próximos desarrollos de los becarios dentro del Proyecto. Asimismo, algunas cuestiones abordadas pueden llevarse al aula en dicha materia, Álgebra Lineal y Geometría Analítica, instaurando elementos motivadores para el estudio de la Matemática, siempre realizando las simplificaciones correspondientes para que puedan ser comprendidas por los alumnos de los primeros niveles de la carrera. La indagación constante de situaciones que muestren la necesidad del desarrollo de los conceptos matemáticos, contribuye para que desde los primeros años de la carrera se manifieste la aplicabilidad de los mismos.

5. Referencias

- [1] YANG, S. (1998). *CDMA RF System Engineering*. Londres: Artech House Publishers, p.2-9, p.43-51.
- [2] TANENBAUM, A; WETHERALL, D (2012). *Redes de Computadoras*. México: Pearson, p.117-119, p.146-147.
- [3] KUMAR DAS, S. (2010). *Mobile Handset Design*. Wiley, p.165-170.
- [4] GROSSMAN, S. (2008). *Álgebra Lineal*. México: McGraw-Hill, p.57-59.
- [5] <https://atoms.scilab.org>.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE CLÚSTER DE CONMUTACIÓN POR ERROR

Javier I. Bilbao, Universidad Nacional de Tucumán, jibilbao@herrera.unt.edu.ar

Federico H. Lutz, Universidad Nacional de Tucumán, fhultz@gmail.com

Hugo. O. Ortega, Universidad Nacional de Tucumán, hortega@herrera.unt.edu.ar

Sergio D. Saade, Universidad Nacional de Tucumán, ssaade@herrera.unt.edu.ar

Resumen— En la actualidad, los sistemas informáticos representan un elemento fundamental para cualquier organización (pública o privada), que pretenda ofrecer un mínimo de eficiencia en sus prestaciones.

Todo sistema informático responde a un modelo, en donde uno o más computadores y su software asociado, tienen el rol de responder (servidor) a requerimientos determinados (cliente). Un clúster, es un grupo de servidores independientes que funcionan en conjunto, aumentando el rendimiento global del sistema, a la vez que disminuyen considerablemente los tiempos de caída de los servicios que ofrecen.

Sea cual fuera la dimensión de una organización, se percibe que cada vez es más necesario contar con sistemas informáticos de alta disponibilidad y mejores niveles de prestaciones. La realidad nos indica que una caída de sistema puede provocar daños económicos impensables en el usuario final.

El presente trabajo analiza y describe una solución de alta disponibilidad basada en la implementación de clúster de conmutación por error y se analizan los criterios de selección de los métodos disponibles.

Palabras clave— *Cliente-servidor, alta disponibilidad, clústers.*

1. Introducción

Actualmente, en cualquier ámbito laboral, científico/profesional, en las escuelas/universidades, en un comercio o casi en cualquier lugar, hay un sistema informático involucrado; y tiene gran importancia para dicha organización. Es por esto que tener un sistema que funcione eficientemente es imprescindible.

Prácticamente todos los sistemas de computación funcionan bajo un esquema de cliente-servidor, donde los clientes son quienes realizan consultas, solicitan cálculos, procesamiento de información, etc.; y los servidores son quienes se encargan de responder a tales necesidades. Un servidor tiene especial importancia, ya que es el encargado de responder las solicitudes de los clientes, y sus características deben acompañar el tipo de servicio que éste ofrecerá.

Muchos de los sistemas de servidores que hoy funcionan en el mundo, especialmente en las grandes empresas y organizaciones, están conformados en una agrupación de servidores

denominada clúster. Un clúster se trata de un grupo de servidores independientes que funcionan en conjunto en forma cooperativa, comportándose como si fuera un único servidor desde el punto de vista de los clientes. Esto tiene grandes ventajas, ya que, al trabajar en conjunto, permite que cada servidor contribuya aumentando el rendimiento global del sistema, pudiendo lograrse mejoras en su rendimiento y brindando una mayor confiabilidad integral al sistema (si sale de servicio uno de los servidores, el sistema sigue operativo con el resto).

En las ciencias y la ingeniería, muchas veces se precisa de un servidor que posea una gran capacidad de procesamiento, pero éste puede resultar muy costoso. Ahora, si se pudiera emplear varios servidores de menor capacidad y “unirlos” de alguna manera para que se comporten como uno solo, de tal forma que sus capacidades se “sumen”, consiguiendo que trabajen juntos para lograr maximizar así su capacidad de procesamiento, sería sumamente útil y productivo. Un clúster hace precisamente eso, unir equipos para que se comporten como uno solo y obtener como rédito un sistema que ofrece alto rendimiento, alta confiabilidad y mejora ampliamente la eficiencia.

De la misma manera, cuando una organización trabaja con bases de datos, y posee su propio servidor de base de datos, puede resultar crítico el hecho de que el mismo esté “caído” o fuera de servicio debido a una falla técnica, ocasionando problemas dentro del organismo y hasta pudiendo provocar pérdidas económicas de gran envergadura. Tener un sistema que se encuentre monitoreando en forma permanente posibles caídas de los servidores y que subsane los eventuales errores que puedan ocurrir en las bases de datos, puede significar una solución óptima ante la disponibilidad integral del sistema. De esto se trata un “Clúster de conmutación por error”, un grupo de computadores que trabajan en sincronía para aumentar la disponibilidad y confiabilidad del sistema. Su funcionamiento es bastante sencillo, si se produce un error en uno de los nodos que está ofreciendo un servicio en clúster, otro comienza a ofrecerlo mediante un proceso que se denomina conmutación por error.

Un clúster de conmutación por error es un sistema computacional de bajo costo, que ofrece una excelente solución a las fallas que se pueden producir en los servidores, y aplicarlo a las bases de datos es, sin lugar a dudas, un aporte a la mejora de la eficiencia en el trabajo con sistemas computacionales.

2. Clúster de conmutación por error

Un clúster de conmutación por error es un clúster de alta disponibilidad. Estos clústeres tratan de brindar la máxima disponibilidad de los servicios que ofrecen. La confiabilidad se provee mediante software que detecta fallos y permite recuperarse frente a los mismos, mientras que en hardware se evita tener un único punto de fallos.

Un clúster de este tipo ofrece tolerancia a errores que puedan ser:

- Errores de Infraestructura: Hardware/Redes
- Errores de Aplicación: Servicios/Roles/Software

Cuando se trabaja con Microsoft Windows Server 2008 o superior, se ofrece la posibilidad de desarrollar un clúster de alta disponibilidad, llamado “clúster de conmutación por error” o “*Failover Cluster*”.

Concretamente, un clúster de conmutación por error es un grupo de equipos independientes que trabajan juntos para aumentar la disponibilidad y la escalabilidad de los roles en clúster (también denominados aplicaciones y servicios en clúster). Los servidores agrupados (denominados nodos) están conectados mediante enlaces físicos (red de intercomunicación) y

con un software que monitorea el proceso. Si se produce un error en uno o más de los nodos del clúster, otro nodo comienza a dar servicio (proceso que se denomina conmutación por error). Los clústeres de conmutación por error también proporcionan la funcionalidad de “volúmenes compartidos de clúster (CSV)”, que ofrece un espacio de nombres distribuido y uniforme que los roles en clúster pueden usar para acceder al almacenamiento compartido de todos los nodos. Con la característica clúster de conmutación por error, los usuarios experimentan una cantidad mínima de interrupciones del servicio.

Los clústeres de conmutación por error de Microsoft Windows Server 2012 se administran a través de 2 herramientas: un complemento gráfico que se inserta como consola de administración llamado “Administrador de clústeres de conmutación por error” y/o el uso de una ventana de línea de comandos usando las facilidades de Windows PowerShell (cmdlets) de clústeres de conmutación por error. Los recursos compartidos de archivos en clústeres del servidor de archivos se pueden administrar también con las herramientas gráficas nativas que son utilizadas para la operatoria de los Servicios de archivos y almacenamiento.

2.1. Ventajas y desventajas

Ventajas:

La tecnología clúster permite a las organizaciones incrementar su capacidad de procesamiento usando tecnología estándar, tanto en componentes de hardware como de software que pueden adquirirse a un costo relativamente bajo.

Los clústers presentan muchas ventajas, y muchas de las cuales pueden ser más sobresalientes en un tipo de clúster y menos en otro. Estas son:

- Mejora rendimiento:

Un clúster ofrece una mejora en el funcionamiento, ya sea un clúster en que se prima el rendimiento o no. Esto es así, ya que un clúster tiene varios nodos, de manera tal que la carga total del sistema se distribuye entre los mismos, aumentando su rendimiento global. La distribución de la carga estará ligada a la manera en que trabaja el clúster.

- Aumenta la disponibilidad:

La alta disponibilidad es la característica que hace que un sistema tenga una mayor tolerancia al error, donde se prevenga posibles fallas que lo lleven a no estar disponible. Como un clúster tiene una estructura de varios servidores (nodos), si uno de estos presenta un error, otro servidor rápidamente toma su lugar evitando que el sistema global deje de funcionar. Una vez que el nodo que presentó la falla se recupera, el administrador de clústers lo incorpora a la estructura general nuevamente.

- Aumenta la eficiencia

La eficiencia es la capacidad para realizar la mayor cantidad posible de tareas en el menor tiempo, y ésta resulta como una consecuencia de tener un sistema con un rendimiento mejorado y cuya disponibilidad es superior a la de un solo servidor. Al distribuir la carga en los nodos y brindar mayor tolerancia a error, hace que los clientes que se conectan al clúster, trabajen más rápido, pues la carga ahora está distribuida en los nodos y, en caso de alguna falla, el sistema busca subsanar el error mediante otro nodo.

- Escalabilidad

La escalabilidad es la capacidad de un sistema para crecer. Un clúster puede escalar fácilmente, agregándose nodos que cumplan con una serie de configuraciones de redes y software. Aunque en general los clúster son escalables, cuando un clúster está aplicado a operaciones transaccionales (como las bases de datos) su escalabilidad es más compleja.

- Transparencia para el cliente

Cuando un cliente se conecta al servicio que ofrece un clúster, él no sabe si se trata de un servidor unitario o de muchos nodos dentro de un clúster. Se dice que es transparente para él. Asimismo cuando en un clúster se produce alguna falla, en general los clientes no perciben el error, puesto que el administrador de clúster actúa rápidamente para solucionarlo.

Desventajas

Aunque un clúster ofrece una gran variedad de soluciones y, cuyas ventajas están a la vista, no puede evaluarse objetivamente un sistema como éste sin considerar las desventajas que presenta. Las principales son:

- Interrupciones en el servicio de red

Debido a que el clúster está sostenido bajo una topología de red (se verá en detalle más adelante), las fallas que se produzcan en ésta pueden hacer perder la fiabilidad del sistema en sí. Por ejemplo, si hubiera fallas en la red que conecta los nodos con el almacenamiento externo de la SAN, todo el sistema podría caerse. Este tipo de fallas puede resultar sumamente crítica en un clúster.

- Escalabilidad compleja en aplicaciones transaccionales

Cuando un clúster brinda servicios de tipo transaccionales, como las bases de datos, su escalabilidad es más compleja que en otros tipos de servicios. En estos casos no es tan simple como agregar un nodo más al esquema, puesto que no alcanza con las configuraciones básicas que se realizan comúnmente, sino que es necesario realizar configuraciones propias del servicio transaccional en el nodo. Por ejemplo, cuando el clúster ofrece un servicio de motor SQL, es necesario que el nuevo nodo instale una instancia del motor de base de datos de tipo clúster y también se debe establecer acceso a los discos compartidos de la base de datos.

- Mayor conocimiento en la administración

La administración de un clúster requiere una serie de conocimientos propios del tipo de clúster como generales de software, redes y sistemas operativos. Un administrador de clúster debe poseer conocimientos específicos de cómo crear, destruir y reconstruir un clúster, agregar, eliminar o modificar nodos, establecer los servicios que ofrecerá, etc. Inclusive, cada tipo de clúster varía en cuanto al conocimiento necesario en su manejo.

- Seguridad: muchos puntos de vigilancia

Debido a que un clúster está formado por varios nodos, cada uno de esto es un punto a considerar en cuanto a la seguridad del sistema.

2.2. Roles en clúster de conmutación por error

Un clúster de conmutación por error admite varios roles (servicios y características) administrables mediante el “Administrador de clústers”. Los roles más importantes son los siguientes:

- Servidor DHCP
- Coordinador de transacciones distribuidas (DTC)
- Servidor de archivos
- Servicio genérico (Servicio de SQL Server por ejemplo)
- Servidor de Base de Datos
- Agente de réplicas de HyperV
- Servidor de destino iSCSI
- Máquina virtual
- Servidor WINS

En un mismo clúster puede haber varios roles distribuidos entre los nodos que lo conforman.

El clúster de conmutación por error puede configurarse de tal manera que exista un balanceo de cargas. Esto se pre-configura estableciendo de manera equilibrada una distribución de prioridades sobre los nodos del clúster; y también se define cómo actuará el clúster cuando un nodo conmute por error y por recuperación. En la Figura 1 se muestra un clúster con varios roles distribuidos en distintos nodos.

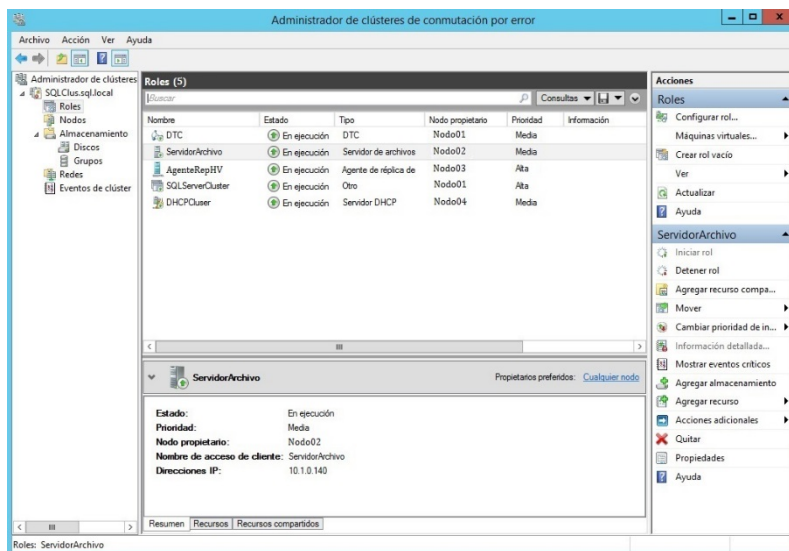


Figura 1. Administrador de clusters de conmutación por error
Desde esta consola se administran los diferentes servicios.

Fuente: Captura pantalla MS Windows Server 2008 R2

2.3. SQL Server y clúster de conmutación por error

SQL Server es un conjunto de objetos eficientemente almacenados. Los objetos donde se almacena la información se denominan tablas, y éstas a su vez están compuestas de filas y columnas. En el centro de SQL Server está el motor de SQL Server, el cual procesa los

comandos de la base de datos. Los procesos se ejecutan dentro del sistema operativo y entienden únicamente de conexiones y de sentencias SQL.

SQL Server ofrece herramientas al combinarse con un clúster de conmutación por error, dando como resultado, un servidor de base de datos más confiable y que funciona en alta disponibilidad. Para que SQL Server trabaje en alta disponibilidad es imprescindible que en los servidores que ofrecerán el servicio en alta disponibilidad, funciones bajo un Clúster de conmutación por error.

De esta manera, SQL Server admite dos formas de trabajo en alta disponibilidad por medio de un clúster de conmutación por error:

2.3.1. Instancias de clúster de conmutación por error (FCI)

Una FCI (*Failover Cluster Instance* o instancia de clúster de conmutación por error) es una instancia de SQL Server que se instala a través de los nodos de Clústeres de conmutación por error de Windows Server y, posiblemente, a través de varias subredes. En la red, una FCI aparece como una instancia de SQL Server que se ejecuta en un equipo individual (nodo principal), pero puede conmutar ante un error entre los demás nodos del clúster (nodos secundarios). En FCI se designa un disco que estará ubicado en una SAN y será compartido por todos los nodos del clúster. Este almacenamiento compartido tendrá las bases de datos y toda la información referente a dicha instancia. El esquema básico se muestra en la Figura 2.

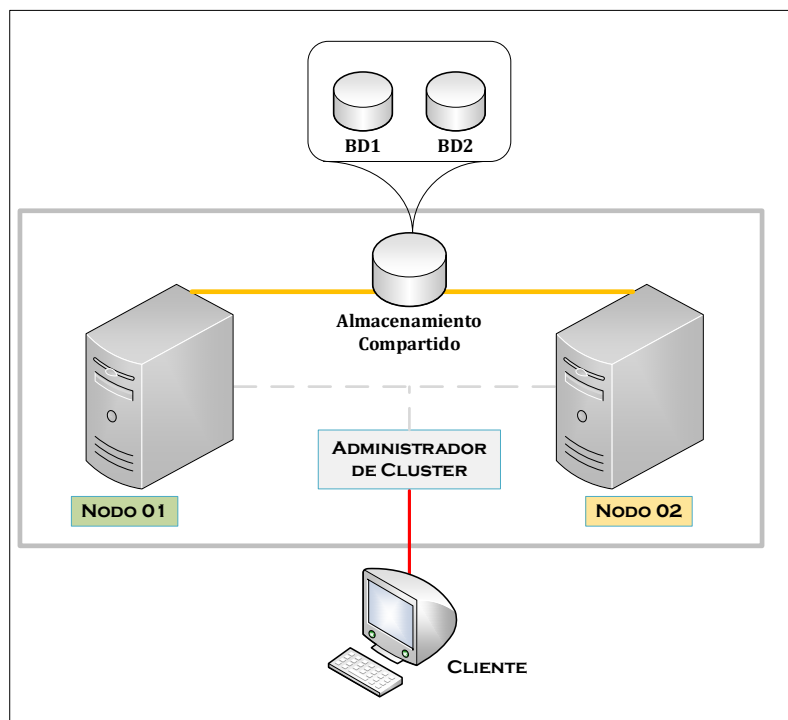


Figura 2: Instancias de Clúster de conmutación por error (FCI)

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Instancias locales con grupos de disponibilidad *Always On* (IGDAO)

Las Instancias con “grupos de disponibilidad *Always On* (IGDAO)” utilizan la funcionalidad de clústeres de conmutación por error de MS Windows Server para proporcionar alta disponibilidad local mediante la redundancia en el nivel de instancias de servidor.

El funcionamiento es sencillo, se crean instancias locales e independientes en cada nodo del clúster, luego se forma un grupo de disponibilidad y se establece un nodo como “maestro”, quien contiene la base de datos (a la cual se quiere brindar alta disponibilidad), y los demás nodos se establecen como “esclavos”, los cuales tienen réplicas de esa base de datos.

Este tipo de esquema no requiere un almacenamiento remoto compartido, puesto que la o las bases de datos se replican desde el nodo maestro a los nodos esclavos. El esquema básico se muestra en la Figura 3.

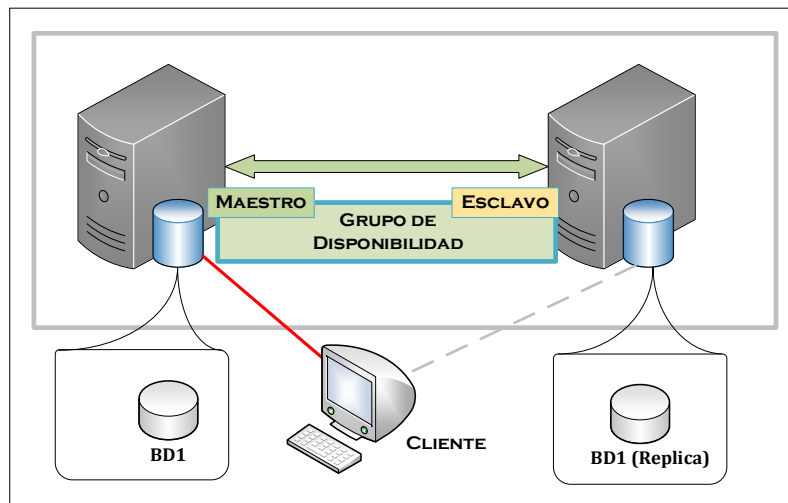


Figura 3: Instancias locales con Grupos de Disponibilidad Always On (IGDAO)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1 se comparan las diferencias y similitudes de las opciones para la implementación de un clúster de conmutación por error con base de datos.

Tabla 1. Similitudes y Diferencias de FCI y GDAO

Instancias FCI	Instancias GDAO
Usa el clúster de conmutación por error.	Usa el clúster de conmutación por error
Protección a nivel de instancia	Protección a nivel de base de datos
Almacenamiento compartido	Almacenamiento “no” compartido
Nodos secundarios “no” pueden leer la base de datos. Un nodo secundario inicia la instancia de SQL Server cuando la propiedad del grupo de recursos se le transfiere durante una conmutación por error	Nodos esclavos “sí” pueden leer la base de datos. Las réplicas secundarias sincrónicas se ejecutan siempre en las instancias respectivas de SQL Server
Permite conmutación por error de servidor, instancia y base de datos	Solo permite conmutación por error de base de datos

Fuente: elaboración propia

2.4. Instancias en grupos de disponibilidad vs instancias de conmutación por error

En el marco de los trabajos de investigación que se desarrollan en el Laboratorio de Redes de Computadoras de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT, los autores del presente trabajo, junto a alumnos de la carrera, implementaron los dos modelos de alta

disponibilidad en SQL Server que fueron descriptos, sobre los cuales se realizaron diversas pruebas, obteniendo como resultado lo expuesto a continuación:

Se simularon fallas de Software, de Hardware y de Redes. Al analizar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con IGDAO y en FCI, se encontraron, según el tipo de falla, algunas diferencias y similitudes en los tiempos de respuestas, como así también el comportamiento del clúster.

De esta manera, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. En todas las simulaciones se observó que, en los nodos que trabajan con GDAO, NO realizan conmutación por recuperación, a diferencia de nodos que trabajan con FCI donde SI realizan la conmutación por recuperación. (La conmutación por recuperación es el proceso en el cual un nodo con mayor prioridad, luego de recuperarse de un error, solicita tener la posesión del servicio en cuestión)
2. Al simular fallas de red se observó que al trabajar FCI demora, en general, menos tiempo en responder que al trabajar con GDAO. (Se midió 16 versus 30 segundos)
3. Al simular fallas de software se observó que al trabajar FCI demora, en general, MENOS tiempo en responder que al trabajar con GDAO. (Se midió 5 versus 15 Segundos)
4. Al simular fallas de software se observó que al trabajar con GDAO, los nodos subyacentes directamente no perciben la caída del servicio, mientras que en FCI los nodos subyacentes si detectan la falla en el nodo de servicio y realizan la conmutación por error. Por esta razón, los nodos GDAO no realizan la conmutación por error y la falla es percibida por los clientes como una caída de la base de datos. Éste error no puede subsanarse automáticamente en GDAO y es necesario una intervención manual del administrador.
5. Al simularse fallas de hardware se observó que los tiempos de respuesta al trabajar con GDAO y FCI son muy similares y no presenta discrepancias en su comportamiento. (se midió en el orden de 5 segundos)
6. Al realizar purgado de roles o movimientos del servicio SQL, tanto GDAO como FCI responden en tiempos similares y se comportan de la misma manera. (El purgado de roles es un proceso en el cual un nodo se pausa intencionalmente y sus servicios se “mueven” a otros nodos activos del clúster).

En general se observa que un clúster que ofrece servicio a FCI se recupera más rápido de un error y las respuestas ante errores se obtienen en tiempos similares, mientras que en un clúster que ofrece servicio a una instancia GDAO se observó que es más inestable, respondiendo en algunas ocasiones rápidamente y en otras demorando un tiempo mayor en la conexión a la base de datos.

En resumen, visto desde una perspectiva de los tiempos de respuesta y comportamiento general ante la conmutación automática en un error, un clúster que ofrece servicio FCI resulta más estable y más confiable que uno que ofrece servicio de GDAO.

3. Conclusiones

Sin lugar a dudas la tecnología ha evolucionado de tal forma que en la actualidad toda organización tiene la necesidad de contar con sistemas informáticos que se encuentren disponibles las 24 horas del día, todos los días del año. Convencidos de la realidad descripta,

hemos avanzado en la investigación de herramientas que puedan potenciar las capacidades del hardware donde se hospedan los sistemas informáticos de forma tal de satisfacer las exigencias de “alta disponibilidad” que nos impone el mercado. La implementación de “clúster de conmutación por error” representa un conjunto de herramientas a nivel de software (debe contarse con la infraestructura de *networking* adecuada), que permite dotar de eficiencia y tolerancia de fallas a todo el sistema, con el objeto de garantizar la continuidad de las prestaciones en un entorno que demanda altos índices de satisfacción al cliente. Si bien es cierto, estas herramientas pueden potenciar las prestaciones de los distintos servicios descriptos, hemos centrado nuestra investigación en los servicios de Base de Datos (en este caso MS SQL Server), puesto que el mismo es necesario implementar en la mayoría de los sistemas informáticos, dado que permite administrar y consultar el gran repositorio de datos que se genera la operatoria diaria de las organizaciones.

El desafío de implementar soluciones de alta disponibilidad puede ser satisfecho configurando la solución propuesta por el servicio de “clúster de conmutación por error”, el cual demostró excelentes tiempos de respuesta luego de ejecutar distintos tipos de simulación de eventos relacionados con las caídas del servicio.

4. Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del Programa de Investigación del Consejo de Investigaciones de la UNT (CIUNT) N° E575 “Métodos de Diseño en Tecnologías de la Información”, a través del proyecto de Investigación “Protocolos de Comunicación: de los sistemas embebidos a Internet - 2^{da} Parte”.

5. Bibliografía

GABILLAUD, J. (2013). SQL Server 2012: SQL, Transact SQL – Diseño y creación de una base de datos. Ediciones: ENI.

TEAM WINDOWS (2012). Introducing Windows Server 2012. Microsoft Press.

SYVERSON, B. & MURACH, J.(2012). Murach’s SQL Server 2012 for Develops. Mike Murach & Associates Inc.

DEWSON, R. (2012). Beginning SQL Server 2012 for Developers Third Edition. Apress.

MICROSOFT, Technet. Sitio Web: <https://msdn.microsoft.com/>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

PREFERENCIAS DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AL MOMENTO DE EMPLEAR EL LABORATORIO REMOTO COMO RECURSO DE APRENDIZAJE

Federico Lerro, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR,
flerro2@yahoo.com

Susana Marchisio, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR,
timbucorreo@gmail.com

Resumen— Este trabajo tiene como objetivo presentar nuevas pruebas y resultados que mejoran y enriquecen el conocimiento de las preferencias y usos de los laboratorios remotos desde el punto de vista del alumnado. Del mismo modo, buscamos conocer las razones dadas por los estudiantes que apoyan esas preferencias. La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, mediante el uso del “Laboratorio Remoto de Física Electrónica de la FCEIA-UNR” y la participación de casi 300 estudiantes de la asignatura Física de los Dispositivos Electrónicos de la carrera Ingeniería Electrónica. El Laboratorio tiene un sistema de acceso seguro propio. Asimismo está integrado con el Sistema de Gestión de Aprendizajes (SGA) de tecnología e-educativa, con Facebook y con Twitter, permitiendo que los estudiantes se conecten, sin necesidad de autenticación adicional, ya sea desde el aula virtual como desde las redes sociales. A los efectos de esta investigación se recurrió al análisis de más de 4000 registros en la base de datos del Sistema de Administración del Laboratorio Remoto, de las opiniones y producciones de los estudiantes, complementando datos cualitativos y cuantitativos.

Palabras clave— *laboratorios remotos, preferencias de los estudiantes, redes sociales.*

1. Introducción

La primera versión del “Laboratorio Remoto de Física Electrónica FCEIA-UNR” (<http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/>) fue desarrollado en 2007 [1]. Desde entonces, ha sido utilizado por estudiantes en cursos regulares en el segundo año de la carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Rosario.

La asignatura, que aborda el estudio de la Física de los dispositivos electrónicos, representa el primer acercamiento de los estudiantes a los temas específicos de la carrera. Se busca con ella que los estudiantes integren los fundamentos científicos y tecnológicos de los dispositivos electrónicos; que no sólo se comprenda la utilidad de los mismos, sino también que el estudiante conozca la forma en que dichos dispositivos se “construyen”, cómo funcionan y cuáles son sus posibilidades de aplicación, las curvas características, estructuras, conceptos, modos de polarización y usos técnicos.

La cátedra ofrece a los estudiantes diversos materiales didácticos que contienen fundamentos teóricos y actividades: módulos escritos, guías de estudio, simulaciones basadas en software java (applets) y otras desarrolladas por el equipo docente, un sistema hipermedia también de desarrollo propio y guías para la realización de trabajos experimentales de laboratorio.

Junto a ello, desde 2007 la cátedra dispone del “Laboratorio Remoto de Física Electrónica” que posibilita la realización de experimentos con una variedad de dispositivos electrónicos: diferentes tipos de diodos (rectificadores, leds, zener), transistores bipolares, de efecto de campo, unijuntura y fototransistores. El laboratorio remoto, en tanto recurso didáctico, se considera una herramienta “al servicio de”, pudiéndolo integrar al dictado en el momento adecuado, en el marco de estrategias de aprendizaje o de evaluación [3].

Si bien se ofrece a los estudiantes la oportunidad de utilizar este laboratorio libremente, desde la cátedra, su empleo se justifica a los fines de facilitar la observación y análisis de dispositivos en clases teóricas e instancias de evaluación, así como para la resolución de problemas, integrado en actividades prácticas obligatorias en dos temas centrales: transistores bipolares y diodos.

En este contexto, podemos decir que el laboratorio remoto se utiliza mayormente como medio para incorporar la observación experimental como parte de la construcción teórica y también, para orientar análisis más profundos acerca del comportamiento de los componentes electrónicos básicos en forma complementaria a la experimentación tradicional [4]. En cualquier caso, el reto es que la inclusión curricular del laboratorio remoto se haga efectiva en el marco de estrategias que agreguen valor a los procesos de aprendizaje cada vez que el estudiante lo requiere, mediante el desarrollo de actividades experimentales, para los cuales, los sistemas de gestión de aprendizaje (SGA) más conocidos resultan limitados [5].

Actualmente el “Laboratorio Remoto de Física Electrónica” es uno de los laboratorios que integra el sistema “Laboratorio Remoto FCEIA-UNR”. El mismo está integrado en una plataforma de tecnología e-ducativa [6], con Facebook y Twitter [7]. Esto permite a los estudiantes conectarse al laboratorio sin ningún sistema de autenticación adicional, tanto desde el aula virtual de la asignatura, como mediante el acceso a las dos redes sociales más utilizadas por ellos.

Por otra parte, el “Laboratorio Remoto FCEIA-UNR” ha sido federado con WebLab-Deusto [8], por lo que los estudiantes pueden acceder también a los laboratorios de la Universidad de Deusto, y otros conectados con ellos. De la misma manera, usuarios de los laboratorios de WebLab-Deusto pueden acceder a cualquiera de los laboratorios remotos del sistema FCEIA-UNR, incluido el que se emplea en la cátedra, sin necesidad de autenticación adicional, desde su propio sistema laboratorio.

Ingresando de un modo o de otro, desde 2007, más de 270 estudiantes han utilizado el “Laboratorio Remoto de Física Electrónica”. Hemos podido reunir evidencia empírica en los registros del sistema de gestión del laboratorio remoto; también hemos recopilado opiniones de usuarios y producciones de los estudiantes. Todo ello nos permite contar hoy con datos cualitativos y cuantitativos que nos permiten abordar un amplio estudio desde la perspectiva de los estudiantes en cuanto a la integración de un recurso como el laboratorio remoto en un contexto curricular específico. Este trabajo tiene como objetivo socializar los resultados que surgen del análisis de esos datos recopilados entre 2007 y 2015. Si bien el laboratorio remoto se sigue empleando en 2016, destacamos que en este último año la asignatura cambia su lugar en el plan de estudios de segundo a tercer año, con el agregado de nuevos trabajos prácticos.

En concreto, este estudio tiene como objetivo reconocer las preferencias de los estudiantes en la selección del laboratorio remoto como recurso de aprendizaje, más allá de los usos

promovidos por el profesor. Del mismo modo, buscamos conocer las razones dadas por los estudiantes que apoyan esas preferencias, así como las valoraciones proporcionadas por ellos, con referencia a los usos promovidos por el profesor

2. Materiales y Métodos

2.1 La Plataforma Laboratorio como Fuente de datos

Cada ensayo realizado, representa un nuevo registro en el sistema de gestión del laboratorio. Específicamente, quedan guardados: nombre de usuario, el método empleado para el inicio de la sesión, fecha y hora de acceso, el circuito elegido y las diferentes opciones de ensayo disponibles en cada circuito (esto es, a modo de ejemplo, si el estudiante solicitó ensayar curva completa o sólo puntos; si solicitó experimentar el dispositivo bajo diferentes temperaturas, entre otras condiciones experimentales posibles).

El número de alumnos que completaron ensayos en este laboratorio remoto en el período considerado fue 266. De la aplicación de análisis estadístico descriptivo, podemos identificar los modos de ingreso / autenticación utilizados con mayor frecuencia; y también, para cada estudiante, qué pruebas llevó a cabo, así como el número de veces que hizo cada experimento, entre otros. Sin embargo, consideramos que los resultados cuantitativos son limitados ya que proporcionan descripciones numéricas que no alcanzan a ilustrar de un modo completo a los fines de comprender las elecciones de los estudiantes. Por lo tanto, para complementar y profundizar el estudio, se hizo uso de datos cualitativos [9]

2.2 La Búsqueda de Información Cualitativa

Una de las fuentes de datos cualitativos considerada para esta investigación es el informe final que el profesor solicita luego de la realización de una actividad con laboratorio remoto. En el mismo, el estudiante, integrando un equipo de trabajo, debe dar cuenta del o de los experimento/s realizado/s, incorporando una descripción detallada del mismo, justificación teórica y experimental, procedimientos, resultados, conclusiones y respuestas a un cuestionario que tiene como objetivo la reflexión sobre lo realizado.

Las unidades del programa de la asignatura que incluyeron actividades con empleo del laboratorio remoto fueron las relacionadas con los temas diodos de unión p-n y transistores bipolares. Los temas fueron presentados a los estudiantes en el aula con el acompañamiento de gráficos, animaciones y applets [10] [11], además de explicaciones teóricas. A continuación, los estudiantes tomaron contacto con el laboratorio remoto. En primer lugar se marcaron las diferencias existentes entre el empleo de un laboratorio real de acceso remoto mediante Internet y el empleo de simulaciones, a las que los estudiantes estaban familiarizados. Se clarificó (tanto para el laboratorio remoto como para las simulaciones), acerca de las características constructivas básicas, la naturaleza de la información accesible en cada caso y la interpretación que hace el usuario de la información proporcionada. Por otra parte, se mostró a los estudiantes la realización de un experimento remoto, frente al equipo, a los fines de que puedan comprobar cómo reacciona el laboratorio frente a las solicitudes del operador, destacando la forma en que un indicador luminoso se enciende al realizarse el ensayo correspondiente. Se explicó por último, cómo funciona el laboratorio, sus recursos, posibles peticiones y capacidad operativa. Después que los estudiantes tuvieron un primer contacto con el laboratorio remoto y una vez finalizada la primera unidad del tema diodos de unión p-n, se propuso a los estudiantes la siguiente actividad:

- Estudiar el comportamiento de las diferentes uniones disponibles en el laboratorio remoto (es decir, diodos rectificadores de silicio y germanio, diodo LED, diodo Zener,

unión emisor-base y unión base-colector de transistores bipolares diferentes), y hacer deducciones acerca de sus características constructivas.

- Obtener todos los parámetros que caracterizan las uniones P-N ensayadas con el laboratorio remoto y explicar los procesos físicos involucrados (en particular, se solicitó a los estudiantes que saquen conclusiones con referencia a cómo se dan en los diferentes dispositivos los procesos de recombinación y difusión afectando numéricamente las relaciones entre ambos).

Como puede observarse, las actividades fueron diseñadas como problemas abiertos, sin orientación precisa sobre los pasos a seguir con el fin de resolverla. La resolución de estos problemas requiere de los estudiantes la toma de decisiones con referencia a qué ensayo y bajo qué condiciones debe ser el mismo llevado a cabo; que puntos de las curvas experimentales son los más interesantes para el análisis requerido, qué conceptos teóricos están involucrados y cuáles son los vínculos entre estos y los resultados experimentales, entre otros.

Los estudiantes debían realizar cada uno de los experimentos de forma individual, pero con el fin de analizar los resultados de los mismos y presentar los resultados fueron alentados a realizar un informe grupal (máximo tres integrantes por grupo). El tiempo otorgado para enviar el informe por escrito al profesor fue de dos semanas luego de comunicado el enunciado de la actividad, en coherencia con el tiempo dedicado al tratamiento del tema en el programa de la asignatura.

Se han reunido 87 informes entre 2008 y 2015. Algunos estudiantes añadieron a los informes una lista de consideraciones evaluativas muy concretas y sugerencias en relación con el sistema laboratorio remoto y sobre su empleo para la realización de cada ensayo.

Una vez que cada grupo de estudiantes aprobó la actividad, se envió a cada estudiante (en forma individual) un cuestionario compuesto por cinco preguntas abiertas. Las mismas estuvieron destinadas a recabar información más precisa haciendo referencia a:

- La potencialidad del laboratorio remoto como un recurso facilitador de su proceso de aprendizaje.
- La funcionalidad técnica del laboratorio remoto;
- El modo en que la cátedra ha propuesto la inclusión curricular del laboratorio remoto (temas en los que se incluyó, actividades, la articulación entre lo realizado con el laboratorio remoto y el laboratorio tradicional y complementariedad entre los distintos recursos didácticos ofrecidos por la cátedra)
- Otros usos (de haber) del laboratorio remoto por los estudiantes, más allá de los propuestos por el profesor.

Para cada respuesta se solicitó una breve explicación. La devolución del cuestionario cumplimentado nunca fue planteada como obligatoria, por lo que no se dispone de igual número de cuestionarios completos que de estudiantes, pudiéndose reunir respuestas de 134 cuestionarios. Finalmente, se llevó a cabo análisis de contenido [9] tanto de los informes de las actividades curriculares como de las respuestas de los cuestionarios.

3. Resultados y Discusión

Desde la perspectiva del análisis cuantitativo, la base de datos de la plataforma laboratorio informa que el número total de ensayos realizados por los estudiantes entre 2007 y 2015 fue 4055. A continuación se describen los resultados que surgen del análisis realizado.

3.1 Modo de autenticación o ingreso más frecuentemente empleado

La Figura 1 muestra el resultado de considerar todos los ensayos experimentales a distancia satisfactoriamente terminados por los estudiantes, por año completo y por sistema de acceso entre 2007 y 2015, a saber: modo de autenticación interna o propia del laboratorio remoto; mediante SGA e-educativa; a través de Facebook; a través de Twitter y mediante autenticación del sistema WebLab-Deusto.

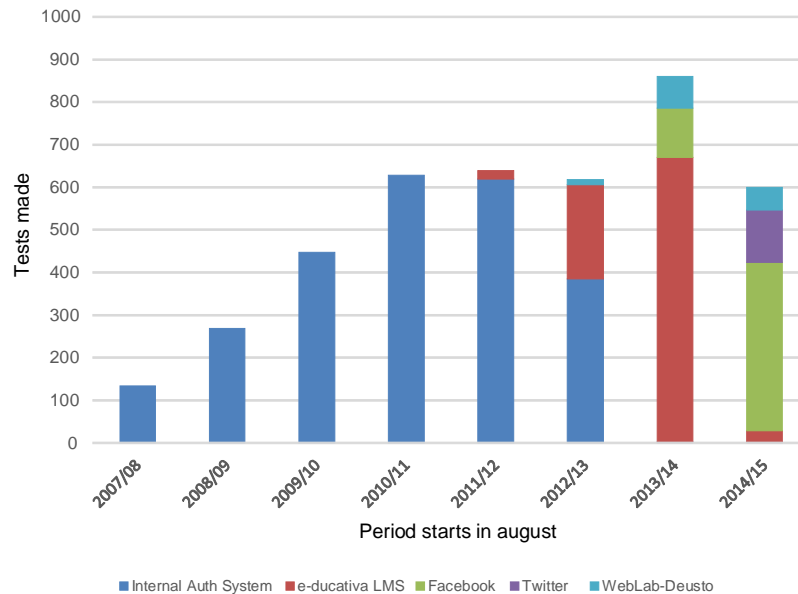


Figura 1. Cantidad de ensayos realizados según año
Fuente: elaboración propia

Puede observarse que entre 2007 y 2012, el 100% de los experimentos corresponden a usuarios cuyo log in al laboratorio remoto fue autenticado por el propio sistema laboratorio. Este primer resultado es obvio; dado que hasta 2012 no hubo otro método para conectarse al mismo. La integración con la plataforma e-educativa se implementó en abril de 2012 y el acceso desde WebLab-Deusto estuvo disponible en noviembre de 2012.

Por otra parte, debemos considerar que la integración del laboratorio remoto con Facebook y Twitter se concretó en setiembre de 2013. Lo que muestra la Figura 1 es que, a partir de ese momento, los ingresos al laboratorio remoto mediante el sistema de autenticación de Twitter o Facebook, ha prevalecido sobre las restantes opciones disponibles, marcando una preferencia de los estudiantes, quienes libremente eligen el modo de acceder.

3.2 El empleo del laboratorio remoto por los estudiantes

La Figura 1 permite observar el crecimiento en el número de ensayos realizados entre 2009 y 2014. Este resultado no se puede explicar por un eventual aumento en el "número de estudiantes" en cada período.

En concreto, la revisión de los datos administrativos de la asignatura revela que entre 2009 y 2014, el número menor de estudiantes fue de 48 en 2009 y el más alto fue 54 en el año 2013. Teniendo en cuenta que en ese período las condiciones de uso propuestas por el equipo docente no han cambiado y que el número de estudiantes no varió significativamente, consideramos que el aumento en el número de ensayos realizados por los estudiantes puede

explicarse en términos de una variedad de otras razones posibles, a saber: mejores condiciones de accesibilidad, mejoras introducidas en el laboratorio remoto, mayor apropiación del laboratorio remoto por los estudiantes, entre otros.

Otro resultado a considerar a partir de la observación de la Figura 1 es la reducción en el número de ensayos en el período 2014 a 2015. Al respecto, cabe aclarar que en 2015 el número de inscriptos se redujo ostensiblemente debido al mencionado cambio en el plan de estudios, que hizo que la asignatura pasara en 2016 a ser dictada en el tercer año de la carrera. De ello resultó que el número de inscriptos en 2015 correspondió al reducido número de estudiantes que no optó por cambiar de plan.

Por otra parte, la información que surge del análisis de la base de datos del sistema laboratorio remoto da cuenta de un mayor número de ensayos remotos realizados durante los segundos semestres de cada año respecto de los primeros. La Figura 2 ilustra este resultado.

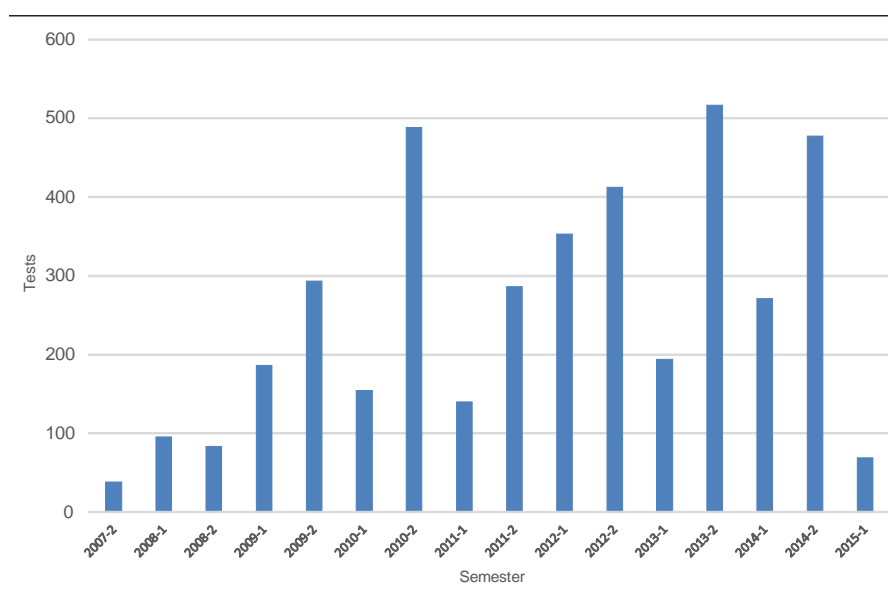


Figura 2. Cantidad de ensayos realizados según semestre

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, y tal como resulta de la observación de la Figura 3, se contabilizaron, a partir de los datos, dos momentos del cursado en el que el laboratorio remoto registra mayor número de ensayos: a) en los últimos meses de cada semestre (junio y diciembre), y b) en los meses que el laboratorio remoto se introdujo a los estudiantes en cada semestre (mayo para el primer semestre y noviembre para el segundo).

Estos resultados ponen de manifiesto, por un lado, que hubo un gran número de estudiantes que esperó hasta la fecha límite de entrega para realizar los ensayos; y, por otro, que los estudiantes han sido curiosos por conocer algo nuevo.

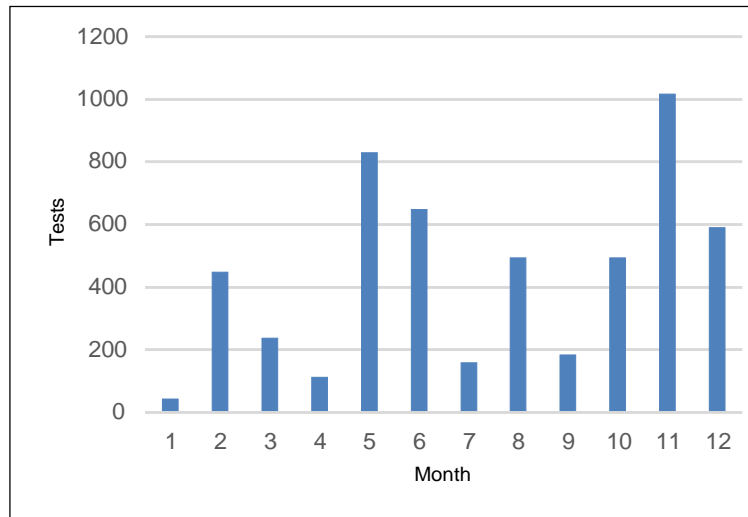


Figura 3. Cantidad de ensayos realizados según mes del año

Fuente: elaboración propia

El laboratorio remoto permite a los estudiantes llevar a cabo 31 experimentos diferentes; pero el número de ensayos necesarios para cumplir estrictamente con los temas diodos y transistores bipolares así como con las actividades que se plantearon de realización obligatoria, es 12. El análisis realizado revela, por una parte, que hay estudiantes que realizaron más de 60 ensayos, cubriendo todos los dispositivos, y por otra, que otros estudiantes sólo hicieron lo necesario para cumplir con las actividades obligatorias.

La figura 4 muestra específicamente cómo se distribuye el número total de ensayos realizados por los estudiantes: 2376 ensayos (59%).corresponde a ensayos que los estudiantes realizaron para resolver las actividades obligatorias y 1679 (41%) a ensayos realizados libremente por los estudiantes.

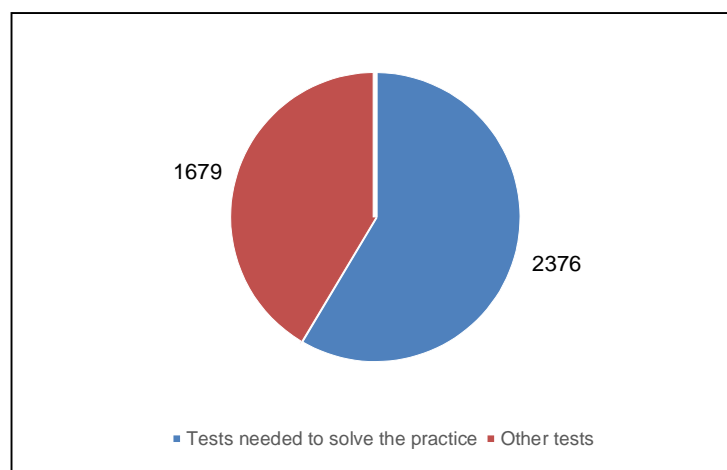


Figura 4. Tipos de ensayos realizados por los estudiantes

Fuente: elaboración propia

Las respuestas a los cuestionarios nos permiten ilustrar y complementar este análisis, y en particular, conocer algunas razones por las que los estudiantes emplearon el laboratorio remoto.

Al respecto, todos los estudiantes que respondieron el cuestionario sostuvieron que están satisfechos con el uso laboratorio remoto; alentando a que la cátedra lo emplee más intensivamente e, incluso hay quienes propusieron mejoras, deseando ser parte del desarrollo de las mismas.

Respecto de las razones esgrimidas por las cuales han hecho uso del mismo los estudiantes expresaron que el laboratorio facilita el análisis de las curvas y, con ello, la comprensión del comportamiento de los dispositivos electrónicos; asimismo manifestaron que el laboratorio remoto les resultó útil, con aseveraciones del tipo:

- *“Se obtienen curvas reales; y se dispone de ellas en cualquier momento, sobre todo cuando surgen las dudas”.*
- *“Se experimenta con el dispositivo concreto, contándose con mayor tiempo para el análisis que en las clases de laboratorio tradicional”.*

Con referencia al número de ensayos realizados, hubo estudiantes que sostuvieron que, en algún caso, hicieron varias pruebas con el mismo dispositivo con el fin de estudiar el comportamiento de algunos puntos de las curvas que les parecieron atípicos. También se expresó que les interesó ensayar y analizar otros dispositivos disponibles en el laboratorio, aún aquellos que no estaban involucrados en las actividades solicitadas por el profesor, al momento de estudiar para los exámenes.

4. Conclusiones

Desde 2007 se han llevado a cabo evaluaciones consecutivas de la utilización curricular de este laboratorio remoto. En breve síntesis, es posible afirmar que el laboratorio remoto ha proporcionado la oportunidad de explorar en contextos reales nuevas metodologías de enseñanza que hacen uso de esta tecnología.

Luego de emplear el laboratorio remoto en estos 8 años con estudiantes, esa cantidad y variedad de datos obtenidos ha posibilitado realizar nuevos análisis. Así, en este artículo se han mostrado evidencias y hallazgos que mejoran y enriquecen el conocimiento de las preferencias y usos de los laboratorios remotos desde el punto de vista de los estudiantes.

El análisis de los datos recogidos en el servidor del laboratorio muestra que si se le da a los estudiantes un sistema de autenticación que estén acostumbrados a utilizar, lo preferirán por sobre cualquier otro. Los estudiantes han preferido realizar el log in desde las mismas redes sociales que suelen utilizar para fines sociales, por encima de los habituales sistemas de gestión de aprendizajes. Dicen que es más sencillo para ellos.

Por otra parte, reflexionando sobre lo que los estudiantes han realizado con el laboratorio remoto, es posible afirmar que su empleo complementando los laboratorios tradicionales, facilita análisis y añade oportunidades de aprendizaje. En este contexto, consideramos clave el diseño de actividades de aprendizaje, que impliquen el desarrollo de procesos cognitivos propios de una formación científico-tecnológica relevante. Haciendo uso del laboratorio remoto los estudiantes han hecho hipótesis, analizado variables, tomado decisiones con autonomía planificando y eligiendo, mientras desarrollaron la actividad experimental. Han construido e integrado conocimientos y puesto en práctica la reflexión a partir del análisis de situaciones experimentales concretas, han comunicado los resultados de sus ensayos y han escrito informes argumentando y discutiendo con solvencia lo obtenido.

5. Referencias

- [1] LERRO, F., & PROTANO, M. (2007). Web-based Remote Semiconductors Devices Testing Laboratory. *International Journal of Online Engineering*, 3(3), 1-4. En <http://online-journals.org/i-joe/article/view/432>
- [2] LERRO, F.; MARCHISIO, S.; PLANO, M.; PROTANO, M.; VON PAMEL, O. (2008) A remote lab like a didactic resource in the teaching of the physics of electronic devices. *Proceedings 11th International Conference on Interactive Computer aided Learning*; September 24 – 26, 2008. Villach.
- [3] LERRO, F.; MARCHISIO, S.; MERENDINO, C. (2016). Innovando prácticas de enseñanza y de evaluación de aprendizajes con empleo de laboratorio remoto. *XII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica*. Sevilla, España. 22 al 24 de junio de 2016
- [4] LERRO, F., MARCHISIO, S., PERRETTA E., PLANO, M., PROTANO, M. Using the Remote Lab of Electronics Physics (“Laboratorio Remoto de Física Electrónica”) to Support Teaching and Learning (2012) pp.211 -230, in GARCÍA ZUBÍA, J Y ALVES, G. (comp.) *Using Remote Labs in Education*. Universidad de Deusto. En <http://www.deusto-publicaciones.es/index.php/main/libro/913>
- [5] GARCIA-ZUBIA, J., HERNANDEZ, U., ANGULO, I., ORDUÑA, P., & IRURZUN, J. (2009). Acceptance, usability and usefulness of weblab-deusto from the students point of view. *International Journal of Online Engineering*, 5. En <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v5i1.817>
- [6] F. LERRO, S. MARCHISIO, S. MARTINI, H. MASSACESI, E. PERRETTA, A. GIMÉNEZ, N. AIMETTI Y J. OSHIRO. Performing Real Experiments from a Remote Learning Management System. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. February 2014. Volume: 9 Issue: 1. pp: 1-5. Digital Object Identifier: 10.1109/RITA.2014.2302052.
- [7] LERRO, F., ORDUÑA, P., MARCHISIO, S., GARCÍA-ZUBÍA; J. (2013). Development of a Remote Laboratory Management System and Integration with Social Networks. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)* Vol 2, No 3, pp33-37. En: <http://online-journals.org/index.php/i-jes/article/view/3821>
- [8] ORDUÑA, P.; LERRO, F.; BAILEY, P.; MARCHISIO, S.; DE LONG, K.; PERRETTA, E.; DZIABENKO, O.; ANGULO, I.; LOPEZ-DE-IPINA, D.; GARCIA-ZUBIA, J., (2013). Exploring complex remote laboratory ecosystems through interoperable federation chains, *Global Engineering Education Conference. IEEE EDUCON 2013*. pp.1200-1208. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6530259&isnumber=6530074>
- [9] BOGDAN, R.; BIKLEN, S. (1998) *Qualitative Research in Education. An Introduction to Theory and Methods*. ERIC
- [10] WIE, C.R., (1998a). *The Semiconductor Applet Service*. <http://jas.eng.buffalo.edu/>
- [11] WIE, C.R., (1998b). Educational Java Applets in Solid State Materials en *IEEE Transactions on Education* 41(4), 354-354. http://jas.eng.buffalo.edu/artcls/ieee/Educational_Java_Applets_in_Solid_State_Materials_IEEE-TE41.p.354%281998%29.pdf



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE SOFTWARE DIRIGIDO POR MODELOS EN ENTORNOS ÁGILES

Verónica Andrea Bollati, CONICET - UTN, vbollati@gmail.com

Silvio Gonnet, INGAR (CONICET – UTN), sgonnet@santafe-conicet.gov.ar

Liliana Cuenca Pletsch, UTN, cplr@fre.utn.edu.ar

Horacio Leone, INGAR (CONICET – UTN), hleone@santafe-conicet.gov.ar

Resumen— Las prácticas de desarrollo ágil se han consolidado como un estándar de la industria en los últimos años. Su piedra fundamental fue plantada por profesionales, que en 2001, realizaron un manifiesto donde propusieron cuatro valores y doce principios. Usando como base dicho manifiesto surgieron distintas iniciativas como: eXtreme Programming, Crystal Family, o Scrum y algunas más actuales como Integración y Entrega Continua, DevOps, Managment 3.0 o Lean.

Actualmente existen reportes de la industria que demuestran una creciente adopción de estas prácticas en equipos de diverso tamaño y características. Sin embargo, muchas de estas técnicas no tienen definido completamente sus procesos y mucho menos existen herramientas que brinden soporte a dichos procesos.

Proponemos aplicar las técnicas de la Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE) al modelado de dichos procesos y a la posterior construcción de herramientas que los soporten. Para ello se plantea, aplicando MDE, definir un marco para soportar el modelado de los procesos ágiles, definiendo nuevos DSL, editores, transformaciones y generando modelos de trazas. Para la validación, además de las herramientas de desarrollo, se llevarán a cabo casos de estudio reales en colaboración con empresas del medio e internacionales.

En este trabajo se presenta, el problema a resolver, la metodología a seguir y los principales resultados de la investigación hasta este momento.

Palabras clave— *Prácticas Ágiles, Ingeniería Dirigida por Modelos, SCRUM, Integración Continua, Entrega Continua, Lean, Managment 3.0.*

1. Introducción

La Ingeniería Dirigida por Modelos (*Model Driven Engineering*, MDE) es un paradigma de desarrollo software cuyas principales características son: potenciar el papel de los modelos y las actividades de modelado en las diferentes etapas del proceso de desarrollo y aumentar el

nivel de automatización, mediante la construcción de herramientas de soporte, en cualquier actividad relacionada con el desarrollo [1],[2].

En realidad, el nacimiento de este paradigma a finales del 2000, constituyó un nuevo paso en la tendencia histórica a elevar el nivel de abstracción al que se concibe y desarrolla el software: los lenguajes de ensamblador dieron lugar a la programación estructurada que dio paso a la orientación a objetos, etc.

Esta idea se plasma en el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (*Model-Driven Software Development*, MDSD) [3], una de las formas más adoptadas de poner en práctica los principios de la MDE, con el objetivo final de producir software. Además, bajo la premisa de que todo es un modelo [4], MDE ha comenzado a tener una influencia directa sobre otras disciplinas de Ingeniería del Software, como la Orientación a Servicios [5] o Web Engineering [6], la domótica [7] o la ingeniería de rendimiento [8].

En los últimos años, han ido ganando protagonismos los métodos de desarrollo ágil, o prácticas ágiles, que surgieron inicialmente como reacción de la comunidad a las metodologías pesadas que tradicionalmente han dominado el mundo de la Ingeniería de Software. La piedra fundamental de esta corriente fue plantada por un grupo de profesionales, que en 2001, decidieron realizar un manifiesto (llamado Manifiesto Ágil) en cual propusieron cuatro valores y doce principios [9]. Estos principios y valores, a primera vista radicales, fueron recibidos con aceptación por parte de la comunidad de desarrolladores y con cierto escepticismo por parte de la comunidad académica. Usando como base dicho manifiesto se propusieron distintas iniciativas. Dentro de las más antiguas y difundidas se pueden citar: *eXtreme Programming* [10], [11] propuesta originalmente por Kent Beck, la familia de metodologías *Crystal Family* [12], [13] propuesta por Alistair Cockburn, o *Scrum* [14] propuesto por Ken Schwaber y Jeff Sutherland y otras que han cobrado mucha relevancia en la actualidad como: Integración Continua [15], que propone organizar el equipo de desarrollo en torno a herramientas que permitan integrar y generar versiones de software de manera continua; Entrega Continua [16], que se basa en la anterior y que permite al equipo comercial disponer de versiones listas para ser desplegadas en producción en cualquier momento; *DevOps* [17], que aboga por disminuir la brecha existente entre los equipos de desarrollo y de operaciones en las organizaciones; *Management 3.0* [18], [19], [20], que propone una serie de prácticas para motivar y liderar equipos de desarrollo de software o *Lean* [21], que propone la eliminación del proceso de creación de software de todos aquellos procesos que no generen valor para el cliente.

Más allá de las discusiones suscitadas originalmente por este cambio radical en el modo de gestionar proyectos de desarrollo de software, existen reportes de la industria que demuestran una creciente adopción de estas prácticas y metodologías en equipos de diverso tamaño y características [22]. Es por ello que a día de hoy es necesario conducir esfuerzos de investigación que permitan realizar una mejor utilización de ellas.

Sin embargo, actualmente muchas de éstas técnicas no tienen definido completamente los procesos y mucho menos existen herramientas que brinden soporte a los procesos propuestos.

Por ello como parte del trabajo que aquí se presenta, se plantea aplicar las técnicas de MDE al modelado de dichos procesos y a la posterior construcción de herramientas que los soportan.

El resto del artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se presenta el método de investigación que se seguirá para llevar a cabo la propuesta. La sección 3 detalla la propuesta a realizar, en la sección 4 se enumeran los resultados esperados. Por último, en la sección 5, se describen las principales conclusiones.

2. Método de Investigación

El método a utilizar se basa en una adaptación del método denominado *Investigación en Acción*. Éste es un método cualitativo utilizado para validar los trabajos de investigación mediante su aplicación a proyectos reales. En la Conferencia sobre Procesamiento de Información de 1998 se celebró la aceptación de métodos cualitativos como métodos de investigación apropiados para el campo de los sistemas de información [23], y han merecido la atención de la revista *IEEE Transactions on Software Engineering* en su número especial sobre Ingeniería del Software Empírica [24].

De un modo muy resumido, la Investigación en Acción consiste en un proceso que se basa en la aplicación, en un proyecto real, de los resultados de investigación paralelamente al propio proceso de investigación. De este modo, el proyecto real permite detectar problemas no resueltos y los investigadores pueden proponer resultados cuya validez puede comprobarse mediante su aplicación a este mismo proyecto. El proceso definido por Investigación en Acción no es un proceso lineal, sino que va avanzando mediante la compleción de ciclos. Al comenzar cada ciclo se ponen en marcha nuevas ideas, que son puestas en práctica y comprobadas hasta el inicio del siguiente ciclo [25], tal como se muestra en la Figura 1. Este proceso cíclico, en el que iremos probando y refinando cada uno de los resultados obtenidos será nuestro modo de validación.

Según Wadsworth [25], en *Investigación en Acción* existen cuatro tipos de participantes, que pueden coincidir en algunas ocasiones. Estos participantes, en el proyecto que se presentan serán:

- El **investigador**, que es aquel que impulsa como sujeto el proceso investigador. En este caso, los investigadores son los miembros del grupo de investigación en el contexto del proyecto PIP-112-201101-00906.
- El **objeto investigado**, que es el problema a resolver. En nuestro caso: la aplicación de técnicas y herramientas de Ingeniería Dirigida por Modelos a procesos de las técnicas de desarrollo ágiles de Ingeniería de Software.
- **Aquél para quien se investiga**, en el sentido del que tiene un **problema que necesita ser resuelto y que participa en el proceso investigador**. La investigación planteada trata de resolver un problema que afecta directamente a la comunidad de desarrolladores de software y concretamente de sistemas de información. En este trabajo, se contará, inicialmente, con la Empresa Essentit, que proporcionará casos de estudios reales sobre los que se podrán probar los avances realizados. Durante la ejecución de este trabajo se tratará de ampliar el universo de empresas y para ello se

ha iniciado gestiones con el Polo IT Chaco con el fin de realizar transferencia tecnológica a sus socios.

- **Aquél para quien se investiga**, en el sentido que puede **beneficiarse del resultado de la investigación**, aunque no participe directamente en el proceso. Serían, tanto los usuarios informáticos que pudieran beneficiarse de la utilización de las soluciones propuestas, como los usuarios de las aplicaciones desarrolladas como casos de estudio.

Pero además de este método, que permitirá abordar las principales problemáticas del proyecto, así como la validación de los principales resultados del mismo, a lo largo de su realización necesitaremos aplicar otro tipo de métodos específicos para resolver y validar problemas concretos. Así, por ejemplo, la validación de los procesos y herramientas relacionadas con el *Management 3.0* muy probablemente deberá apoyarse en otros métodos cualitativos que permitan valorar también factores humanos (por ejemplo, entrevistas).

Este es sólo un ejemplo de problemas que requerirán métodos de validación concretos, pero nos encontraremos con otro tipo de cuestiones como son la validación de los modelos, la validación de las transformaciones entre modelos, etc. Cada uno de estos problemas requerirá de un tipo de validación y de métodos específicos (validación formal o empírica).

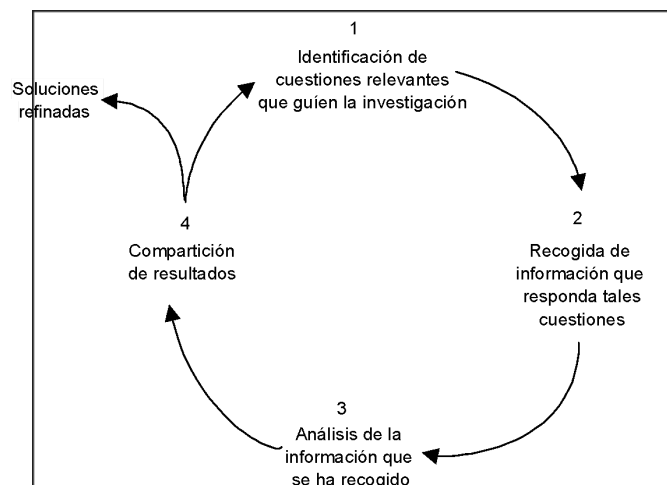


Figura. 1. Proceso cíclico de Investigación en Acción

Por otro lado, es importante mencionar el método que se utilizará para realizar el análisis del estado del arte de cada una de las técnicas y prácticas ágiles a investigar, para esto realizará una revisión sistemática, siguiendo el método propuesto por Kitchenham [26]. Este método sirve para identificar, evaluar e interpretar toda la información relativa a un tema de investigación en particular, de un modo sistemático y replicable. Surge de la investigación en el campo de la medicina, por lo que, según sus autores [26], se ha convertido en una metodología confiable, rigurosa y auditable.

La aplicación de las revisiones sistemáticas en el ámbito de la Ingeniería de Software permite dar un valor científico a la revisión de la literatura que se hace, definir una estrategia de búsqueda de la literatura a evaluar y obtener finalmente hipótesis a favor o en contra de dicha literatura. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se ha tomado como

referencia la adaptación del método de revisiones sistemáticas para Ingeniería de Software presentado por Biolchini et. al. en [27]. En este trabajo se propone una nueva aproximación, en la cual el proceso de las revisiones sistemáticas está compuesto por cuatro grandes fases: planificación, ejecución, análisis de los resultados y resguardo de los resultados obtenidos (Figura 2).

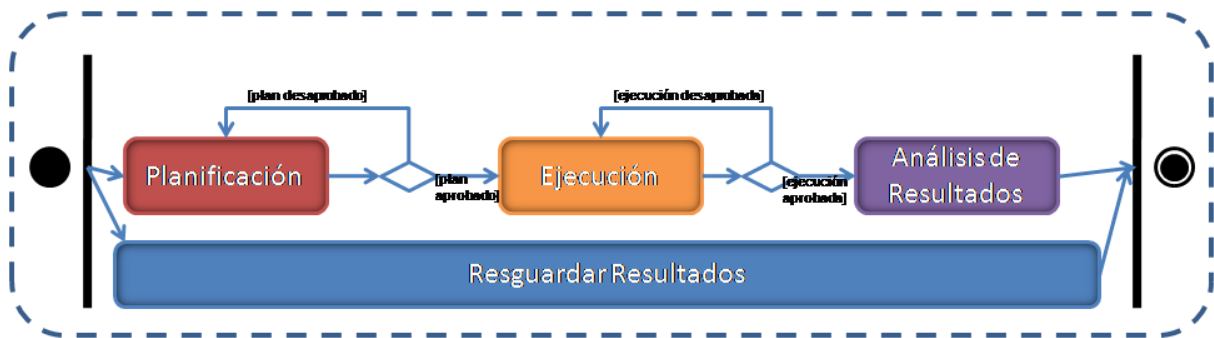


Figura 2. Proceso de Método de Revisiones Sistemáticas

En la fase de **planificación** se debe establecer claramente el objetivo de la investigación y definir el protocolo de revisión a utilizar. Es decir, definir un protocolo para cada objeto a ser investigado, estableciendo el método que será utilizado a lo largo de la realización de la revisión. Además se deben identificar los criterios de inclusión y exclusión que se seguirán para determinar las fuentes de investigación y los estudios (o documentos) a seleccionar.

En la fase de **ejecución** se lleva a cabo lo planificado en la etapa anterior, por lo que en primer lugar, se debe determinar el conjunto de estudios a evaluar. Estos estudios se seleccionan a través de la evaluación, para cada uno de ellos, de los criterios de inclusión y exclusión determinados anteriormente.

En la fase de **análisis de resultados** se debe sintetizar y evaluar la información extraída de cada estudio.

Por último, se debe mencionar que la fase de **resguardo de resultados** se realiza durante todo el proceso de la revisión sistemática, ya que a medida que se ejecutan cada una de las fases, el resultado de las mismas debe ser almacenado.

Para la realización de esta actividad se planea realizar una revisión sistemática por cada uno de las técnicas ágiles que se analizarán. De esta manera acotaremos el objeto de estudio de cada una de las revisiones, permitiendo hacer un análisis exhaustivo del material encontrado.

3. Un enfoque MDE para el modelado de procesos ágiles

Durante los últimos años, el impacto de MDE ha logrado la atención de la comunidad de Ingeniería del Software, lo que ocasionó el surgimiento de numerosas propuestas metodológicas basadas en MDE. Como lo hemos mencionado previamente, una de las que más adeptos tiene es el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (DSDM) [28], que consiste básicamente en la aplicación de los principios de MDE a problemas de Ingeniería del Software. El punto de partida es una especificación del sistema lo más completa y precisa

posible recogida en uno o varios modelos de alto nivel. Estos modelos son sucesivamente refinados en modelos de más bajo nivel que mapean los conceptos y abstracciones recogidos en la especificación a elementos y componentes de la plataforma tecnológica de destino. Finalmente, el nivel de detalle de estos modelos de bajo nivel permite generar de forma automática el código fuente del sistema (y no sólo un esqueleto como sucedía tradicionalmente). Estos refinamientos sucesivos se implementan por medio de transformaciones de modelos.

Así, tal y como muestra la Figura 3, una vez elaborada la especificación de partida, el resto del proceso de desarrollo puede verse como un conjunto de pasos en los que uno o más modelos son tomados como entrada para generar uno o más modelos de salida.

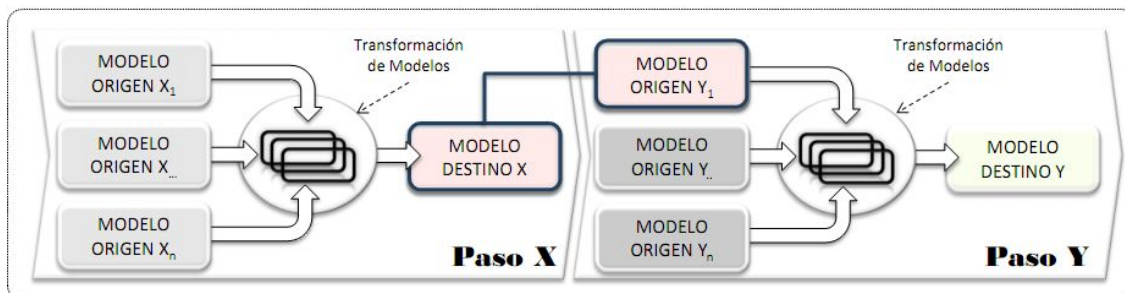


Figura 3. Vista simplificada de un proceso de desarrollo dirigido por modelos

En los pasos subsiguientes los modelos generados serían utilizados como entradas y así sucesivamente hasta que se obtiene el código que implementa el sistema. Nótese que en realidad el propio código no es más que otro modelo, pero éste con un menor nivel de abstracción, sólo el suficiente para ocultar los detalles del sistema operativo subyacente. Por todo ello, es evidente que las transformaciones de modelos son la pieza clave en cualquier propuesta de desarrollo que siga los principios de MDE.

La única forma de hacer realidad los teóricos beneficios de MDE pasa por elevar el nivel de automatización [29], lo que ha dado lugar a la aparición de un elevado número de herramientas que brindan soporte a algunas de las tareas relacionadas con MDE. Por ejemplo, como MDE se basa en el uso de modelos, se pueden encontrar herramientas para definir y utilizar nuevos lenguajes de modelado, como ATOM³ [30], las *DSL Tools* de Microsoft [31] (reformuladas como *Visualization and Modeling Feature Pack for Visual Studio*) o el *Eclipse Modelling Framework* (EMF) [32]; para poder conectar dichos modelos existen varios lenguajes de transformación, como ATL (*Atlas Transformation Language*) [33], ETL (*Epsilon transformation Language*) [34], o los diferentes intentos por implementar el estándar QVT (*Query View Transformation*) [35]; para traducir estos modelos a código existen herramientas como Acceleo o XPand, incluso comienzan a aparecer herramientas para dar soporte a tareas más avanzadas, como los lenguajes TCS [36] y Gra2MoL [37] para la extracción de modelos.

Sin embargo, en muchos casos, aplicar los principios de MDE implica el desarrollo de nuevos lenguajes de modelado, normalmente como Lenguajes Específicos de Dominio,

(*Domain Specific Languages*, DSL) [38] y la generación de herramientas para trabajar con esos DSLs: editores, transformaciones, generadores de código, etc.

Siguiendo esta línea, en este trabajo se pretende aplicar los principios de MDE al modelado de los procesos propuestos en las técnicas de desarrollo de software ágiles como: Integración Continua, Entrega Continua, Managment 3.0, DevOps, Lean y, a partir de dichos modelos, construir herramientas que soporten los procesos, para esto será necesario definir nuevos DSL, editores, transformaciones y generar modelos de trazas.

Para poder aplicar los principios de MDE al modelados de los procesos propuestos en las diferentes técnicas de desarrollo de software ágiles se propone una serie de pasos a realizar (Figura 4):

1. En primer lugar se realizará un **análisis** de cada una de las técnicas, con el objetivo de identificar el conjunto de procesos que la componen.
2. Luego, a partir de esta identificación se aplicarán las técnicas del MDE con el objetivo de modelizar cada uno de estos procesos. Para esto, se **especificará un DSL** para el modelado de cada uno de los procesos, centrado en la descripción de su interfaz e independiente de la tecnología concreta con la que se implementen.
3. A continuación, se **construirá un entorno de trabajo** que soporte dicho DSL y que integrará editores de modelos y validadores. Se implementarán una serie de transformaciones, que permitirán la generación de modelos que podrán ser luego procesados también usando técnicas de MDE.
4. Por último, se realizará la **validación de los modelos y herramientas** desarrolladas por medio del desarrollo de un caso de estudio real en colaboración con las empresas que se utilicen para relevar los mismos. La validación, al igual que en las actividades anteriores, se realizará mediante un proceso iterativo con retroalimentación continua entre los resultados de investigación y el desarrollo de la herramienta de soporte y del caso de estudio.

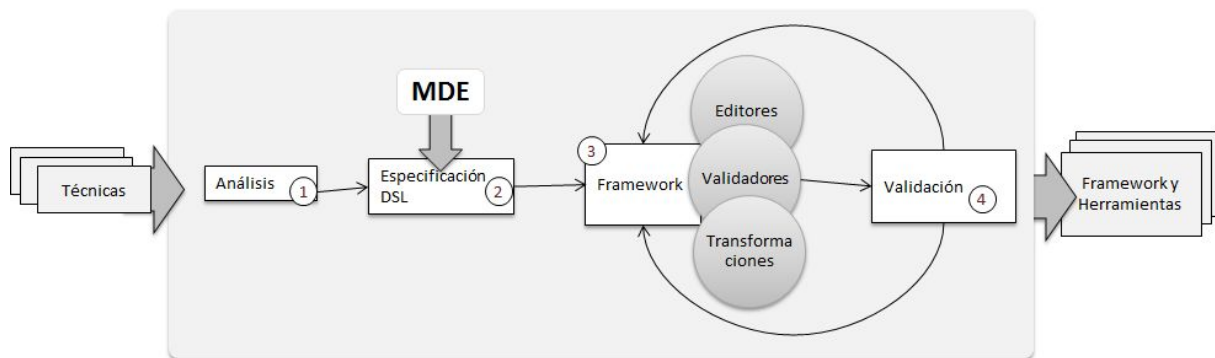


Figura 4. Vista simplificada del proceso de construcción de las herramientas

Uno de los principales problemas detectados a priori, es que la mayoría de las empresas de la región que comienzan a incursionar en el desarrollo de software ágil tienen problemas a la hora de tratar de implantar las diferentes prácticas propuestas. Desde este punto de vista, el trabajo que se presenta, busca facilitar, mediante la definición de modelos y herramientas, la adopción de las diferentes prácticas en el día a día de las empresas de desarrollo de la región haciendo más eficiente la gestión de sus proyectos de software. Para esto, de manera paralela al análisis de cada una de las técnicas y el posterior modelado de los procesos se llevará a

cabo un estudio del estado de la práctica en las empresas de la región, para poder determinar posibles puntos de mejora de las prácticas y técnicas que utilizan.

4. Resultados esperados

El principal resultado de este trabajo es un entorno para el desarrollo de software siguiendo las prácticas ágiles.

Este resultado aportará a la Ingeniería del Software como campo de conocimiento orientado al desarrollo de metodologías y herramientas tendientes a la utilización de procesos ingenieriles que atiendan la particularidad del software como producto intelectual.

En particular busca aportar a un área más específica como es el desarrollo de software mediante técnicas y prácticas ágiles, mediante la definición de modelos y herramientas que faciliten la adopción de las diferentes prácticas en el día a día de las empresas de desarrollo de la región haciendo más eficiente la gestión de proyectos de software y mejorando la productividad de sus equipos de desarrollo, lo que permitirá aumentar la competitividad de dichas empresas.

Para promover la adopción de los resultados por parte de las empresas de desarrollo de la región se propone realizar capacitación a los directivos y personal de las mismas, mostrar demos de los productos, realizar trabajo in situ en algunas empresas para modelar los procesos y desarrollar las herramientas en forma conjunta.

5. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se presenta el plan de trabajo para la construcción de un entorno, aplicando los principios de MDE, para el desarrollo de software siguiendo las prácticas ágiles.

Como hemos dicho previamente, MDE es una tendencia reciente en la Ingeniería de Software cuyos principios principales son para mejorar la función de los modelos y aumentar el nivel de automatización en cualquier etapa del proceso de desarrollo [39]. La idea principal de MDE es la de considerar a los modelos como entidades de primera clase, al igual que las clases son el bloque de construcción básico en la programación orientada a objetos, o los componentes de software son la unidad básica en Ingeniería de Software basado en componentes. De hecho, MDE es un paso natural en la tendencia histórica de la Ingeniería de Software para elevar el nivel de abstracción en el que el software está diseñado y desarrollado.

Por otro lado, en los últimos años, han ido ganando protagonismos los métodos de desarrollo ágil y han surgido distintas iniciativas que ponen en práctica sus principios. Sin embargo, actualmente muchas de éstas técnicas no tienen definido completamente los procesos y mucho menos existen herramientas que brinden soporte a los procesos propuestos. Por ello, en este trabajo se plantea aplicar las técnicas de MDE al modelado de dichos procesos y a la posterior construcción de herramientas que los soportan, para esto será necesario definir nuevos DSL, editores, transformaciones y generar modelos de trazas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en forma conjunta por CONICET y la Universidad Tecnológica Nacional. Se agradece el apoyo brindado por estas instituciones.

6. Referencias

- [1].Bézivin, J. (2004). In search of a Basic Principle for Model Driven Engineering. *Novatica/Upgrade*, V(2), 21-24.
- [2].Schmidt, D.C. (2006) Model-Driven Engineering. *IEEE Computer* 39, 2 (2006) 25–31.
- [3].Stahl, T., Volter, M., & Czarnecki, K. (2006). *Model-Driven Software Development: Technology, Engineering, Management*. John Wiley & Sons.
- [4].Bezivin, J. (2004). In search of a Basic Principle for Model Driven Engineering. *Novatica/Upgrade*, V(2), 21-24.
- [5].Bell, M. *Service-Oriented Modeling (SOA): Service Analysis, Design, and Architecture*. Wiley, Hoboken, NJ, USA (2008).
- [6].Koch, N., Meli, S., Moreno, N., Pelechano, V., Snchez, F. and Vara, J.M. Model-Driven Web Engineering, *UPGRADE*, 9(2). Pp.40-45.
- [7].Jimenez, M., Rosique, F., Sanchez, P., Alvarez, B., and Iborra, A. (2009). Habitation: A Domain-Specific Language for Home Automation. *IEEE Software*, 26(4). 30-38.
- [8].Boonma, P. and Suzuki, J. 2010. Moppet: A Model-Driven Performance Engineering Framework for Wireless Sensor Networks. *Computer Journal*, 53(10), 1674-1690.
- [9].Manifesto for Agile Software Development, Accesible en: www.agilemanifesto.org, Utah (2001)
- [10]. Extreme Programming <http://www.extremeprogramming.org/>
- [11]. Beck, K. (1999). *Extreme programming explained: Embrace change*. USA. Addison-Wesley Professional.
- [12]. Alistair Cockburn; "Crystal Clear, A Human-Powered Methodology for Small Teams"; October 2004, Addison-Wesley Professional, ISBN 0-201-69947-8
- [13]. Cockburn, A.: *Agile Software Development: The Cooperative Game*, Addison-Wesley Professional (2006)
- [14]. Sutherland, J., Schwaber, K., "SCRUM Development Process; Business Object Design and Implementation". 10th Annual Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications Addendum to the Proceedings. ACM/SIGPLAN October, 1995
- [15]. Duvall, P. M. (2006). *Continuous integration: Improving software quality and reducing risk* Addison-Wesley.
- [16]. Humble, J., & Farley, D. (2010). *Continuous delivery: Reliable software releases through build, test, and deployment automation* Addison-Wesley.
- [17]. Debois, Patrick (2009). "DevOps Days Ghent". *DevopsDays*. Retrieved 31 March 2011.
- [18]. Appelo, J. *Management 3.0, Leanding Agile Developers, Developing Agile Leaders*. ISBN: 13:978-0-321-71247-9. (2011).
- [19]. DeMarco, T., Lister, T. *Peopleware. Productive Projects and Teams*. 3º Ed. ISBN: 13:978-0-321-93411-6 (2013).
- [20]. Fitzpatrick, B., Collins-Sussman, B. *Team Geek*. 1º Ed. ISBN: 13-978-144-930244-3. (2012).

- [21]. Poppendieck, M., Poppendieck, T. *Lean Software Development: An Agile Toolkit* Addison-Wesley Professional (2003).
- [22]. Agile Project Success Rates Survey Results, 2010; <http://www.ambysoft.com/surveys/agileSuccess2010.html>
- [23]. Avison, D., Lan, F., Myers, M. and Nielsen, A. (1999). Action Research. Communications of the ACM.
- [24]. Seaman, C.B. (1999). Qualitative Methods in Empirical Studies of Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 25, 4, pp. 557-572.
- [25]. Wadsworth, Y. (1998). What is Participatory Action Research? Action Research International. Accedido el 15/1/2001 en: <http://www.scu.edu.au/schools/sawd/ari/ari-wadsworth.html>.
- [26]. Kitchenham, B. *Procedures for Performing Systematics Reviews*. Keele University Technical Report TR/SE-0401. ISSN:1353-7776. NICTA Technical Report 0400011T.1. July, 2004
- [27]. Biolchini, J., Gomes Mian, P., Cruz Natali, A.C., Horta Travasso, G. *Systematic Review in Software Engineering*. Technical Report ES 679/05. May, 2005.
- [28]. Stahl, M. Volter, and K. Czarnecki, *Model-Driven Software Development: Technology, Engineering, Management*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2006.
- [29]. Atkinson, C., & Kuhne, T. (2003). Model-driven development: a metamodeling foundation. *IEEE Software*, 20(5)
- [30]. De Lara, J., Vangheluwe, H. & Alfonseca, M. (2004). Meta-Modelling and Graph Grammars for Multi-Paradigm Modelling in AToM3, *Journal on Software and Systems Modelling*, Vol 3(3).
- [31]. Cook, S., Jones, G., Kent, S., & Cameron Wills, A. (2007). *Domain-Specific Development with Visual Studio DSL Tools*. Addison-Wesley Professional.
- [32]. Budinsky, F., Merks, E., & Steinberg, D. (2008). *Eclipse Modeling Framework 2.0 (2nd Edition)*: Addison-Wesley Professional.
- [33]. Jouault, F., Allilaire, F., Bézivin, J., & Kurtev, I. (2008). ATL: A model transformation tool. *Science of Computer Programming*, 72(1-2), 31-39.
- [34]. Kolovos, D., Paige, R., & Polack, F. (2008). The Epsilon Transformation Language. *Theory and Practice of Model Transformations*, 5063 LNCS, 46-60.
- [35]. OMG. MOF 2.0 Query/View/Transformation (QVT), V1.0. *OMG Document - formal/08-04-03*.
- [36]. Jouault, F., Bezivin, J. and Kurtev, I. (2006). TCS: a DSL for the Specification of Textual Concrete Syntaxes in Model Engineering. In: *GPCE'06: Proceedings of the fifth international conference on Generative programming and Component Engineering*, Portland, Oregon, USA, pages 249—254.
- [37]. Cánovas, J-L. and García Molina, J. 2009. A Domain Specific Language for Extracting Models in Software Modernization. In *Proceedings of the 5th European Conference on Model Driven Architecture - Foundations and Applications*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 82-97.
- [38]. Mernik, M., Heering, J., & Sloane, A. M. (2005). When and how to develop domain-specific languages. *ACM Computer Surveys*, 37(4), 316-344.
- [39]. D.C. Schmidt, Model-driven engineering. *IEEE Computer* 39 (2), (2006) 25-31.

Anexo: Listado de términos y siglas

ATL	Atlas Transformation Language
EMF	Eclipse Modelling Framework
ETL	Epsilon transformation Language
DSDM	Desarrollo de Software Dirigido por Modelos
DSL	Domain Specific Languages - Lenguajes Específicos de Dominio
MDE	Model Driven Engineering - Ingeniería Dirigida por Modelos
MDSD	Model-Driven Software Development
QVT	Query View Transformation



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Redes Definidas por Software – Estudio de Implementación para DataCenters

Bolatti, Diego, UTN FRRe, dbolatti@frre.utn.edu.ar
Calcagno, Ricardo, UTN FRRe, rcalcagno@frre.utn.edu.ar
Cuevas, Carlos, UTN FRRe, cac@frre.utn.edu.ar
Gramajo, Sergio, UTN FRRe, sergio@frre.utn.edu.ar
Scappini Reinaldo, UTN FRRe, rscappini@frre.utn.edu.ar
Marturet, Matias, UTN Frre, matiasmarturet@gmail.com

Resumen— La llegada de la virtualización ha flexibilizado la definición y el uso de los recursos de infraestructuras informáticas, permitiendo definir y modificar en tiempo real, a nivel software, una infraestructura completa basada en perfiles de aplicaciones, necesidades de rendimiento, horarios, calidad de servicio, etc. Además, es muy difícil que una aplicación pueda demandar en tiempo real recursos de red en función de las necesidades. Es necesario, por tanto, disponer de una arquitectura “sensible a las aplicaciones”. El análisis de infraestructura de redes y DataCenters orientados a servicios se vuelve un elemento crítico en las empresas de telecomunicaciones. En este contexto, este trabajo se basa en tres pilares: (i) Definición de Redes Definidas por Software abordando sus principales interrogantes; (ii) Desarrollo de nuestra hipótesis de trabajo: “implementación de SDN en un Data Center Virtual” y (iii) Proponer un escenario de red para implementar un modelo de estudio para una red overlay SDN en un Datacenter

Palabras clave— *SDN, Data Center Virtual, Controlador, GNS3, Mininet, OpenDayLight*

1. Introducción

En el diseño e implementación de un DataCenter, es de particular interés la utilización racional y eficiente de los recursos disponibles, y si esto se puede hacer en forma dinámica y adaptable a la demanda, resulta de una importancia central. La tecnología emergente denominada SDN (Redes Definidas por Software, -Software Defined Networking) aplica de manera ajustada este concepto separando el plano de control del plano de reenvío, donde el plano de control controla varios dispositivos [1]. Esta separación permite al control de la red volverse directamente programable y abstrae la infraestructura a las aplicaciones y servicios de red.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

En este sentido se comporta como una arquitectura dinámica, manejable, económica y adaptable; ideal para las aplicaciones de naturaleza dinámica de hoy en día que usan gran ancho de banda con características destacables como:

- **Directamente programable:** el control de la red es directamente programable porque se desacopla de las funciones de reenvío.
- **Ágil:** la abstracción del control del reenvío permite a los administradores ajustar dinámicamente el flujo de la red ante las necesidades cambiantes.
- **Configuración programable:** SDN permite a los administradores de red configurar, administrar y optimizar los recursos de red rápidamente de manera dinámica con programas SDN automatizados.
- **Estándar abierto y neutral:** SDN es un estándar abierto que simplifica el diseño y las operaciones de red, donde las instrucciones son proveídas por el controlador SDN en lugar de múltiples dispositivos y protocolos de vendors específicos.

La arquitectura SDN, especificada por la ONF (Open Networking Foundations) que se ilustra en la Figura 1, muestra a alto nivel, los puntos de referencia e interfaces al controlador, considerando las siguientes capas:[1-2]

- **Capa de infraestructura:** Está constituida por los nodos de red que realizan la conmutación y encaminamiento de paquetes. Proporciona un acceso abierto y programable a través de la API hacia abajo (southbound).
- **Capa de control:** La función de control por software está centralizada y permite a los desarrolladores de aplicaciones utilizar capacidades de la red, pero abstrayéndose de su topología o funciones específicas de cada dispositivo físico. El controlador SDN es una entidad software que tiene control exclusivo sobre un conjunto abstracto de recursos de plano de control, es decir, es la entidad que controla y configura los nodos de la red para dirigir correctamente los flujos de tráfico. El controlador SDN elimina la inteligencia de conmutación y ruteo de datos de los nodos que realizan dicha función, pasando al controlador SDN, que toma esas decisiones y selecciona el mejor camino para el tráfico. La arquitectura describe una serie de funciones internas al controlador SDN independiente de los protocolos utilizados entre interfaces y permite que un controlador SDN gestione un amplio rango de recursos en el plano de datos.
- **Capa de aplicación:** Consiste en las aplicaciones de negocio de los usuarios finales que utilizan servicios de comunicaciones de SDN a través de las API hacia arriba de la capa de control (northbound). Esto permite a los servicios y aplicaciones simplificar y automatizar las tareas de configuración, provisión y gestión de nuevos servicios de red, ofreciendo a los operadores nuevas vías de ingresos, diferenciación e innovación.

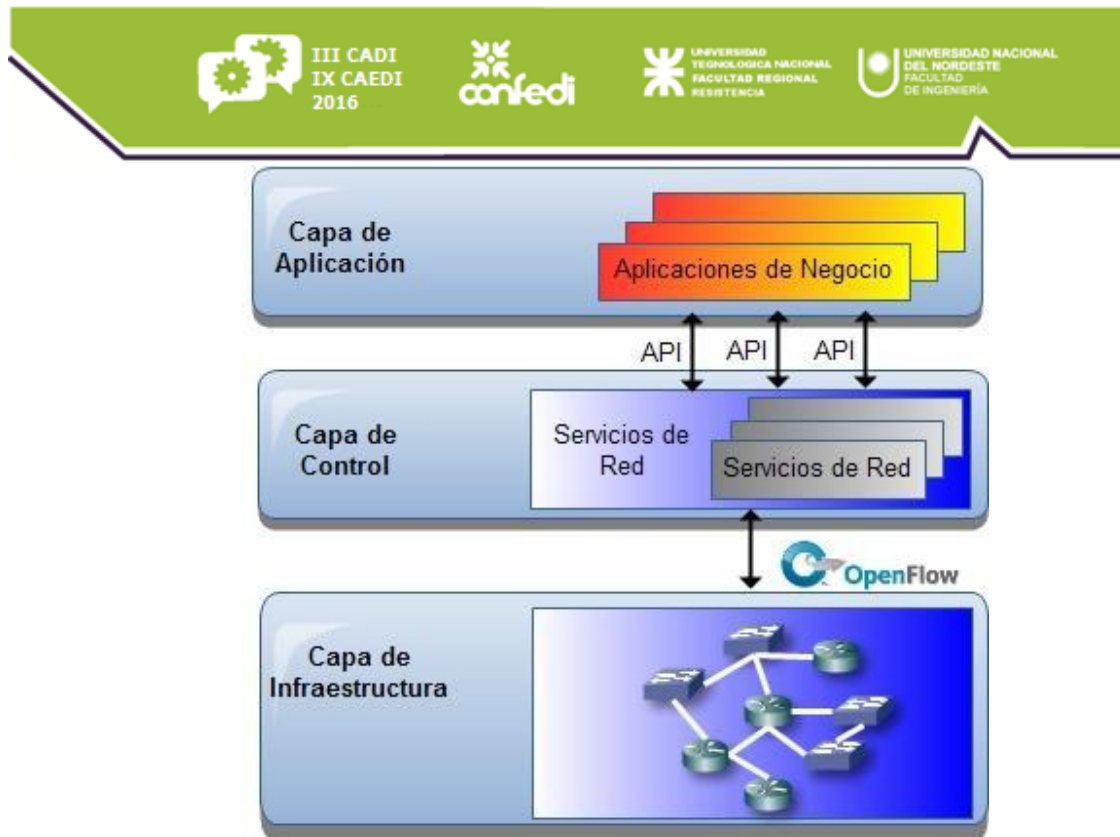


Figura 1 Arquitectura de SDN

Para poder llevar a cabo esta arquitectura fue necesario crear y estandarizar una interfaz de comunicaciones entre el control y el reenvío de datos. Esto se materializa mediante el protocolo OpenFlow que permite el acceso directo a la gestión de datos de reenvío en dispositivos de red como switches y routers, tanto físicos como virtuales y de un modo abierto. Esto contrasta con las arquitecturas de redes tradicionales donde los dispositivos de red son monolíticos y cerrados. Ningún otro protocolo estándar tiene la funcionalidad y finalidad de OpenFlow que transfiere el control de los dispositivos de red a la lógica del software de control, por lo que es un factor clave para SDN.

El protocolo OpenFlow especifica comandos básicos que se pueden utilizar por una aplicación de software externa para programar el plano de reenvío (o conmutación) en dispositivos de red (ver Figura 2) y se implementa en ambos lados (el control de SDN y los dispositivos).

OpenFlow utiliza el concepto de flujos para identificar el tráfico de red basado en las reglas de coincidencia predefinidas que pueden ser estáticas o dinámicas programadas por el software de control de SDN. También permite a los administradores de red definir el modo en que el tráfico debe rutear a través de los dispositivos en función de parámetros tales como los patrones de uso, aplicaciones y recursos de la nube. Debido a que OpenFlow permite ser programado sobre una base de flujo, una arquitectura basada SDN-OpenFlow proporciona un control muy granular de

la infraestructura de red, lo que permite responder a los cambios en tiempo real en la aplicación, el usuario e inclusive en los niveles de sesión.

El Enrutamiento basado en IP actual no proporciona este nivel de control, ya que todos los flujos entre los dos puntos finales deben seguir un camino a través de la red, independientemente de sus diferentes necesidades.[3]

Una característica particular de SDN basada en OpenFlow es que se puede implementar en las redes existentes, tanto físicas como virtuales. Los dispositivos de red pueden realizar el reenvío basado en OpenFlow, así como el reenvío tradicional, lo que hace que sea muy fácil para las organizaciones introducir progresivamente esta tecnología, incluso en los entornos de red de múltiples proveedores.[1-2, 4-5]

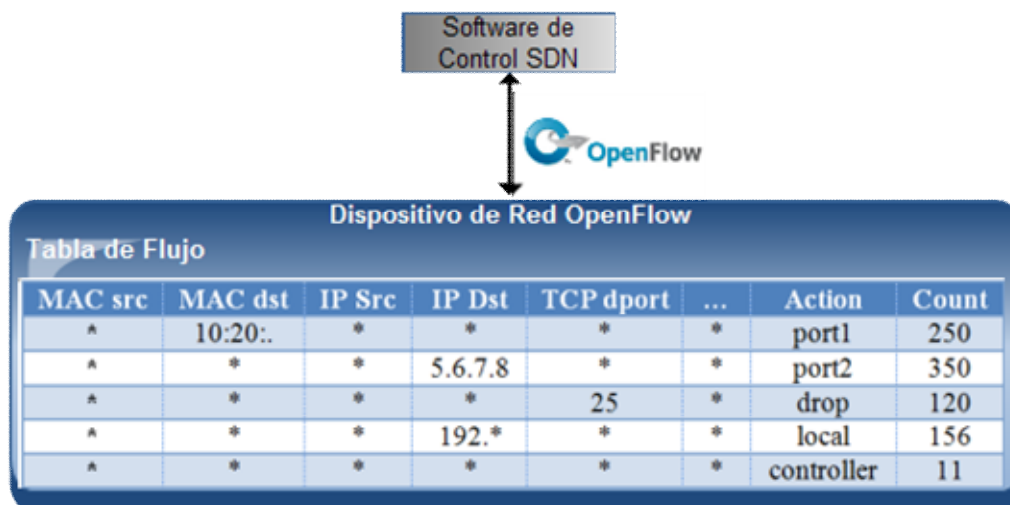


Figura 2 Ejemplo de un conjunto de instrucciones OpenFlow

Con el objeto de llevar a un entorno de laboratorio la arquitectura mostrada, este trabajo se estructura de la siguiente manera. En la Sección 2 se revisan los productos utilizados y sus funciones; en la Sección 3 se describe el escenario creado de laboratorio que nos permite lograr los objetivos globales de estudio. Y en la Sección 4 se muestran las conclusiones y trabajos futuros.



2. Herramientas y Recursos

En los siguientes apartados, se listan el conjunto de productos base, escogidos para lograr el entorno de trabajo de laboratorio que se busca en este estudio.

2.1 Simulador de Red Gráfico (GNS3 - Graphical Network Simulator)

Es un simulador de red gráfico que permite virtualizar, planificar, probar y solucionar problemas de red a través de la plataforma escalable de cualquier vendor, sin la necesidad de interactuar directamente con el hardware de red. Con una interfaz gráfica intuitiva el usuario puede simplemente conectar todos los tipos de interfaces armando una representación real de un entorno de red. GNS3 corre sobre el hardware de las PC de escritorios tradicionales y puede ser usado con múltiples sistemas operativos incluyendo Windows, Linux y MacOS X.

GNS3 simula una red entera, no solamente un sistema operativo de red. La mayoría de los usuarios de GNS3 lo utilizan para **emular** imágenes de CISCO (CISCO IOS) como así también de otros proveedores. Pero lo que diferencia a GNS3 de los demás simuladores, es la habilidad para **emular ruteo y conmutación** como así también incorporar **verdaderas** máquinas virtuales y conectarlos entre sí a través de un sistema de túneles lógicos (Overlay Network).[6]

2.2 Mininet

Permite desarrollar, de manera rápida, modelos para Redes Definidas por Software (SDN). Es la herramienta ideal para desplegar una red con flexibilidad para la reconfiguración de topologías.

Crea una red virtual “realista” porque corre un kernel, switches y aplicaciones reales sobre una simple máquina (virtual, nativa o una nube)

Mininet es un emulador de red que crea una red de hosts, switches, controladores y enlaces virtuales. Los hosts corren un software de red Linux estandarizado, los switches soportan OpenFlow con gran flexibilidad para la configuración de ruteo y SDN. Mininet permite investigar, desarrollar, aprender, armar prototipos, testing, debugging, y otras tareas con el beneficio de tener una red experimental funcionando dentro de una laptop o cualquier otra PC.[7]

2.3 OpenDayLight

OpenDaylight (ODL) es la plataforma de código abierto para redes programables definidos por software. ODL tiende a constituirse como plataforma de facto de la industria de la SDN, el apoyo a un amplio conjunto de casos de uso y proporcionar la base para las redes del futuro.[8]

Proveedores de servicios y empresas están utilizando ODL para resolver los desafíos clave de la red relacionados con la prestación de servicios automatizados; Optimización de recursos de red;



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Cloud y NFV (Virtualización de las Funciones de la Red, - Network Functions Virtualization); Investigación, Educación y Gobierno; y visibilidad y control [9] para entregar mayor escala y la capacidad de incorporar fácilmente nuevas aplicaciones y protocolos.

ODL es la plataforma ideal para obtener una amplia gama de opciones de configuración, y hay varias nuevas aplicaciones construidas sobre ODL que hacen la transición a SDN aún más fácil. En particular para este trabajo utilizamos la distribución Helium [10], que está desarrollada con una serie de complementos cuyo objetivo es permitirnos interactuar con el controlador de forma más transparente. De esta forma se trabaja con Karaf, una plataforma genérica que proporciona funciones y servicios de alto nivel diseñados específicamente para la creación de servidores basados en OSGi. Esta distribución viene con una serie de proyectos incluidos que son fáciles de instalar gracias a Karaf.[11]

2.4 Wireshark

Es uno de los más famosos analizadores de protocolos de red en el mundo. Permite ver lo que está sucediendo en la red con un gran nivel de detalle. Es un estándar de facto (y a menudo de jure) que atraviesa industrias e instituciones educativas.

Características:

- Mantenido bajo la licencia GPL.
- Muy robusto, tanto en modo promiscuo como en modo no promiscuo.
- Puede capturar datos de la red o leer datos almacenados en un archivo (de una captura previa).
- Basado en la librería pcap.
- Tiene una interfaz muy flexible.
- Gran capacidad de filtrado.
- Admite el formato estándar de archivos tcpdump.
- Reconstrucción de sesiones TCP.
- Se ejecuta en diferentes plataformas: Windows, Linux, OS X, Solaris, FreeBSD, NetBSD, y muchos otros.
- Acceso a los datos capturados desde el navegador (GUI) o vía terminal (TTY-mode Tshark utility)
- Opulento analizador VoIP
- Trabaja, entre otros, con los siguientes formatos: tcpdump (libpcap), Pcap NG, Catapult DCT2000, Cisco Secure IDS iplog, Microsoft Network Monitor, Network General Sniffer® (compressed and uncompressed), Sniffer® Pro, and NetXray®, Network Instruments Observer, NetScreen snoop, Novell LANalyzer, RADCOM WAN/LAN



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Analyzer, Shomiti/Finisar Surveyor, Tektronix K12xx, Visual Networks Visual UpTime, WildPackets EtherPeek/TokenPeek/AiroPeek.

- Los datos pueden ser leídos en tiempo real desde Ethernet, IEEE 802.11, PPP/HDLC, ATM, Bluetooth, USB, Token Ring, Frame Relay, FDDI u otros (dependiendo de la plataforma)

3. Resultados y Discusión

La topología elegida para la propuesta y el estudio se definió en base a una infraestructura real, RadioBasch.com, una empresa que se dedica al servicio de streaming, servicio muy popular en estos tiempos y, que además, requiere de grandes flujos de datos. Como se observa en la Figura 3, la infraestructura cuenta con: 2 Core Router (CISCO 6500 Series) en la frontera de la arquitectura, que se conectan a la Internet a través de Level 3 (a 10Gb) uno y NAP of the Americas el otro. Luego, una distribución de switches (CISCO 3750 Series) que conecta al Monitoring Cluster y al backend de la arquitectura, sitio donde, por ejemplo, se puede alojar una granja de servidores (servicios de Base de Datos, streaming, etc.)

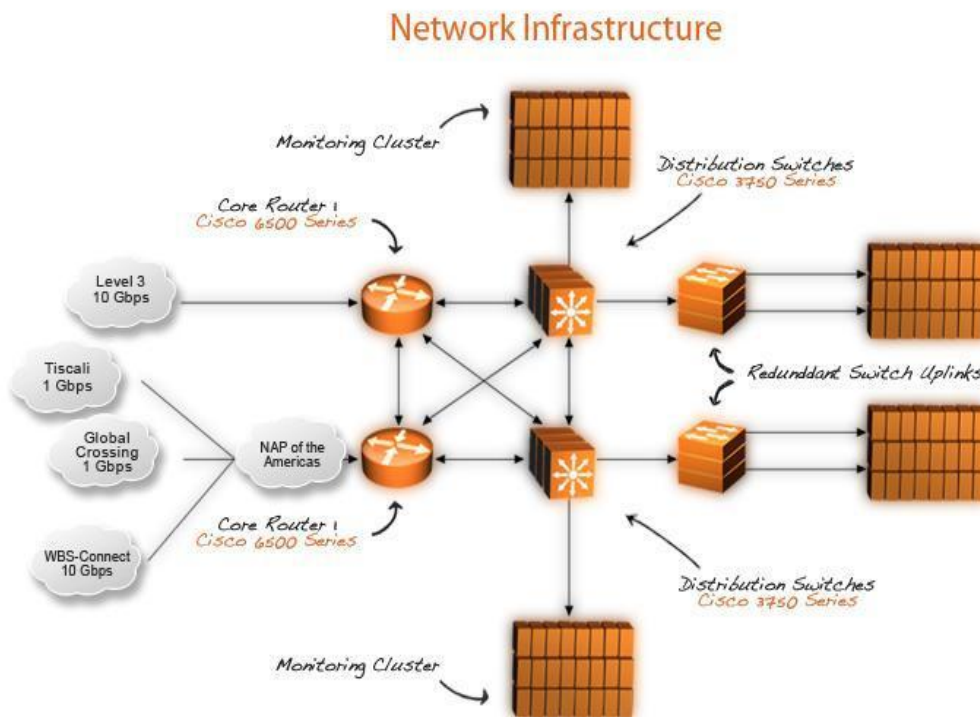


Figura 3 Datacenter de RadioBash.com [12]



III CADI
IX CAEDI
2016



La topología para el escenario de simulación (figura 4) está implementada en GNS3 para hacer las pruebas de conectividad. Incluye 3 routers, siendo R1 y R2 los routers de núcleo y vinculados a R3 que de esta manera permite redundancia y balanceo de carga habilitando la posibilidad de simulaciones más complejas en el futuro.

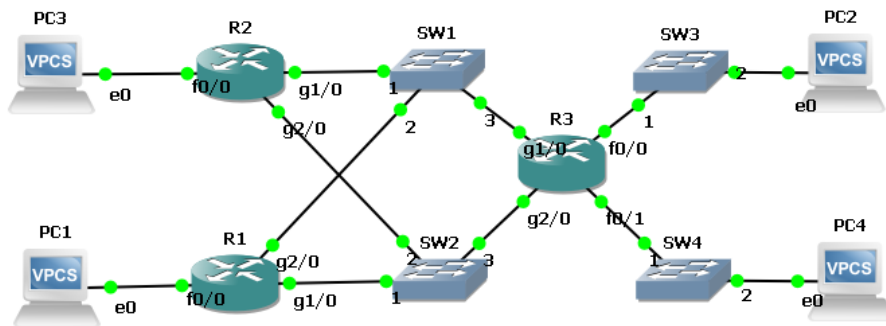


Figura 4 – Topología implementada en GNS3

El acceso está representado por dos redes externas indicadas aquí por f0/0 del R1 200.45.10.0 y 200.45.11.0 por f0/0 del R2. Las PC 1 y 3 representan las nubes de entrada y en esta figura están a los efectos de prueba de conectividad; las PC 2 y 4 representan los servidores (o grupos de servidores)

El plan de direcciones es el siguiente:

Router1:

- f0/0 200.45.10.1 /24
- g1/0 172.16.10.1 /24
- g2/0 172.16.11.1 /24

Router 2:

- f0/0 200.45.11.1 /24
- g1/0 172.16.11.2 /24
- g2/0 172.16.10.2 /24

Router 3:

- f0/0 192.168.1.1 /24
- f0/1 192.168.2.1 /24
- g1/0 172.16.11.3 /24
- g2/0 172.16.10.3 /24

Las pruebas iniciales se efectuaron implementando protocolo de rutas RIP2 [13] a los efectos de comprobar el funcionamiento básico. Posteriormente se implementó el protocolo de ruteo OSPF

[14] que ofrece la suficiente flexibilidad de configurar el escenario para simulaciones de mayor complejidad.

Para la implementación de SDN en el escenario, se incluyen dos máquinas virtuales:

1. Controlador SDN OpenDayLight, consistente en una MV corriendo Ubuntu Server 64 bits con la distribución Hellium.
2. Mininet, para la creación de la red virtual con soporte OpenFlow, consistente en una imagen importada en Virtual Box de MiniNet / Ubuntu VM [15]. Esta máquina virtual incluye en sí MiniNet, todos los binarios OpenFlow, herramientas pre-instaladas, y ajustes para la configuración del kernel para soportar las redes Mininet.

La topología de prueba puede verse en la Fig. 5.

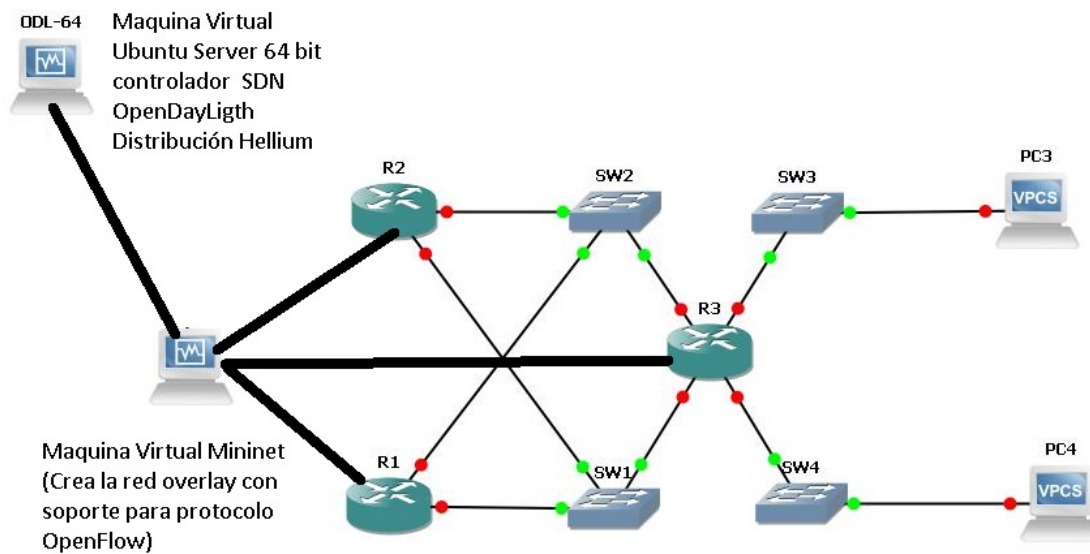


Figura 5 Escenario de prueba para SDN - Figura elaboración propia

En trazo grueso se indica la red virtual con soporte para el protocolo OpenFlow que posibilita la implementación de SDN en la topología de estudio

Controlador ODL:

Para arrancar el controlador ODL, desde una terminal conectada a la MV ODL-64 nos ubicamos en la carpeta de a distribución Karaf y luego arrancamos el controlador mediante `./bin/karaf`

```
@odl:~$ cd distribution-karaf-0.4.0-Beryllium
```

```
@odl:~$ ./bin/karaf
```

La siguiente captura de pantalla muestra la interfaz del controlador



III CADI
IX CAEDI
2016



```

brian@T420:~$ ssh -X brian@192.168.56.101
brian@192.168.56.101's password:
Welcome to Ubuntu 15.10 (GNU/Linux 4.2.0-16-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com/

Last login: Wed Feb 24 12:04:52 2016 from 192.168.56.1
brian@odl:~$ cd distribution-karaf-0.4.0-Beryllium/
brian@odl:~/distribution-karaf-0.4.0-Beryllium$ ./bin/karaf

  _____
 /_ _ _ _ _ \
|  _ _ _ _ |
| | _ _ _ _ |
| | _ _ _ _ |
|_| _ _ _ _ |

Hit '<tab>' for a list of available commands
and '[cmd] --help' for help on a specific command.
Hit '<ctrl-d>' or type 'system:shutdown' or 'logout' to shutdown OpenDaylight.

opendaylight-user@root>

```

Luego para arrancar el proceso de la red overlay, desde una terminal conectada a la MV Mininet:

```
sudo mn --controller=remote, ip=(ip correspondente a la MV ODL) --topo=linear,3 --mac --switch=ovsk,protocols=OpenFlow13
```

este comando crea la red SDN con tres switch y tres host que se conectarann a los tres router de la topología de estudio, para comprobar la conectividad desde la línea de comandos mininet:

```

mininet> pingall

*** Ping: testing ping reachability

h1 -> h2 h3
h2 -> h1 h3
h3 -> h1 h2

*** Results: 0% dropped (6/6 received)

```

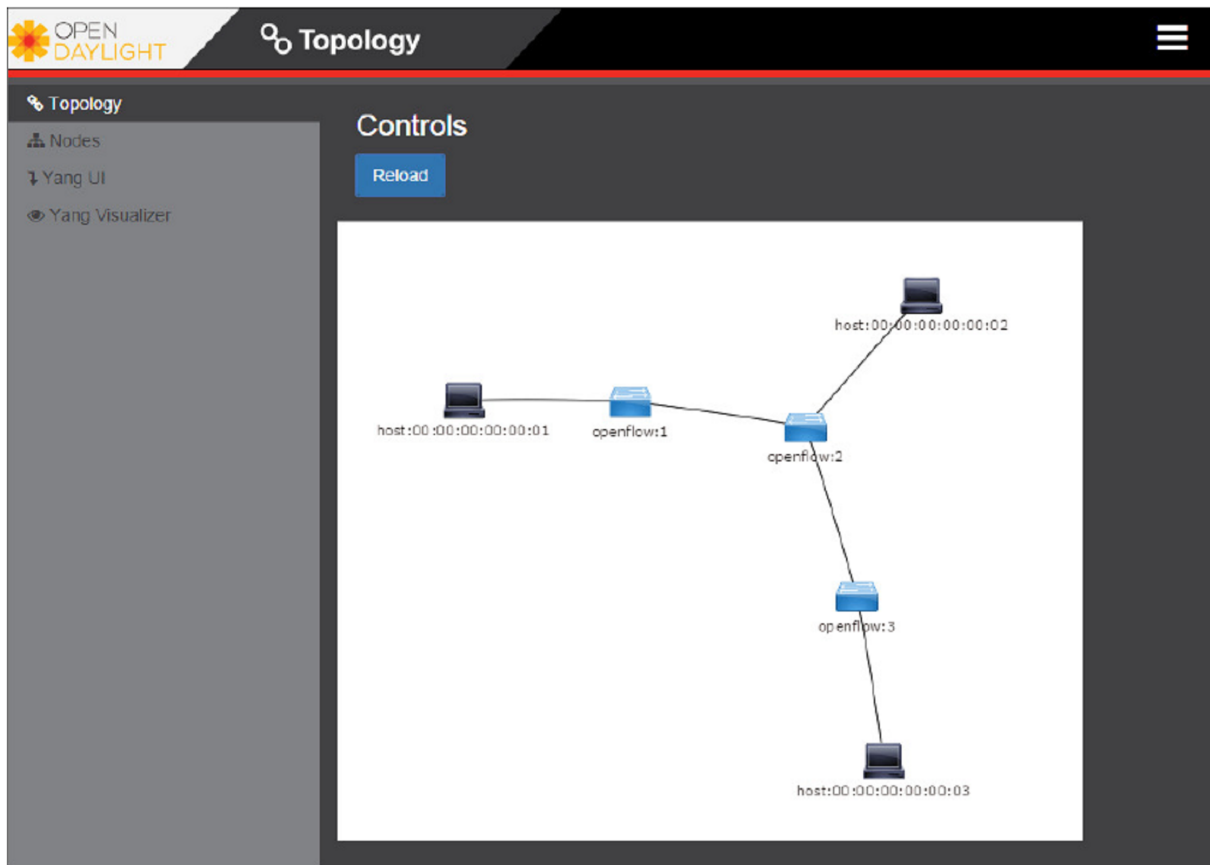
Esto nos indica que se construyo con éxito la red y esta conectada.

Para asociar las interfaces de los router a las interfaces de los host virtuales de mininet, (por ejemplo para la interfaz eth0 del router) se tipea el siguiente comando: **mininet@mininet-vm:~\$ sudo ovs-vsctl add-port s1 eth0** ; y así sucesivamente con cada interfaz de cada router.

Para vizualizar la tologia y los respectivos nodos, desde el navegador:



http:// (ip correspondiente a la MV ODL):8181/index.html esto nos muestra una pantalla de login que se ingresa con usuario admin. contraseña admin. y:



Para vizualizar los nodos:

The screenshot shows the OpenDaylight Nodes view. The interface includes a sidebar with 'Topology', 'Nodes', 'Yang UI', and 'Yang Visualizer'. The main area displays a table of nodes with columns: Node Id, Node Name, Node Connectors, and Statistics. The table contains three rows of data.

Node Id	Node Name	Node Connectors	Statistics
openflow:2	None	4	Flows Node Connectors
openflow:3	None	3	Flows Node Connectors
openflow:1	None	3	Flows Node Connectors



Para las estadísticas de cada conexión se hace un clic sobre Node Conectores:

Node Connector Id	Rx Pkts	Tx Pkts	Rx Bytes	Tx Bytes	Rx Drops	Tx Drops	Rx Errs	Tx Errs	Rx Frame Errs	Rx OverRun Errs	Rx CRC Errs	Collisions
openflow:1:2	1004	996	94181	93621	0	0	0	0	0	0	0	0
openflow:1:LOCAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
openflow:1:1	799	1004	76790	94181	0	0	0	0	0	0	0	0

4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente trabajo describe solamente la elección de las herramientas y la propuesta del modelo para el estudio de implementación de SDN sobre una red IP convencional. Esta instancia de pruebas iniciales no incluye la simulación con tráfico sino pruebas de conectividad que nos permitirán ajustar las configuraciones del controlador SDN en conjunto con la MV Mininet para la inclusión de la red overlay con soporte OpenFlow.

En esta etapa del trabajo se pretende alcanzar con el modelo la suficiente funcionalidad que permita; en una etapa posterior, hacer pruebas de tráfico específicas para diferentes perfiles del mismo.

Los trabajos futuros de simulación forman parte de otra etapa dentro de un proyecto marco de investigación **“Modelo para la evaluación de performance mediante identificación de tráfico y atributos críticos en Redes Definidas por Software”** que busca la identificación de atributos que puedan utilizarse en modelos de decisión.

Referencias

- [1] O. N. F. (ONF). *SDN Architecture*.
- [2] O. N. F. ONF, "Software-Defined Networking: The New Norm for Networks," ed, 2012.
- [3] D. E. Comer, *Internetworking with TCP/IP*: Prentice Hall, 2005.
- [4] H. Kopetz, "Internet of things," in *Real-time systems*, ed: Springer, 2011, pp. 307-323.
- [5] T. A. Nick McKeown, Hari Balakrishnan, Guru Parulkar, Larry Peterson Jennifer Rexford, Scott Shenker, Jonathan Turner. (2008, OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks.
- [6] GNS3. *Frequently Asked Questions*. Available: <https://www.gns3.com/software/faq>
- [7] M. Park. *ON.LAB Mininet*. Available: <https://www.sdxcentral.com/projects/on-lab-mininet/>



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

- [8] OpenDayLight. *ODL Beryllium (Be) - The Fourth Release of OpenDaylight*. Available: <https://www.opendaylight.org/odlbe>
- [9] OpenDayLight. *OpenDaylight Controller:MD-SAL:Architecture*. Available: https://wiki.opendaylight.org/view/OpenDaylight_Controller:Model-Driven_Controller_Service_Abstraction_Layer
- [10] OpenDayLight. *Helium*. Available: <https://www.opendaylight.org/software/downloads/helium>
- [11] R. Hill. (2016, *Karaf:Step by Step Guide*. Available: https://wiki.opendaylight.org/view/Karaf:Step_by_Step_Guide
- [12] RadioBash.com. *About RADIOBASH.COM*. Available: <http://radiobash.com/about-us/>
- [13] T. I. E. T. F. (IETF®), "RIP Version 2," ed.
- [14] T. I. E. T. F. (IETF®), "OSPF Version 2," ed.
- [15] *Mininet VM Images*. Available: <https://github.com/mininet/mininet/wiki/Mininet-VM-Images>

PRIORIZACIÓN DE NUEVOS REQUERIMIENTOS ASIGNANDO VALORES DE CRITICIDAD A PARTIR DE SU DEPENDENCIA CON EL PERFIL DEL USUARIO SOLICITANTE

Sara De Federico, UTN FR Rosario, sdefederico@frro.utn.edu.ar

Mariela Avogradini, UTN FR Rosario, mavogradini@frro.utn.edu.ar

Javier Gago, UTN FR Rosario, jgago@frro.utn.edu.ar

Lucía Melfi, UTN FR Rosario, lmelfi@frro.utn.edu.ar

Silvio Gonnet, Ingar - Conicet UTN FR Santa Fe, sgonnet@santafeconicet.gov.ar

Resumen— En el mantenimiento de un software propietario es fundamental la priorización de los nuevos requerimientos a incorporar para conservar la calidad del producto. Una nueva funcionalidad debe ser agregada teniendo en cuenta diversas consideraciones, tales como el impacto al sistema, la reutilización de objetos y código, el cubrimiento de las necesidades, la satisfacción de todos los usuarios del producto de software y no sólo del cliente solicitante. Existen herramientas de gestión de desarrollo que permiten valorizar los requerimientos ingresados, pero esto posibilita realizar una priorización rudimentaria sin incluir las consideraciones mencionadas. Por otro lado, algunos gestores no aceptan la partición de requerimientos por producto o proyecto. Este trabajo muestra la definición de los procesos para la construcción de una herramienta de calificación y priorización de nuevos requerimientos en software con solicitudes simultáneas de diferentes clientes que lo utilizan. Se diseñan procesos que asignan una criticidad al requerimiento observando la estrecha dependencia de éste con el perfil del cliente que lo solicita. Este perfil se construye a partir de la historia del cliente en su interacción con la empresa desarrolladora, y es creada haciendo una recopilación de los aspectos del cliente que afectan a las reglas de negocio y los estándares de la empresa desarrolladora. La herramienta además proveerá la elección y uso de técnicas y métricas actuales de priorización, y emitirá informes personalizados según las diferentes perspectivas que puedan consultarse a nivel gerencial.

Palabras clave— *priorización, nuevos requerimientos, criticidad, perfil, cliente*

1. Introducción

Una empresa desarrolladora de software tiene dentro de sus objetivos principales, al mantenimiento de sus productos, que están posicionados en el mercado y cuentan con gran cantidad de usuarios. El control de versiones y la actualización constante son tan importantes como la creación de nuevos productos, siempre garantizando la continuidad de los estándares de calidad y performance [1] [2]. La actualización y mejoramiento también se logra incorporando nuevos requerimientos solicitados por los clientes que utilizan el producto, pero esta incorporación debe ser estudiada cuidadosamente, ya que no solo se tiene en cuenta los beneficios de una buena negociación [3] para una correcta valorización [4] sino también deben considerarse variables y aspectos de la incorporación que impactan, se multiplican y se dispersan hacia otros sectores de la empresa desarrolladora [5]. La investigación realizada en

el proyecto “Creación y Simulación de Metodologías de Análisis, Clasificación e Integración de Nuevos Requerimientos a Software Propietario” (sigla proyecto: CSMCP) durante los años 2013 a 2015 comenzó con la recopilación y el análisis de los métodos y técnicas que utilizan un grupo de empresas desarrolladoras de software de la ciudad de Rosario con respecto a la calificación y priorización de nuevos requerimientos [6], así también como los problemas relacionados a esta etapa. Como resultado de esta investigación y solución a las dificultades expresadas, se generó una metodología donde la recopilación de información histórica de los clientes que solicitaban los nuevos requerimientos es primordial [7]. Esta metodología, provee un apoyo a la decisión de la selección priorización de nuevos requerimientos para un producto de software ya establecido en el mercado, con múltiples solicitudes de nuevos requerimientos, y cuya nueva versión se distribuye a todos los clientes que lo utilizan. En estos casos la calificación depende de criterios más amplios, que se originan desde varias áreas de la empresa desarrolladora, en donde se consideran todos los aspectos que son afectados por la implementación de un nuevo requerimiento [8]. En el este trabajo se presenta en la sección 2 el estudio de la problemática detectada en las empresas de la ciudad de Rosario, mostrando las conclusiones principales del análisis realizado. En la sección 3 se muestra la construcción de una nueva metodología de calificación y priorización de nuevos requerimientos como solución a la problemática planteada. En dicha sección se muestran todos los procesos y las estructuras de datos creados para su funcionamiento. Finalmente en la sección 4 se presentan las conclusiones y recomendaciones acerca de los resultados obtenidos en el proyecto.

2. Estudio de la problemática

Este trabajo surge de un estudio realizado a las empresas desarrolladoras de software de la ciudad de Rosario y alrededores, entre las cuales se encuentran las empresas más influyentes y de peso del mercado. Primeramente se realizó un análisis de encuestas realizadas al personal de diversas áreas de las empresas participantes, tratando de perfilar las diferentes perspectivas acerca de la calificación y priorización de nuevos requerimientos, y los posibles problemas que puedan existir en la realización de este proceso. Luego en una segunda etapa, a partir de los resultados obtenidos se generó una solución a la problemática detectada.

2.1 Análisis de las encuestas

Se realizó un análisis descriptivo de preguntas booleanas y cerradas, análisis cualitativo de preguntas abiertas, y agrupamiento de datos para la detección de grupos (clustering) [6] [9]. Los resultados muestran inconvenientes en la calificación y priorización de nuevos requerimientos, generalmente se hace en reuniones donde la decisión se apoya en la experticia de las líneas gerenciales. Ésta puede involucrar el manejo de datos dispersos a lo largo de toda la empresa desarrolladora y con la intervención de diferentes departamentos y secciones. Además se detecta un uso informal de métricas; y la actuación de personal de distintos tipos y categorías. No existe un seguimiento consistente del desarrollo del nuevo requerimiento, y no se hacen mediciones posteriores del impacto de la implementación sobre la empresa desarrolladora, el sistema y la comunidad de usuarios. Los criterios de priorización se centran en la *criticidad* del requerimiento, siendo ésta definida por la rama gerencial en función de las reglas de negocio de la empresa [10]. La Tabla 1 expone estos resultados y la medición de los puntos indicados, en donde se destaca:

- Las empresas desarrolladoras tienen gran recepción de solicitudes de cambio, las mismas pueden rechazarse por varias razones. Las solicitudes son clasificadas con diferentes escalas y categorías, y utilizando técnicas variadas.

- Los criterios más usados para la clasificación es el de *prioridad, criticidad, urgencia*. También es utilizado el *control temporal e importancia*, dentro del contexto de la empresa desarrolladora. Solo una empresa comenta sobre un *software de ingreso de requerimientos*.
- No se realizan métodos profundos de análisis del impacto o seguimiento, confundiendo este punto con el testing o la verificación. Se destaca un leve uso de *encuestas de aceptación o satisfacción, y encuestas de incidencia real sobre la modificación*.
- Se encuentran problemas relacionados con la implementación de nuevos requerimientos, por ejemplo el *no uso de la nueva implementación, la no aceptación del presupuesto, y el desarrollo interrumpido del requerimiento*.

Tabla 1. Análisis de la información obtenida de las encuestas a empresas de Rosario y alrededores

Característica	Nivel de importancia	Observaciones
Historial de requerimientos	Muy alto	Historial de pedidos en narrativas
Clasificación de requerimientos	Muy alto	La escala de valoración es cualitativa, uso relativo de herramientas
Historial de los clientes	Muy alto	Historial financiero no directamente relacionado con cada pedido
Dispersión de la información	Muy alto	A lo largo de todas la áreas
Se genera una nueva versión	Muy alto	Distribución compulsiva a todos los usuarios
Problemas con el desarrollo	Muy alto	Muy variados, íntimamente relacionados con el usuario solicitante
Diferenciación entre errores (bugs) y requerimientos	Muy alto	Se tratan por diferentes vías
Interés en poseer una herramienta integral de priorización	Alto	Predisposición a la implementación
Criterio de <i>criticidad</i> para priorizar	Alto	Definición diferente para cada empresa
Otras formas de clasificación	Alto	Amplia variedad y características
Interés en la opinión del usuario solicitante	Alto	Encuestas de satisfacción y mesas de ayuda al cliente
Seguimiento del desarrollo	Leve	Sólo algunas áreas de la empresa
Uso de métricas y métodos	Leve	Algunas empresas, no se detallan cuáles
Impacto financiero	Leve	Diferentes técnicas para evaluar
Impacto sobre el producto	Leve	Test de producto
Documentación integral	Bajo	Datos dispersos o incompletos
Uso de herramientas informáticas para la priorización	Bajo	Herramientas de monitoreo del ciclo de vida del software
Captación de opinión de los otros usuarios	Bajo	Concentración en el usuario solicitante

Fuente: Resultados Proyecto CSMCP [6]

- El eje principal es el uso individualizado de procedimientos para la priorización. Se observa una marcada tendencia al uso de métodos personalizados y no estandarizados para la clasificación de nuevas funcionalidades.

- Hay inconstancia y una atenuación en cuanto a la formalidad en el tratamiento de la implementación de un nuevo requerimiento. Algunas empresas usan algún tipo de mecanismo para obtener información sobre la implementación.

Además de los problemas citados, el clustering mostró que la gran diversificación de métodos de clasificación determina la inexistencia de un nexo unificador de procedimientos. Muchas técnicas complejizan los problemas y variables afectadas en la implementación, como por ejemplo la calificación directa realizada por un PM (Project Manager) sin hacer un estudio preliminar de los clientes solicitantes.

2.2 Etapas de una nueva metodología de calificación y priorización de nuevos requerimientos

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la primera etapa, se delinearon los pasos a seguir para la construcción de una nueva metodología para la calificación y priorización de nuevos requerimientos a incorporar en un software en etapa de mantenimiento. La inclusión de estos pasos garantiza el cubrimiento de todos los aspectos que involucran el proceso completo de calificación y priorización [11]. Los pasos son los siguientes:

1. Creación de un Registro histórico de los clientes de un producto desde el punto de vista de las áreas de la empresa desarrolladora, que interactúan con ellos.
2. Calificación de los clientes solicitantes a partir del historial reunido.
3. Precalificación de un nuevo requerimiento ingresado en función del cliente que lo solicitó.
4. Calificación final del mismo mediante un análisis previo de su costo, impacto en el sistema y posibles consecuencias de su implementación.
5. Priorización de los requerimientos calificados previamente utilizando diversas métricas que pueden escogerse en función de distintos intereses gerenciales o reglas de negocio.

La Figura 1 muestra un diagrama de los pasos que incluyen la metodología y los aspectos importantes de cada paso.

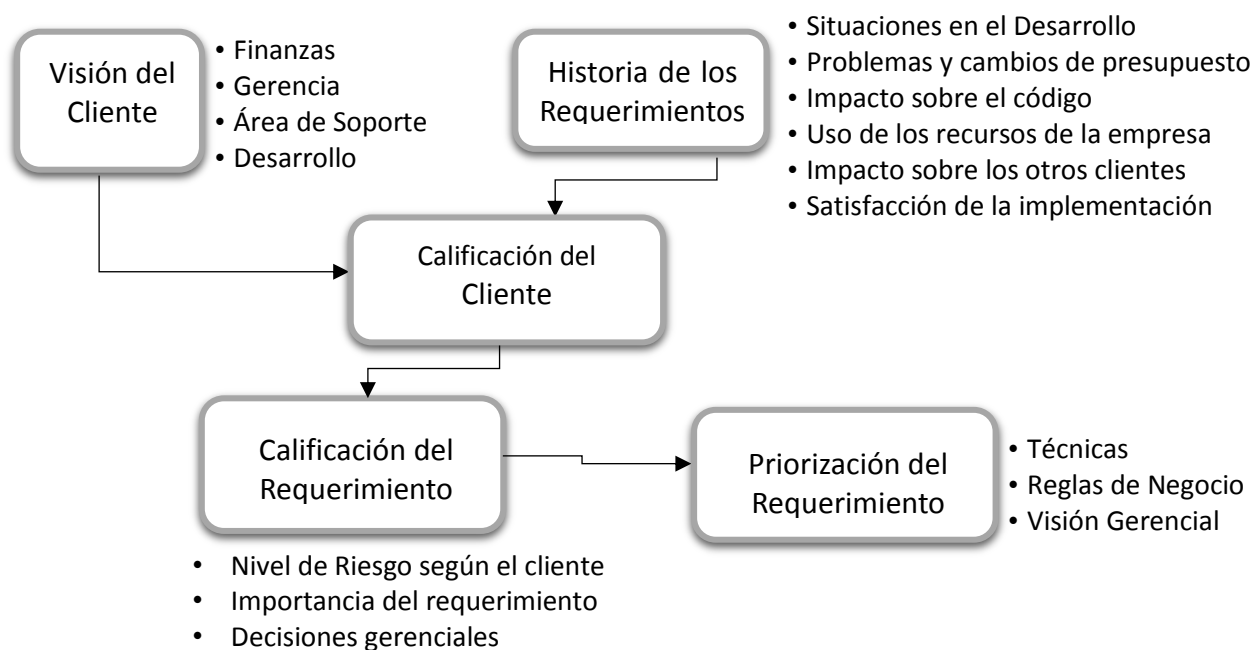


Figura 1: Pasos de la nueva metodología de calificación y priorización de nuevos requerimientos.

3. Construcción de la nueva metodología de calificación y priorización de nuevos requerimientos

A partir de los pasos delineados en la sección anterior, dentro del marco del proyecto se generó una metodología, la cual tiene como fase inicial la recopilación de información histórica de los clientes de los productos de software y sus solicitudes de nuevos requerimientos. La calificación de los clientes depende de criterios más amplios, que se originan desde varias áreas de la empresa desarrolladora, en donde se consideran todos los aspectos que son afectados por la implementación de un nuevo requerimiento [8]. En la metodología se crean tres secciones delimitadas, secuenciales y ordenadas: la creación de un Registro Histórico de Clientes, la calificación de un nuevo requerimiento y finalmente la priorización de un conjunto de nuevos requerimientos ya precalificados. Estas secciones se describen a continuación y se muestran los modelos empleando IDEF0 [12].

3.1 Preparación del registro histórico de clientes

Para que esta nueva metodología funcione correctamente, es fundamental la recopilación de la información de los clientes usuarios de los productos de software que provee la empresa desarrolladora. Se hace la recolección, unificación y volcado de toda la información disponible de los clientes, implicando la transformación y transcripción de textos, importación desde gestores y bases de datos. Se hace un barrido completo a lo largo de todas las áreas de la empresa desarrolladora en donde se puedan encontrar datos. La Figura 2 muestra el diagrama de procesos llamado *Sección Clientes*. El diagrama muestra un conjunto de áreas de una empresa desarrolladora genérica en donde se pueden realizar valoraciones de un cliente. Cuando se implemente en cada empresa desarrolladora su estructura deberá contemplarse dentro de la diagramación, por lo tanto este proceso debe ser personalizado y ejecutado en función de las ubicaciones reales de la información. La recopilación de la información se vuelca en un Repositorio principal llamado *Historial de Clientes*. En el repositorio también se almacenan valoraciones del cliente realizadas por los encargados de cada área de la empresa desarrolladora. Estas valoraciones se solicitarán temporalmente, se realizarán enviando a cada área un cuestionario de valoración. Se guardarán clasificadas por área y por fecha, constituyendo un conjunto ordenado. Además, por medio de métodos matemáticos se obtiene una calificación para un rango de fechas definido y también se almacena. El tratamiento de las calificaciones de los clientes permitirá a futuro un análisis de comportamiento de los clientes.

3.2 Repositorio de Clientes

Historial de Clientes guarda toda la información del perfil del cliente dispersa a lo largo de las áreas de la empresa desarrolladora. Se guardan los incidentes de Soporte guardados en los repositorios de mesas de ayuda, la historia financiera del cliente, la historia de desarrollo de los requerimientos anteriores solicitados y las valoraciones particulares de los encargados de las áreas según su trato con el cliente. La calificación de cada área es temporal, ya que un cliente puede variar su comportamiento a lo largo del tiempo por diversas situaciones. Del conjunto de calificaciones por área en un determinado tiempo se puede obtener una calificación final del cliente en una determinada fecha. De esta manera la calificación del cliente está definida por apreciaciones actualizadas en tiempo y por área. En la Figura 3 se observa una estructura conceptual del Repositorio Historial de Clientes realizada en IDEF1X.

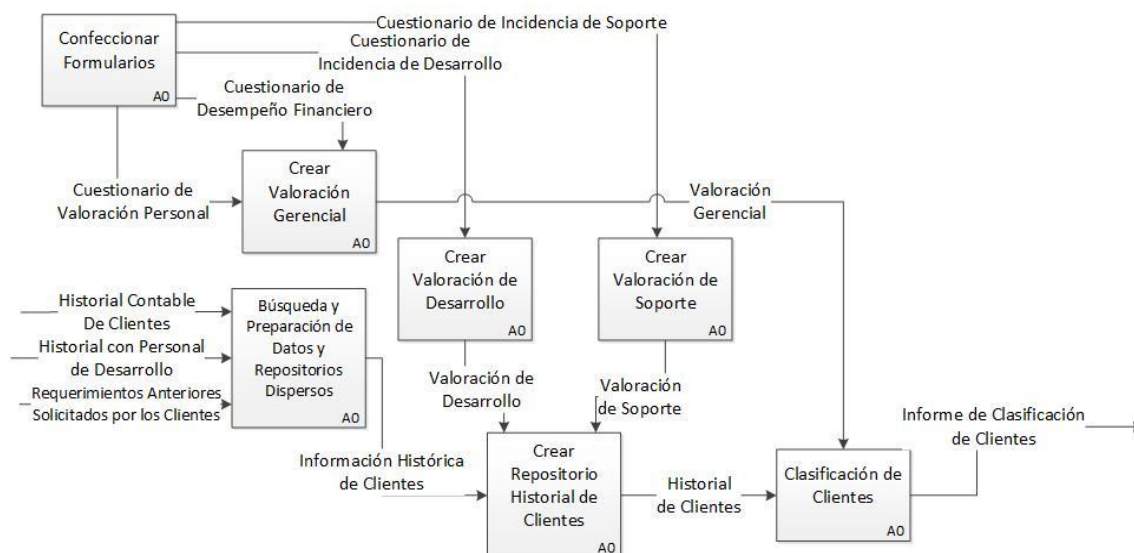


Figura 2: Sección Clientes: Valorización y calificación de los clientes

3.3 Calificación de un nuevo requerimiento

Cuando se recibe una solicitud de nuevo requerimiento, la importancia del mismo y la decisión de elegir desarrollarlo e implementarlo depende de diversos factores: nivel de complejidad de desarrollo, factibilidad de pago por parte del cliente, recursos necesarios, nivel de criticidad o de valor de la solicitud. También se deben analizar las posibles consecuencias e impacto de una implementación de la solicitud. Contando con el Historial de Clientes, se precalifica el requerimiento en función de la calificación del cliente que lo ha solicitado, y se pide a las áreas, de la empresa desarrolladora, una opinión sobre el nuevo requerimiento.



Figura 3: Mapa conceptual del Historial de Clientes

La información de *Historial Clientes* muestra los datos de desarrollos anteriores solicitados, los incidentes de soporte, todos relacionados con el cliente. Finalmente, con el conjunto de calificaciones parciales del requerimiento, se obtiene una *Calificación Final del Requerimiento*. La Figura 4 muestra el diagrama de procesos de la calificación del nuevo requerimiento solicitado.

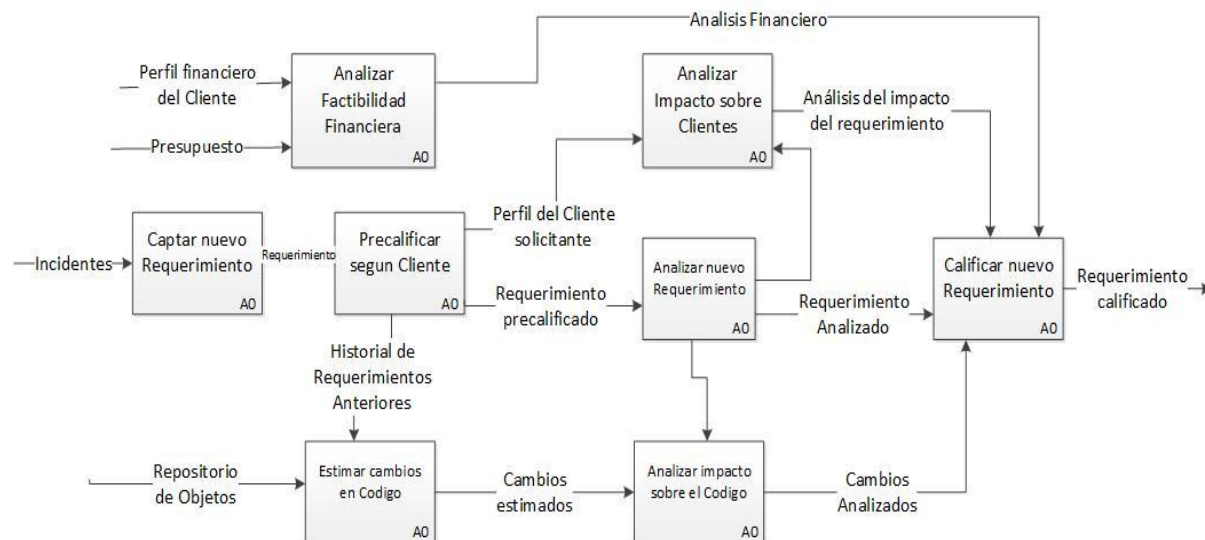


Figura 4: Sección Requerimiento: Calificación de un nuevo requerimiento.

3.4 Priorización de un conjunto de nuevos requerimientos calificados

La última sección es la priorización de los nuevos requerimientos, consiste en la evaluación y priorización de los nuevos requerimientos pendientes de desarrollo y ya previamente calificados según las calificaciones particulares de las distintas áreas de la empresa desarrolladora. Luego, y según diversas técnicas de priorización, se ejecuta el proceso con el que, junto a la definición de las metas estratégicas de la empresa desarrolladora y el enfoque gerencial estipulado, se podrá determinar una lista priorizada de requerimientos a desarrollar. Esta lista brindará un marco de soporte en la toma de decisiones al momento de definir si el equipo de desarrollo toma un requerimiento u otro.

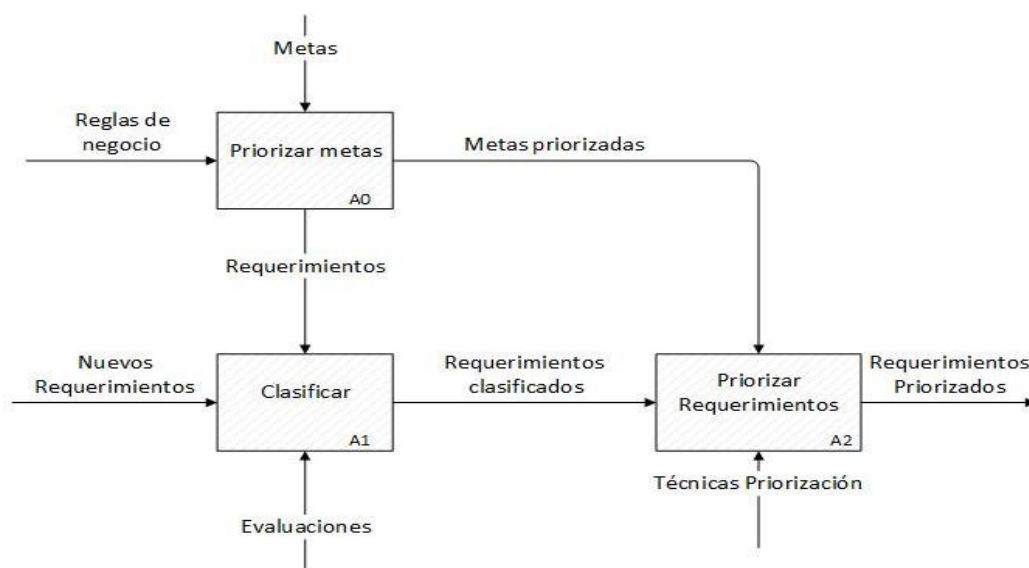


Figura 4: Sección Priorización: Ordenamiento de un pool de nuevos requerimientos.

Dentro del proceso se encuentra un *Pool de Técnicas de Priorización*, en donde estarán disponibles los métodos de priorización más probados y considerados importantes por la comunidad de desarrollo de software [13]. Se podrá hacer diferentes priorizaciones según distintas técnicas. Además, la lista de requerimientos calificados podrá estar sujeta al análisis que realizaría Gerencia para un control de cumplimiento de las reglas de negocio deseadas. La Figura 5 muestra el diagrama del proceso de priorización.

4. Conclusiones y recomendaciones

Como resultado del trabajo conjunto de empresas e integrantes de proyecto se pudo construir una metodología concreta, totalmente enmarcada dentro de las necesidades de las empresas consultadas, y en la descripción detallada de actividades que la integran. Se construyeron estructuras de datos que conservarán la historia completa de un requerimiento, y esta secuencia de acciones y situaciones dan una imagen del comportamiento de los clientes y de la empresa desarrolladora. Dicha metodología de altísimo valor y apoyo gerencial, permitirá optimizar los recursos, estimar resultados determinados por una correcta y eficaz elección de ordenamiento de los trabajos a realizar, según las reglas de negocio deseadas por las empresas. La construcción de la nueva herramienta es el objetivo principal de un nuevo proyecto, cuyos productos serán una forma de servicios que se volcarán al medio para la solución de un problema descrito por el entorno tecnológico del mercado de desarrollo de software. El conjunto de información que se guarda provee material de alto valor para el análisis de tendencias y comportamientos. La medición del impacto sobre los otros usuarios se puede escalar hacia un estudio de las consecuencias de las implementaciones para obtención de nuevos patrones, preferencias, etc.

5. Referencias

- [1] CANFORA G., CIMITILE A. (2000). Software Maintenance. *University of Sannio, Faculty of Engineering at Benevento Palazzo Bosco Lucarelli, Piazza Roma 82100, Benevento Italy*, 29 November.
- [2] IEEE 12207-2008, Systems and software engineering -- *Software life cycle processes*, <http://standards.ieee.org/findstds/standard/12207-2008.html>
- [3] SOMMERVILLE I.(2001) *Software engineering* 9th ed. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., Redwood City, CA, USA.
- [4] BERANDER, P., ANDREWS A. (2005). Requirements Prioritization. In: *Engineering and Managing Software Requirements*. Aybüke Aurum · Claes Wohlin (Eds.). 1sted. Springer Verlag. 2005.
- [5] BOURQUE P., FARLEY R. (2014) SWebok v3.0 *Guide to the Software Engineering Book of Knowledge* IEEE Computer Society Project.
- [6] DE FEDERICO S., SINCOSKY N., LASCANO A., AVOGRADINI M., MOSCHETTI D. (2014) Análisis para la identificación de clusters en información recopilada de empresas de desarrollo de software sobre técnicas de priorización de requerimientos, *Actas del 2º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información 2ª CoNaIISI Vol 1*.
- [7] DE FEDERICO S., AVOGRADINI M., SINCOSKY N., GAGO J., MOSCHETTI D., MELFI L., GONNET S. (2015) Estrategia para la Calificación y Priorización de Nuevos Requerimientos de Software Propietario Utilizando un Registro de Historial de Clientes. *CACIC 2015, Congreso Argentino de Ciencias de Computación*, Buenos Aires, Argentina. pps 7624-7633.

- [8] SHER F., JAWAWI D., MOHAMAD R., BABAR M. (2014) Multi-Aspects Based Requirements Prioritization Technique for Value-Based Software Developments. *International Conference on Emerging Technologies ICET*.
- [9] GARRE M., CUADRADO J., SICILIA M., RODRIGUEZ D., REJAS, R. (2007) Comparación de diferentes algoritmos de clustering en la estimación de coste en el desarrollo de software. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, Vol.3, No1
- [10] DE FEDERICO, S., SINCOSKY N., AVOGRADINI M., MOSCHETTI D. (2015) Construcción de una Metodología para la Priorización y Selección de Nuevos Requerimientos a Implementar en Software en Etapa de Mantenimiento, *Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación WICC*, Salta.
- [11] DE FEDERICO S., SINCOSKY N., A., AVOGRADINI M., MOSCHETTI D., MELFI L., GONNET S. (2015) Definición de Procesos de una Herramienta para la Calificación y Priorización de Nuevos Requerimientos en Software Propietario, *Actas del 3º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información 3ª CoNaIISI* Vol 1.
- [12] NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, NIST (1993). Announcing the Standard for Integration Definition for Function Modeling (IDEF0).
- [13] ACHIMUGU P., SELAMAT A., IBRAHIM R., MAHRIN M. (2014). A systematic literature review of software requirements prioritization research, *Information and Software Technology, Journal Information and Software Technology* Vol 56 Issue 6, pp. 568-585.

ANTENA IMPRESA INDEPENDIENTE DE LA FRECUENCIA

López Francisco Solano. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
franslopz@gmail.com

Paola Luciana Schlesinger, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
pupelu@gmail.com

Valdez Alberto Daniel. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
dvaldez@exa.unne.edu.ar

Miranda Carlos Arturo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
cartuomiranda@gmail.com

Chiozza Juan Ángel, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
titochiozza@gmail.com

Miranda Carlos Víctor, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carlitos22@gmail.com

Bava Alberto, Facultad de Ingeniería, ULP, albertobava@yahoo.com.ar

Resumen— Las numerosas aplicaciones de enlaces para comunicaciones por ondas electromagnéticas y los avances tecnológicos han requerido la exploración y la utilización de la mayor parte del espectro electromagnético, como así el amplio requerimiento de un ancho de banda mayor, que han exigido el diseño de antenas que operen en rangos amplios de frecuencia.

La antena espiral equiangular posee una configuración geométrica cuya superficie puede ser descrita por ángulos. Con esta condición se cumplen los requisitos constructivos necesarios para ser usadas como antenas independientes de la frecuencia.

Para diseñar una antena de dimensiones finitas debemos especificar la longitud del brazo de la espiral. La frecuencia más baja de operación ocurre cuando la longitud de brazo total es comparable a la longitud de onda; para todas las frecuencias por encima de esta, el patrón de radiación y las características de impedancia son independientes de la frecuencia.

Con el fin del estudio de esta antena se utilizó el software MatLab para el cálculo en forma automática de los parámetros constructivos y el modelo geométrico, teniendo en cuenta criterios específicos de diseño, como ser ancho de banda, dimensiones, separación entre bornes de alimentación etc. Se la simuló utilizando el software CST Studio en el rango de frecuencia de 0,8 - 8GHz, desarrollando luego un prototipo donde se verificaron los parámetros de la misma.

Palabras clave— ancho de banda, equiangular, simulación.

1. Introducción

Las antenas en general presentan un comportamiento muy variable con la frecuencia según su configuración, de forma que sólo pueden ser empleadas en un margen estrecho de estas. Los dipolos delgados presentan impedancias de entrada que varían rápidamente con la frecuencia y, por tanto, sólo pueden adaptarse a los transmisores o receptores en márgenes de frecuencias pequeños. Las bocinas están limitadas en banda por la guía que las alimenta.

El comportamiento de las agrupaciones de antenas está en gran parte determinado por la frecuencia, ya que el margen visible del factor de la agrupación está ligado al espaciado de los elementos, medido en términos de la longitud de onda.

El interés por obtener antenas de banda ancha se originó, durante y después de la Segunda Guerra Mundial, por la necesidad de reducir y simplificar el número de sistemas radiantes embarcados en aeronaves, comunicaciones en distintas bandas de frecuencias, sistemas de radionavegación, etc.

Por antenas de banda ancha se entienden, habitualmente, aquellas antenas que mantienen alguno de sus parámetros: impedancia, directividad, etc., constantes o con variaciones pequeñas en un margen de frecuencias grande.

Otro concepto asociado a las antenas de banda ancha es el de antenas independientes de la frecuencia; en este caso se trata de antenas con un comportamiento que no varía con la frecuencia. Teóricamente, esto puede conseguirse con ciertas antenas de dimensión infinita. En la realización práctica de una antena independiente de la frecuencia es necesario acotar sus dimensiones, lo que producirá una variación de los parámetros con la frecuencia; con todo, es posible conseguir mantener las especificaciones de la antena dentro de dimensiones pequeñas de variación en márgenes de frecuencias.

Actualmente las antenas de banda ancha en sus distintas configuraciones se utilizan para estudiar el espectro radioeléctrico en rangos de frecuencia de interés. Como en el estudio de las radiaciones no ionizantes generadas por servicios de telecomunicaciones o las emisoras de FM, bandas de telefonía celular, televisión digital y Wi-Fi.

La técnica utilizada para fabricar la antena es en circuito impreso, consistente en una placa metálica de espesor muy delgado dispuesto sobre un sustrato dieléctrico de bajas pérdidas colocado encima de un plano metálico, que aprovecha las ventajas constructivas de las antenas de microstrip, donde podemos citar: fabricación sencilla y económica, robustas y fácilmente combinables con circuitos integrados de microondas.

1.1 Antenas independientes de la frecuencia

En el modelo a escala de una antena, las características, como impedancia, diagrama de radiación, polarización, etc. son invariante al cambio de las dimensiones físicas, si se realiza un cambio a la frecuencia de operación o longitud de onda. Por ejemplo, si todas las dimensiones físicas son reducidas en un factor de dos, el rendimiento de la antena permanecerá sin alterar si la frecuencia de operaciones es aumentada por un factor de dos. En otras palabras, el rendimiento es invariante si las dimensiones eléctricas permanecen sin alterar.

Las características del modelado a escala de una antena, también indican que si la forma de la antena fuera completamente especificada por ángulos, su funcionamiento tendría que ser independiente de la frecuencia [1].

Este trabajo considera el diseño y construcción de una antena de banda ancha, en particular una estructura independiente de la frecuencia como lo es la Antena de Espiral Equiangular Planar - AEPP, para el diseño de la misma se desarrollo un programa basado en Matlab para el cálculo automático de los parámetros constructivos y el modelo geométrico de la misma. Mediante el software CST Microwave Studio®-CST MWS, se simulo el funcionamiento de los modelos resultantes del programa para el análisis y optimización de los diseños. Con el modelo que verifco las especificaciones más convenientes se construyó la antena y se realizaron los ensayos más relevantes para constatar con los resultados de la simulación.

La AEPP diseñada deberá tener un rango de operación en frecuencia de 0.8GHz-8GHz (ancho de banda 1:10) dentro de este intervalo de frecuencia deberá ser poco directiva y tener polarización circular-elíptica ya que la misma estará destinada al estudio del espectro electromagnético de señales de procedencia, polarización y frecuencia desconocidas.

2. Materiales y Métodos

2.1 Antena de Espiral Equiangular

El espiral equiangular es una configuración geométrica cuya superficie puede ser descrita por ángulos. Con esta condición se estaría cumpliendo con todos los requisitos constructivos impuestos que pueden ser usados para diseñar antenas independientes de la frecuencia. Ya que una curva en espiral a lo largo de su superficie se puede extender hasta el infinito, es necesario designar la longitud del espiral para especificar una antena de dimensiones finita. La frecuencia más baja de operación ocurre cuando la longitud total del espiral es comparable a la longitud de onda. Para todas las frecuencias por encima de esta, el patrón de radiación y las características de impedancia son independientes de la frecuencia [2].

2.2 Espiral Plano

La geometría de la antena se describe en función los ángulos (θ) y (φ), el espiral queda definido por, el radio (ρ), el radio inicial del espiral (r_0) y la velocidad de expansión del espiral (v_{exp}), para que la geometría se dibuje en una superficie plana infinitesimal se debe imponer que la misma varíe según la siguiente función:

$$\rho = \begin{cases} r_0 e^{v_{\text{exp}} \varphi} & \text{para } \theta = \frac{\pi}{2} \\ 0 & \text{para } \theta \neq \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (1)$$

De esta forma las dimensiones de las superficies resultantes quedan descriptas únicamente en función de ángulos, requisito necesario para ser una estructura autoescalable independiente de la frecuencia.

2.3 Criterios de diseño de una AEEP

Las separación entre las terminales de alimentación (d_{sep}) limita la frecuencia máxima (f_{max}) de funcionamiento, ya que para distancias de separación comparables a la longitud de onda mínima (λ_{min}) existe un desfase entre los brazos de la antena, un criterio práctico que se puede adoptar es $d_{sep} < \lambda/10$ [3].

La longitud total del espiral (L_T) está relacionada con la frecuencia mínima (f_{min}) para la cual se desea tener una polarización elíptica tornándose a polarización circular a medida que aumenta la frecuencia. Para bajas frecuencias tales que L_T es pequeña comparada con la longitud de onda (λ), el campo irradiado se polariza linealmente [4].

La velocidad de expansión (v_{exp}) debe ser una función logarítmica del coeficiente de expansión (C_{exp}), como criterio practico para que no se produzcan cambios bruscos de dimensiones del espiral conforme a la selección de un C_{exp} mayor o menor respectivamente [5].

Se considera el factor de alargamiento (fal) $fal=15\%$ de la longitud del espiral, tal que L_T sea ligeramente mayor que la longitud de onda máxima (λ_{max}) de la f_{min} con el fin de mejorar la respuesta en baja frecuencia [6].

2.4 Parámetros de diseño del modelo geométrico de una AEEP

Los parámetros iniciales necesarios para crear el modelo se tienen en cuenta considerando los criterios mencionados, se debe especificar los valores de: f_{max} , f_{min} , r_0 y el C_{exp} , una vez seleccionado estos valores según el requerimiento, los cálculos correspondientes y el procesamiento de datos se realizan por medio de un programa desarrollado en MatLab del cual se obtienen como argumento de retorno parámetros constructivos, el modelo geométrico y datos informativos necesarios a tener en cuenta para la simulación y posterior ensayo de la antena. Con el propósito de facilitar la interacción usuario programa se creó un aplicativo ejecutable Graphical User Interfase (GUI) que se muestra en la Figura 1.

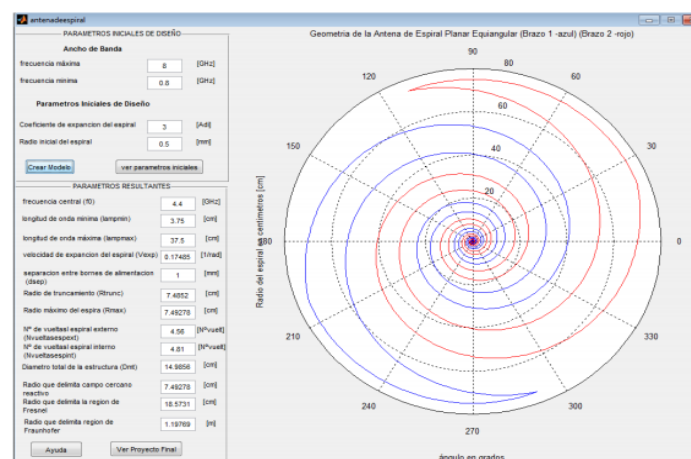


Figura 1. GUI diseño modelo de la AEEP

Los argumentos resultantes son: la frecuencia central (f_0), λ_{min} , λ_{max} , v_{exp} , d_{sep} , radio de truncamiento (R_{trunc}), radio máximo del espiral (R_{max}), número de vueltas del espiral externo

($N_{\text{vueltasespext}}$), número de vueltas del espiral interno ($N_{\text{vueltasespint}}$), radio que delimita campo cercano reactivo, radio que delimita la región de Fresnel y el radio que delimita la región de Fraunhofer, los mismos se pueden observar en la captura de pantalla según la Figura 2.

El aplicativo es intuitivo, se debe introducir los parámetros iniciales en los casilleros, según corresponda. Los parámetros más fuertemente ligados a la forma y dimensiones de la antena son C_{exp} y el r_0 .

En el programa aplicativo se pueden ir variando los valores de los parámetros iniciales de diseño a fin de analizar los resultados que se obtienen para los parámetros constructivos y el modelo geométrico, a raíz de esto inferir el diseño más conveniente. Como resultado de pruebas sucesivas se optó por un $C_{\text{exp}} = 3$, para el cual se tiene un modelo de espiral con superficie conductora más reducida con el propósito de disminuir las pérdidas óhmicas por efecto pelicular. También se debe asumir una relación de compromiso entre la longitud del espiral y el diámetro total de la estructura teniendo en cuenta que las pérdidas de retorno se tornan más significativas a medida que la longitud total de la espira se aproxima a la longitud eléctrica de la frecuencia mínima de operación λ_{min} . Estas consideraciones surgen de las simulaciones para distintos parámetros constructivos.

La antena fue proyectada para implementarse sobre una placa de circuito impreso de doble capa, el material del sustrato fue en este caso una placa de baquelita no siendo el más adecuado debida a sus pérdidas $\epsilon \approx 5$ con una altura de sustrato $h = 4\text{mm}$, pero si el disponible en el mercado local. La ventaja de una placa de doble laminado de cobre es que permite introducir por uno de los brazos de la AEEP soldada al cobre, la malla del cable coaxial que alimenta la antena hasta el centro de la estructura vinculando el conductor central del cable coaxial al brazo complementario del lado opuesto. Este artificio se realiza para balancear y simetrizar la alimentación de la antena dado que se alimenta con una línea de transmisión desbalanceada [7].

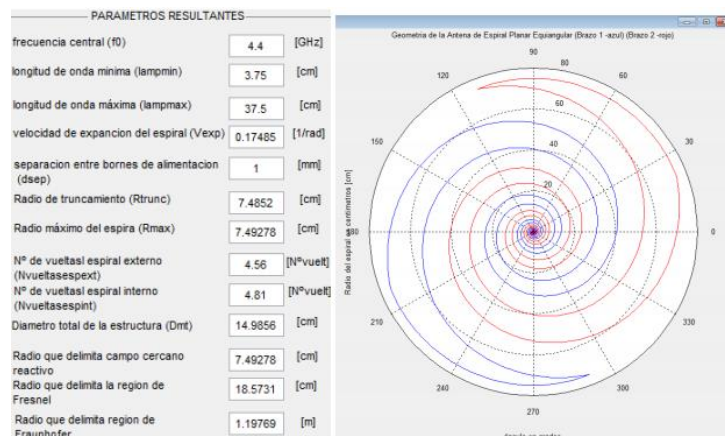


Figura 2. Parámetros constructivos resultantes AEEP 0.8-8GHz

3. Resultados y Discusión

3.1 Simulación

A partir de los parámetros constructivos obtenidos según el cálculo de diseño se crea el modelo en 3D, que se muestra en la Figura 3, mediante el software CST MWS, el mismo fue

adoptado según el resultado de analizar el funcionamiento de diversos diseños con distintas variantes.

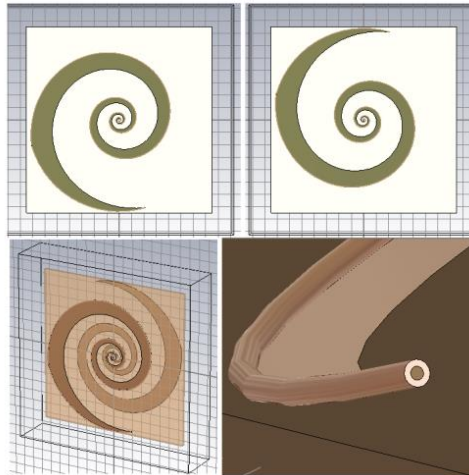


Figura 3. Modelo AEEP 3D dibujada en CST MWS

Se realizó la simulación obteniéndose el diagrama de radiación en 3D que se observa en la Figura 4, el diagrama en coordenadas polares para $\phi=90^\circ$ y $\phi=270^\circ$ se muestra en la Figura 5 y la relación de onda estacionaria dentro del ancho de banda proyectado se observa en la Figura 6.

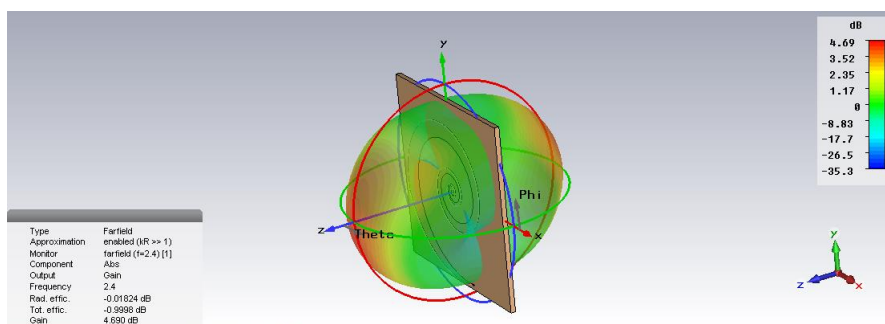


Figura 4. Diagrama de radiación en 3D para $f=2.4\text{GHz}$.

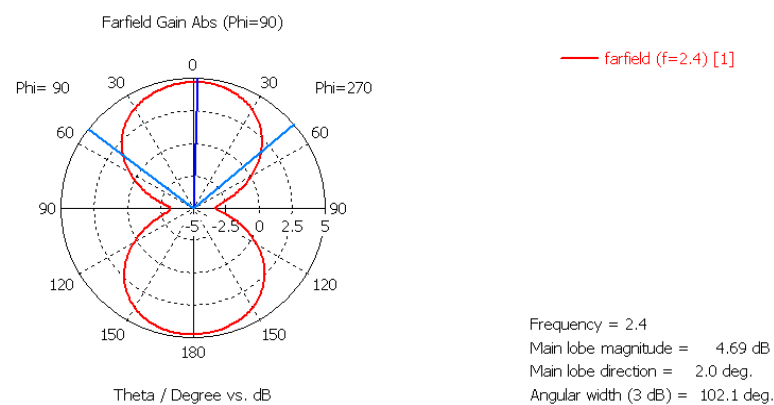


Figura 5. Diagrama polar de radiación para $f=2.4\text{GHz}$

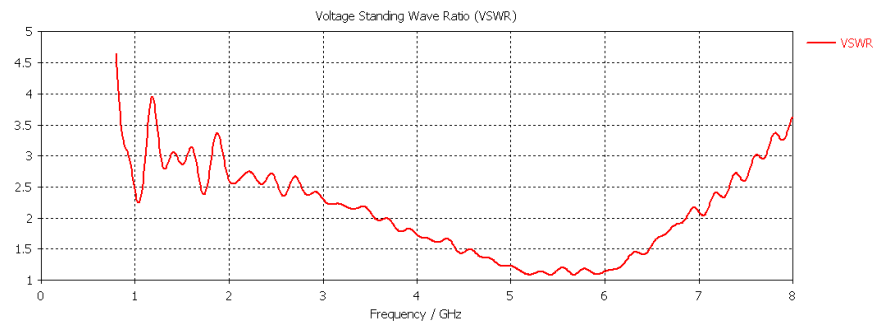


Figura 6. Relación de onda estacionaria en el ancho de banda proyectado

3.2 Construcción

Teniendo en cuenta el modelo creado a partir de los parámetros iniciales de diseño por medio del aplicativo desarrollado en MatLab, posteriormente simulado con el CST MWS y verificado su desempeño se construye la AEEP con una placa de cobre impresa, el sustrato utilizado fue baquelita de espesor 4mm y permitividad $\epsilon \approx 5$.

Se imprimió el modelo con una impresora láser con el fin de plasmar la geometría de los brazos de la antena en la lámina de cobre por medio de la técnica de termotransferencia del tóner, para tener una referencia de la posición exacta del brazo del espiral, previamente en la placa se dibujó unos ejes cartesianos a partir de los cuales se controló la distancia desde el centro de coordenadas a los puntos en que el espiral cruza a los ejes para conservar la exactitud del modelo impreso.

Una vez que los brazos de la antena estaban debidamente orientados se cubrió con varias capas de tinta indeleble cuidadosamente para asegurar la protección de zona de interés contra el ataque del cloruro férrico concentrado. Posteriormente al recubrimiento de la superficie que conforma el modelo de la antena con la tinta indeleble, se coloca cuidadosamente la placa en el recipiente que contiene cloruro férrico concentrado.

Debido a que la AEEP debe ser simétrica tanto en la distribución de corriente como en la geometría, para conservar la simetría en la geometría de la antena se coloca un falso cable coaxial, el conductor central no está conectado a la alimentación, en el otro brazo de la espiral. La superficie del brazo de la AEEP se va reduciendo gradualmente conforme a la aproximación al origen de coordenadas, acompañada a esta reducción de superficie, también la separación entre los radios del espiral se vuelve más estrecha a razón de cada vuelta hasta llegar al radio mínimo próximo al origen de coordenadas.

Por este motivo el cable coaxial que se utilizó para el montaje superficial en la antena fue un micro coaxial de diámetro $\theta = 1.37\text{mm}$, impedancia característica mínima $Z_0 = 50\text{ ohm}$, resistencia en continua máxima $R_o = 20\text{ohm}$, rango de frecuencia de DC a 6GHz y relación de onda estacionaria, ROE o según sus siglas en inglés, VSWR: 1.5:1 máximo. La antena diseñada y construida se muestra en la Figura 7.

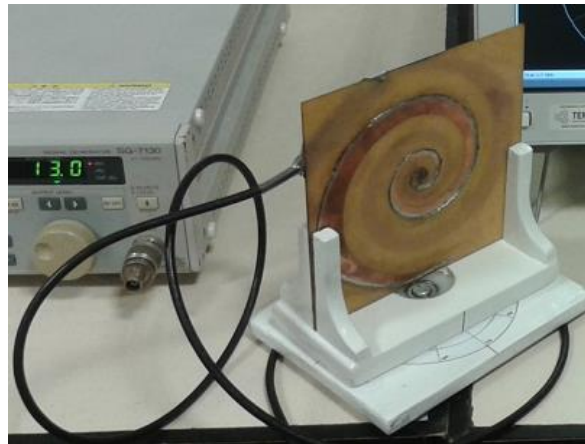


Figura 7. AEEP construida

3.3 Mediciones

Utilizando un Analizador Vectorial de Redes, Marca Agilent Technologies, modelo E5062A, que utiliza una impedancia de referencia de 50 ohm, se procedió a medir la relación de onda estacionaria (ROE) mediante el parámetro S_{11} . Como se puede apreciar en la imagen de la Figura 8, para un barrido en frecuencia de 2.7GHz a 2.9GHz la ROE fluctúa entre 1.84 a un máximo de 4.15 y para un barrido en frecuencia de 2.9GHz a 3GHz la ROE varia de un mínimo de 1.64 a un máximo de 3.53. La tendencia que posee la ROE es decreciente con el aumento de la frecuencia siendo elevado el valor por debajo de la frecuencia mínima de operación, mejorando notablemente a medida que aumenta la frecuencia.

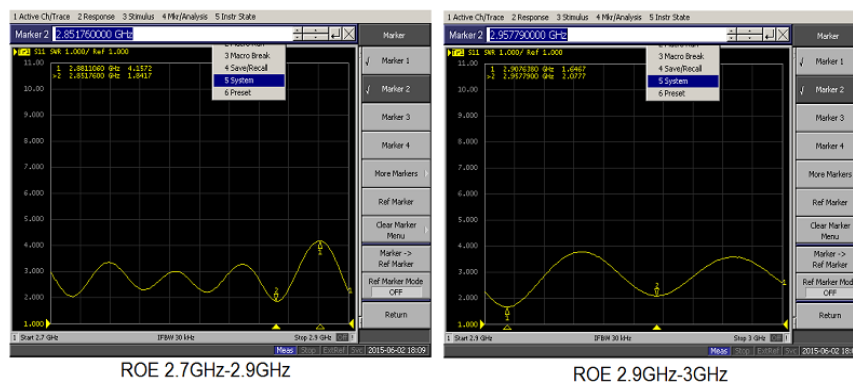


Figura 8. ROE medido para las frecuencias 2.7GHz-2.9GHz y 2.9GHz-3GHz

Con el fin de comprobar la polarización circular que posee la antena diseñada se midió la recepción de la intensidad de campo eléctrico para disposiciones ortogonales de la antena sonda como se muestra en la Figura 9.

Se observa en el analizador de espectro que los niveles de recepción permanecieron prácticamente invariantes en la antena de polarización lineal (sonda), cuando se orientó según las dos direcciones ortogonales del espacio, como resultado de este procedimiento se determinó el coeficiente de desacoplo de polarización entre la antena construida y la sonda,

comprobando efectivamente que la AEEP posee polarización circular a la frecuencia ensayada.



Figura 9. Comprobación de la polarización circular AEEP.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se ha concretado el objetivo de diseñar, calcular y construir una Antena de Espiral Equiangular Planar impresa que cumpla con las características de diseño para ser independiente de la frecuencia. La antena se utilizara para estudiar el espectro radioeléctrico en distintas bandas de frecuencia, características de los servicios de telecomunicaciones actuales como ser las de telefonía celular y Wi Fi.

Mediante la utilización de software específico, como MatLab y CST Studio fue calculada y optimizado su prestación.

En la etapa de construcción de la antena surgieron inconvenientes con los materiales disponibles en el mercado local, ya que poseen características constructivas que no son las óptimas, como ser el dieléctrico utilizado, la baquelita, que presenta perdidas elevadas.

Para futuras implementaciones de esta antena debemos utilizar materiales óptimos en su funcionamiento para mejorar la relación de onda estacionaria en el ancho de banda de utilización y su diagrama de radiación. Además mediante algún método conocido debemos obtener la ganancia de la antena diseñada, para garantizar su utilización como antena patrón.

5. Referencias

- [1]BALANIS C. A, 2005, *Antenna Theor yAnalysis Desing*, Third Edition 611p.
- [2] BALANIS C. A, 2005, *Antenna Theory Analyisi sDesing*, Third Edition 614p.
- [3]BALANIS C. A, 2005, *Antenna Theory Analysis Desing*, Third Edition 615p
- [4] BALANIS C. A, 2005, *Antenna Theory Analysis Desing*, Third Edition 118p.
- [5] Criterio practico asumido a partir de los resultados obtenidos de los modelos geométricos calculados con MatLab.

[6] Correcciones derivadas del análisis de las simulaciones realizadas con el software CST MWS.

[7] CARDAMA A. A, 2002, Antenas, 2da Edición.

Forestal, Agronomía y Alimentos



PROPIEDADES FÍSICAS DE FAMILIAS DE *Eucalyptus tereticornis* PLANTADOS EN SANTIAGO DEL ESTERO.

Maximiliano Umlandt, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, maximiliano.umlandt@gmail.com

Vanesa Jiménez, Centro de Investigaciones y Transferencias de Santiago del Estero, CONICET, paulavanesajimenez@gmail.com

Estela Pan, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, epan@unse.edu.ar

Margarita Juárez de Galindez, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, marga@unse.edu.ar

Juan Carlos Medina, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, jcmedina@unse.edu.ar

Resumen— La madera madura de *Eucalyptus tereticornis* presenta buenas características tecnológicas y es apta para la obtención de productos sólidos; mientras que la madera joven proveniente de familias de *Eucalyptus tereticornis* posee características tecnológicas diferentes a la madera adulta, presentando comportamientos no apropiados en su posterior transformación mecánica.

El objetivo del trabajo fue evaluar cuales familias exhiben mejor comportamiento físico para uso sólido a partir de la determinación de las densidades básica, anhidra, contracciones y estabilidad dimensional en individuos seleccionados de un ensayo de familias de *Eucalyptus tereticornis* en Santiago del Estero.

El material consistió en individuos pertenecientes a 2 familias de *Eucalyptus tereticornis* (familias 15 y 65) implantados en la Estación Experimental Fernández, de la Ciudad de Fernández, Departamento Robles, Provincia de Santiago del Estero, Argentina. Se seleccionaron familias obtenidas de un ranking de productividad, con apariencia sana, de buen porte y sin defecto de forma.

Los resultados preliminares muestran diferencias entre las dos familias analizadas para las variables contracción tangencial, volumétrica y coeficiente de retractabilidad diferencial radial. La familia 65 presentó los valores más bajos de contracciones volumétricas (20,17%), de coeficientes de estabilidad dimensional radial y tangencial (0,28 y 0,48 respectivamente) con una densidad básica de 0,77 g/cm³; lo que indicaría que la familia 65 presenta valores aptos de madera para usos sólidos.

Palabras clave— propiedades físicas, familias, *Eucalyptus tereticornis*.

1. Introducción

Las plantaciones forestales deben responder a la demanda de la industria forestal a mediano y largo plazo, ya que la composición de los bosques naturales no permite atenderla, debido a la diversidad de las dimensiones y calidad de madera que ofrece, Cabrera Gaillard [1]. Las velocidades de crecimiento y los turnos de aprovechamiento de las especies introducidas son una ventaja sobre la mayoría de las especies nativas. El progreso foresto-industrial de un país se basa en el cultivo de especies forestales de rápido crecimiento para la producción de madera comercial, Marcó [2].

El *Eucalyptus tereticornis* es una especie originaria de Australia que crece en climas templados a tropicales entre los 6° C y 38° C en alturas que van desde cero a 1000 msnm. Es un árbol de gran porte que alcanza hasta 45 m de altura Salto [3]; INTA - SAGyP [4]. La madera de esta especie es utilizada para postes, en la producción de pulpa y leña, en pisos, encofrados, cabreadas, construcciones livianas y en carpintería rural. EL *Eucalyptus tereticornis* posee madera difícil de secar al aire libre, presentando deformaciones y agrietamientos en el proceso de secado, es moderadamente durable y resistente al ataque de hongos, Eldridge [5] y CONIF citado por Rodríguez et al. [6].

El *Eucalyptus tereticornis* es potencialmente adecuado para el cultivo de bosques con fines industriales en Santiago del Estero, debido a sus características de rápido crecimiento, capacidad de adaptación a diversos ambientes y estrategias de regeneración, siendo además, resistente a fríos, heladas y calores excesivos prosperando en suelos húmedos pero también secos y salados, Pan [7]. En Argentina las especies forestadas son el pino (54%), eucalipto (32%), salicáceas (11%) y otras especies (3%) de acuerdo con la Dirección de Producción Forestal del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) [8].

Según Tinto [9] y Coronel [10], la madera de *Eucalyptus tereticornis* se ubica dentro del grupo de las “pesadas” o “coloradas”. Presenta buenas propiedades físicas y mecánicas, siendo de grano entrecruzado, dándole esta característica una difícil trabajabilidad. Por su alta densidad (0,85 – 1,0 kg/dm³), y dureza es apta para fines energéticos (leña y carbón) y a su vez por su resistencia y durabilidad es apta para productos de madera sólida (pisos y parquet).

Por ello considerando las buenas características tecnológicas del *Eucalyptus tereticornis* maduro, el objeto de este trabajo fue determinar densidad, contracciones y coeficientes de retractabilidad, en individuos pertenecientes a un ensayo de familias de *Eucalyptus tereticornis* de 12 años de edad plantados en Santiago del Estero.

2. Materiales y Métodos

2.1 Material

El material consistió en individuos jóvenes pertenecientes a 2 familias de *Eucalyptus tereticornis*, repetidos en tres bloques, provenientes de un ensayo de mejoramiento genético, implantados en el Estación Experimental Fernández, de la Ciudad de Fernández, Departamento Robles, Provincia de Santiago del Estero (65° 55', 27° 55S), Argentina, Salto [3].



Figura 1. Imagen de individuos de *Eucalyptus tereticornis*.
Fuente: elaboración propia

2.2 Método

Las dos familias fueron seleccionadas a partir de un ranking de productividad, con apariencia sana, de buen porte y sin defecto de forma conforme a la metodología por Hoheisel [11] y COPANT N° 458 [12]. Se utilizó un diseño experimental de bloques compactos al azar, con 4 repeticiones y parcelas lineales de 5 árboles.

Tabla 1. Diseño experimental.

Bloques	I		II		III	
Familias	15	65	15	65	15	65
Nº de Individuos	2	2	2	2	2	2

Fuente: elaboración propia.

2.2.1 Preparación de las probetas

Para la realización de los ensayos físicos se obtuvo una troza de 1,40 m de largo, conforme a la Norma Copant 458 [12]. La troza fue aserrada longitudinalmente para la obtención de un tablón central de 8 cm de espesor, el cual fue protegido con pintura asfáltica en sus caras transversales para evitar una desecación brusca. Las probetas fueron elaboradas y dimensionadas de acuerdo a lo prescripto por Normas IRAM [13] (9544, 9542) y DIN 52184 [14]. Las propiedades ensayadas fueron densidad básica y anhidra, humedad, contracción radial (β_{rad}), contracción tangencial (β_{tang}), contracción longitudinal (β_{long}), contracción volumétrica (β_{vol}), coeficiente de retractabilidad radial (Q_{rad}) y coeficiente de retractabilidad tangencial (Q_{tang}).

2.2.2 Determinación de las propiedades físicas

Para la determinación de la densidad se siguió la metodología prescripta por la Norma IRAM [13] (9544). La determinación de las contracciones lineales, volumétricas y estabilidad dimensional, valorada en base de coeficiente de retractabilidad, se llevaron de acuerdo a las Normas DIN 52184 [14].

3. Resultados y Discusión

En la tabla 2 se muestra los valores de densidad básica y anhidra, las contracciones lineales y volumétricas; y los coeficientes de retractabilidad lineales y volumétricos promedios para las dos familias en los tres bloques.

Tabla 2. Densidad básica y anhidra, contracciones lineales y volumétrica; y coeficiente de retractabilidad promedio de 2 familias de *Eucalyptus tereticornis*.

Familia	Propiedad							
	Densidad promedio		Contracción Promedio (β)				Coeficiente de retractabilidad promedio (Q)	
	Básica (g/cm ³)	Anhidra (g/cm ³)	β_{rad}	β_{tang}	β_{long}	β_{vol}	Q _{rad}	Q _{tang}
15	0,58	0,81	7,55	14,17	0,25	21,97	0,17	0,27
65	0,77	0,96	7,09	12,61	0,47	20,17	0,28	0,48

Fuente: elaboración propia.

- Densidad básica y anhidra.

Respecto de la densidad anhidra los valores obtenidos para la madera joven de la familia 15 son cercanos con los reportados por Coronel [15] (0,87 g/cm³) para madera madura. Por otro lado, Cardoso [16] obtuvo densidades básica y anhidra de 0,63 g/cm³ y 0,86 g/cm³ respectivamente, los que están en correspondencia con los obtenidos para la familia 15. Sin embargo, la madera joven de la familia 65 mostró valores de densidad superiores a los presentados por los autores antes citados.

- Contracciones radial, tangencial, longitudinal y volumétrica.

Para estas propiedades la madera de la familia 65 expuso los valores de contracciones menores a los de la familia 15, excepto para el caso de la contracción longitudinal (β_{long}) donde la familia 65 presenta el mayor valor.

Los valores reportados por Coronel [15] (β_{rad} : 6,29; β_{tang} : 10,53; β_{long} : 0,30 y β_{vol} : 17,55) y Tuset y García Taibo citados por Mantero [17] (β_{rad} : 5,50; β_{tang} : 9,30; y β_{vol} : 20,64), para madera madura de *Eucalyptus tereticornis*, están por debajo de los encontrados en madera joven de las familias 15 y 65, sin embargo, los valores de estas familias se acercan a los reportados por Tarigo [18] (β_{rad} : 6,90; β_{tang} : 13,40; y β_{vol} : 23,00) y Cardoso [16] (β_{rad} : 7,04; β_{tang} : 14,70; y β_{vol} : 20,64). Las contracciones longitudinales de las dos familias de *Eucalyptus tereticornis* presentaron valores que se encuentran dentro de los límites para madera madura (0,15% a 0,55%), Coronel [10].

- Coeficiente de retractabilidad.

Los coeficientes de retractabilidad promedios determinados para madera joven de *Eucalyptus tereticornis* (tabla 2) resultaron mayores para la familia 65. Estos valores son mayores que los determinados por Coronel [15] (Q_{rad}: 0,23 y Q_{tang}: 0,32) para madera madura de *Eucalyptus tereticornis*. La familia 15 muestra coeficientes de retractabilidad que permiten suponer es más estable que la familia 65. A su vez, los valores de la familia 15 son cercanos a los citados por Coronel [15].

De acuerdo a la clasificación reportada por Froment citado por Pan [19], que califica el movimiento dimensional o estabilidad dimensional de las maderas de acuerdo al uso, presenta

un rango que varía de 0 a 1, donde 0 corresponde a maderas que no son nerviosas y de buena estabilidad dimensional, y 1 a maderas muy nerviosas e inestables dimensionalmente. Los valores de retractabilidad radial y tangencial de la familia 65 la califican como muy estable en el sentido radial y medianamente estable en el tangencial.

4. Conclusiones y recomendaciones

La madera joven de *Eucalyptus tereticornis* en la familia 65 exhibe valores de contracción que están en el rango correspondiente a los Eucaliptos pesados o rojos, con una moderada estabilidad dimensional y una densidad que la clasifica como madera pesada, presentándola como una madera joven apta para la transformación mecánica.

5. Referencias

- [1] CABRERA GAILLARD, C. (2003). Plantaciones Forestales: Oportunidades para el Desarrollo Sostenible. Serie de Documentos Técnicos N° 6. Instituto de Agricultura, Recursos naturales y Ambiente, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Pp 20.
- [2] MARCÓ, M. (2006). Eucalyptus de rápido crecimiento para usos sólidos. XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 4 p.
- [3] SALTO, C. S. (2008). Variación genética en progenies de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis* Smith. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp 46.
- [4] INTA y SAGyP (1995), Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Buenos Aires, Argentina. Pp 124 – 128.
- [5] ELDBRIGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; VAN WYK, G. (1994). *Eucalyptus Domestication and Breeding*. Oxford University Press Inc. New York, E.E.U.U. 287 p.
- [6] RODRÍGUEZ, A. T. P; AGUILERA, Y. V; TAPIA, C. P. (2007). Influencia del contenido de humedad de equilibrio en sorción y desorción sobre la dureza de cuatro especies maderables plantadas en Colombia. Colombia Forestal, Colombia v. 10, n. 20. p. 226-237.
- [7] PAN, E. M; SALTO, C; UMLANDT, M; GALINDEZ, M. J. (2016). Tensiones de crecimiento en madera de familias y progenies de *Eucalyptus tereticornis* plantados en Santiago del Estero (inédito). Revista Foresta Veracruzana, Veracruz, México.
- [8] MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA (MAGyP) (2015). Argentina: Plantaciones Forestales y Gestión Sostenible. Bs.As., Argentina. 15 p.
- [9] TINTO, J. (1978). Aportes del sector forestal a la construcción de viviendas. Folleto Técnico Forestal N° 44. Segunda Edición. Argentina, 142 p.
- [10] CORONEL, E. (1994). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas; aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. Santiago del Estero, Argentina. 187 p.
- [11] HOHEISEL, H. (1968). Estipulaciones para los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación. Mérida. Venezuela. 98 p.

- [12] COPANT N° 458. (1978). “Normas para ensayo de madera”. Comisión Panamericana de Normas Técnicas. 6 p.
- [13] IRAM 9544, 1973. Instituto Argentino De Racionalización De Materiales-IRAM 9544. Método de la determinación de la densidad aparente. 4 p.
- [14] DIN. (1982). Normen über Holz. Deutsches Institut für Normung e.v. Beuth – Vertrieb GMBH. Berlin, Köln, Frankfurt, Alemania.
- [15] CORONEL, E. O. (2005). Propiedades físico-mecánicas de algunas maderas de la región Chaqueña, y su empleo en la construcción. Cartilla técnica 1, ITM – Serie de publicaciones. Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. 15 p.
- [16] CARDOSO, A; CAGNO, M; CÁRDENAS, P; GATTO, F. (2013). Contracción, hinchamiento y peso específico aparente de madera de eucalipto colorado (*Eucalyptus tereticornis* Smith). Revista INNOTEC, v. 8, Uruguay. p. 5-12.
- [17] MANTERO, C. (1995). Aptitud de uso de la madera de los eucaliptos colorados para carpintería de obra. Ayuntamiento granada. Nápoles. Página web http://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=70052318224543124&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5 Disponible el día 13 de octubre de 2012.
- [18] TARIGO, F. (2008). Propiedades físicas y mecánicas de *Eucalyptus tereticornis*. Jornada técnica: Eucaliptos colorados: mejoramiento genético, propiedades y usos de la madera. INIA Tacuarembó - Estación Experimental del Norte, Tacuarembó, Uruguay. p. 1-9.
- [19] PAN, E. M; RUIZ, A. P; RUIZ, E. (2009). Propiedades tecnológicas de la madera 1ª parte. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Editorial Lucrecia. Santiago del Estero, Argentina. p. 184.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

PROPIEDADES FÍSICAS EN MADERA DE PROGENIES DE *Eucalyptus camaldulensis* EN SANTIAGO DEL ESTERO

Vanesa Jiménez, Centro de Investigaciones y Transferencias de Santiago del Estero,
CONICET, paulavanesajimenez@gmail.com

Maximiliano Umlandt, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago
del Estero, maximiliano.umlandt@gmail.com

Estela Pan, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero,
epan@unse.edu.ar

Juan Carlos Medina, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del
Estero, jcmedina@unse.edu.ar

Margarita Juarez de Galíndez, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de
Santiago del Estero, marga@unse.edu.ar

Resumen—La madera madura de *Eucalyptus camaldulensis* presenta buenas propiedades tecnológicas y aptitud para la obtención de productos sólidos; mientras que la madera joven proveniente de orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* posee características físicas y mecánicas diferentes a la madera adulta, presentando comportamientos no apropiados en su posterior transformación mecánica. El objetivo del trabajo fue evaluar cuales orígenes exhiben mejores características para su uso como producto sólido a partir de la determinación de las densidades anhidra y básica, contracciones y estabilidad dimensional en individuos seleccionados de un ensayo de progenies de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero. Como material se utilizó madera perteneciente a siete orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* (A, B, C, D, E, K y LL) seleccionados en base a la altura, diámetro altura de pecho (DAP) densidad y estado sanitario.

Los resultados preliminares muestran que el origen D arrojó el mínimo valor de contracción volumétrica (11,76%) con una densidad que la clasifica a esa madera como medianamente pesada (0,61 y 0,59 g/cm³) y un bajo coeficiente de retractabilidad (0,46). El origen D presenta características de madera apta para diferentes usos, ya que exhibe valores bajos de contracción y una buena estabilidad dimensional con una densidad que la clasifica como madera medianamente pesada.

Palabras clave— contracciones, estabilidad dimensional, orígenes, *Eucalyptus camaldulensis*.

1. Introducción

El *Eucalyptus camaldulensis* es una especie que crece en diversas condiciones climáticas, siendo resistente al frío, heladas y calores excesivos. La madera de *Eucalyptus camaldulensis* se ubica dentro de los llamados eucalyptus colorados pertenecientes al grupo de los "pesados" con una densidad media de $0,83 \text{ gr/cm}^3$, Tinto [1], comparable a especies nativas.

La bibliografía reporta que la madera madura de *Eucalyptus camaldulensis* es utilizada principalmente para leña, carbón, postes, chapas decorativas, molduras, parquet, siendo el destino original madera pulpable; sin perjuicio de lo anterior y en la necesidad de diversificar su uso y campo de aplicación como madera sólida, se han generado desafíos importantes en el campo del aserrío, preparación, elaboración y desarrollo de productos a partir de estas especies.

En la actualidad el aserrado del eucalipto para pisos se realiza preferentemente en Mendoza y Buenos Aires (Argentina) y teniendo en cuenta la dureza exigida, se emplean los eucaliptos colorados, entre ellos el *Eucalyptus camaldulensis*, Sánchez Acosta[2].

Con respecto a las contracciones los *Eucalyptus* muestran tensiones internas que acarrear problemas en la industrialización (rajaduras, alabeos, grietas).

Según Tinto [1] el *Eucalyptus camaldulensis* es poco estable dimensionalmente respecto a otras especies de *Eucalyptus*, propiedad medida a través de la relación T/R (coeficiente de anisotropía). En cambio Rosende y Castillo [3] reportan que el *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus globulus*, son maderas que se contraen apreciablemente al secar desde verde, pero que una vez puesta en servicio muestran una gran estabilidad dimensional, valor medido a través del coeficiente de retractabilidad.

Considerando las buenas propiedades tecnológicas del *Eucalyptus camaldulensis* maduro y el comportamiento antes los diferentes usos industriales, el objetivo de este trabajo fue determinar la densidad anhidra y básica, contracciones y estabilidad dimensional en individuos seleccionados de un ensayo de progenies de *Eucalyptus camaldulensis*, en Santiago del Estero de once años de edad.

2. Materiales y Métodos

El material está constituido por ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* pertenecientes a un ensayo de orígenes y familias dispuestos en un diseño de bloques de familia compacto con 4 repeticiones y 5 plantas por parcela; en un espaciamiento de 3 m entre filas y 2 m entre árboles, implantadas en El Zanjón, Departamento Capital, Santiago del Estero, Argentina. El material fue seleccionado en base a un índice basado en niveles independientes de selección de altura, dap y densidad básica con pylodin y consistió en 7 ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* pertenecientes a cada uno de los orígenes A, B, C, D, E, K, LL.

Tabla 1: Detalle del material genético.

Procedencia	Localidad	Latitud	Longitud	Msnm
A	Emu Creek, Petford, QLD.	17° 20'	144° 58'	460
B	Huerto Semillero de Zimbabwe.	-----	-----	-----
C	Dimbulah, Petford, QLD.	17° 15'	145° 00'	500
D	Gibb River, Kimberley, WA.	16° 08'	126° 38'	430
E	8 km West of Irvinebank, QLD.	17° 24'	145° 09'	680
K	Wyalba Creek, QLD.	16° 43'	142° 00'	30
LL	Lennard River, WA.	17° 23'	124° 45'	60

Fuente: Cátedra de Mejoramiento Genético, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

2.1 Preparación de las probetas de maderas

Para la elaboración de las probetas se aserraron longitudinalmente rollos de 1,40 m obteniéndose tablones centrales de 8 cm de espesor, sus caras transversales se protegieron con pintura alquitranada para evitar de esta manera la desecación brusca.

Los tablones seleccionados fueron aserrados y maquinados para la confección de las probetas destinadas a los ensayos físicos, de acuerdo a lo prescrito por normas IRAM 9543 [4] e IRAM 9544 [5] (densidad, contracciones y coeficiente de retractabilidad).

2.2 Densidad básica

La densidad básica o peso seco volumétrico, es una característica importante que tiene estrecha relación con cada una de las propiedades físicas, mecánicas, químicas y anatómicas de la madera. Es empleada como criterio de evaluación permitiendo predecir las posibilidades de uso y la calidad de los productos a obtener.

Para la determinación de la propiedad se siguió la metodología prescrita en Normas DIN 52182 [6] e IRAM 9544 [5].

2.3 Contracciones y Estabilidad dimensional

Para la determinación de las contracciones y estabilidad dimensional, valorada en base al coeficiente de retractabilidad, se extrajeron probetas de 20 mm x 20 mm en la dirección radial y tangencial y 20 mm x 20 mm x 85 mm para dirección longitudinal.

Las probetas fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente durante siete días hasta lograr la saturación completa. Seguidamente, fueron colocadas en cámaras de climatización a una temperatura de 25 °C y humedad relativa de 65%.

Finalmente las mismas fueron llevadas a estufa a temperatura de $100 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas hasta peso constante.

Antes del ingreso y egreso de las muestras en cada uno de los ambientes, fueron pesadas en balanza analítica y medidas con tornillo Palmer con una precisión de 0,01 gramos y 0,01 mm respectivamente.

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados preliminares

Los ensayos para la determinación de las propiedades físicas (densidad básica, contracción volumétrica) y estabilidad dimensional (coeficiente de retractabilidad volumétrica), se realizaron en individuos seleccionados, repartidos en siete orígenes (A, B, C, D, E, K y LL).

En la Tabla 2 se observa que el mayor valor de densidad fue alcanzado por los orígenes A y B, presentando los más bajos los orígenes C y E. Los orígenes que más se acercan a los valores indicados por Coronel [7] ($0,84 \text{ gr/cm}^3$) y encontrados por Cinco y Mercado [8] ($0,759 \text{ gr/cm}^3$) para madera madura de *E. camaldulensis* son los orígenes A y B; lo cual indicaría que la madera de orígenes *E. camaldulensis* de once años de edad podría presentar madera juvenil, Pan *et al.* [9]; López y Parisi [10]; Devlieger y Quintana [11].

Tabla 2. Valores medios de las densidades anhidra y básica para los diferentes orígenes.

Orígenes	Densidad anhidra	Densidad básica
	Promedio $\rho_0 = \text{gr/cm}^3$	Promedio $\rho_b = \text{gr/cm}^3$
A	0,69	0,68
B	0,70	0,65
C	0,59	0,57
D	0,61	0,59
E	0,60	0,58
K	0,67	0,64
LL	0,66	0,64

Fuente: Elaboración propia.

El análisis estadístico se realizó utilizando la Prueba de Friedman que permitió comparar medias cuando el diseño es en bloques completos aleatorizados.

La Prueba de Friedman ($p \leq 0,05$) mostró que las densidades anhidra y básica presentan diferencias altamente significativas entre los orígenes, alcanzando la densidad anhidra un $p=0,0190$ y la densidad básica un $p= 0,0068$, Tabla 3.

Tabla 3. Prueba de Friedman de densidad anhidra y básica para los diferentes orígenes.

Propiedad (g/cm^3)	Origen							T ²	P
	A	B	C	D	E	K	LL		
Densidad anhidra	0,69	0,70	0,59	0,61	0,60	0,67	0,66	3,45	0,0190
Densidad básica	0,68	0,65	0,57	0,59	0,58	0,64	0,64	4,37	0,0068

Fuente: Elaboración propia.

En relación a los valores de contracción de orígenes en la Tabla 4 se observa que, el rango de variación de la contracción volumétrica máxima osciló desde 17,47% hasta 15% para los orígenes A y B respectivamente. Los valores mínimos que se muestran en esta propiedad física fueron presentados por los orígenes D (11,75%), y LL (12,19 %). Todos los orígenes se encuentran dentro de los límites de contracción volumétrica proporcionados por Coronel [7] (7% - 22%) y cercanos al proporcionado por Tuset y García Taibo [12] (15,30%) para madera madura de *E. camaldulensis*. Respecto a la contracción longitudinal, propiedad fundamental para determinar la existencia de madera juvenil se muestra que, los orígenes A, C y D presentan valores de 0,34%; 0,52% y 0,50% siendo los únicos que se encuentran dentro de los valores límites de contracción longitudinal para madera madura encontrados por Coronel [7] (0,15 - 0,55%) y cercanos a lo mencionado por Cinco y Mercado [8] (0,23%); lo que nos estaría indicando que no habría madera juvenil en estos tres orígenes. Mientras que, los orígenes restantes (B; E; K y LL) superan los valores de contracción para madera normal, indicando la presencia de madera joven o de reacción, en las cuales la contracción longitudinal es excepcionalmente elevada oscilando entre 0,5 – 2,5%, Pan *et al.* [13].

Tabla 4. Valores medios de contracción para los diferentes orígenes.

Orígenes	Contracción Radial	Contracción tangencial	Contracción longitudinal	Contracción volumétrica
	Promedio $\beta_r\%$	Promedio $\beta_t\%$	Promedio $\beta_l\%$	Promedio $\beta_v\%$
A	6,13	8,46	0,34	15,00
B	7,39	9,49	0,60	17,47
C	5,31	6,48	0,52	12,30
D	3,97	7,29	0,50	11,75
E	4,83	6,72	1,57	13,12
K	6,27	7,44	0,79	14,50
LL	5,17	6,36	0,67	12,19

Fuente: Elaboración propia.

La Prueba de Friedman ($p \leq 0,05$) muestra que se alcanzó diferencias significativas entre los orígenes para las contracciones volumétricas y lineales; siendo las mismas altamente significativas para las contracciones tangencial y longitudinal, Tabla 5.

Tabla 5. Prueba de Friedman de la contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica para los diferentes orígenes.

Propiedad (%)	Origen							T ²	p
	A	B	C	D	E	K	LL		
$\beta_r\%$	6,13	7,39	5,31	3,97	4,83	6,27	5,17	2,69	0,0479
$\beta_t\%$	8,46	9,49	6,48	7,29	6,72	7,44	6,36	10,18	0,0001
$\beta_l\%$	0,34	0,60	0,52	0,50	1,57	0,79	0,67	4,22	0,0080
$\beta_v\%$	15,00	17,47	12,30	11,75	13,12	14,50	12,19	3,59	0,0162

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores de la Tabla 6, se muestra como muy estable el origen D, mientras que el origen A presenta una menor estabilidad dimensional. Esto estaría de acuerdo a los valores establecidos por Coronel [7] de coeficiente de retractabilidad radial (0,15); tangencial

(0,29) y volumétrica (0,47), mientras que se alejan de los valores presentados por Tinto [1] (0,3; 0,28; 0,64) para madera madura de *E. camaldulensis*. En relación al resto de los orígenes, presentan dispersiones en sus valores.

Tabla 6. Valores medios de coeficiente de retractabilidad para los diferentes orígenes.

Orígenes	Coefficiente de retractabilidad radial	Coefficiente de retractabilidad tangencial	Coefficiente de retractabilidad volumétrico
	Promedio Q_r	Promedio Q_t	Promedio Q_v
A	0,25	0,35	0,60
B	0,23	0,29	0,51
C	0,23	0,25	0,48
D	0,16	0,30	0,46
E	0,19	0,26	0,45
K	0,20	0,27	0,47
LL	0,22	0,26	0,47

Fuente: Elaboración propia.

La Prueba de Friedman ($p \leq 0,050$) muestra un valor de $p=0,4482$ para el coeficiente de retractabilidad volumétrico, lo que estaría indicando que no existe diferencias significativas entre los orígenes de *E. camaldulensis* para esta propiedad, Tabla 7.

Tabla 7. Prueba de Friedman del coeficiente de retractabilidad volumétrica para los diferentes orígenes.

Propiedad (%)	Origen							T^2	p
	A	B	C	D	E	K	LL		
$Q_v\%$	0,60	0,51	0,48	0,46	0,45	0,47	0,47	1,01	0,4482

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones y recomendaciones

-El origen D arrojó el mínimo valor de contracción volumétrica (11,76%) con una densidad que la clasifica como una madera medianamente pesada (0,61 y 0,59 g/cm³) y un bajo coeficiente de retractabilidad (0,46), seguido en estos valores por el origen A y finalmente el origen C.

-El origen D presenta características de madera sólida apta para diferentes usos, ya que exhibe valores bajos de contracción y una buena estabilidad dimensional con una densidad que la clasifica como madera medianamente pesada.

5. Referencias

- [1] TINTO, J. (1978). Aportes del sector forestal a la construcción de viviendas. *Folleto Técnico Forestal*, Argentina, n. 44. Segunda Edición. 142p.
- [2] SÁNCHEZ ACOSTA, M. (1995). Experiencia Argentina en el uso de la madera de eucalipto. Seminario Internacional de Utilizaçao Da Madeira de Eucalipto para Serraria. IPT – IUFRO. Sao Paulo, Brasil. p. 9.
- [3] ROSENDE, R; CASTILLO, H. (1973). Contracción, colapso y juego de maderas chilenas. *Boletín Informativo, Instituto Forestal*, Chile, n. 27. p. 39.
- [4] IRAM 9.543. Maderas. Método de determinación de las contracciones totales, axil, radial, y tangencial y el punto de saturación de las fibras. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (Catálogo de Normas IRAM). Buenos Aires.
- [5] IRAM 9.544. Maderas. Método de determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (Catálogo de Normas IRAM). Buenos Aires.
- [6] DIN 52182. 1994. Prüfung von Holz; Bestimmung der Rohdichte. Taschenbuch 31. Normen über Holz. Beuth-Verlag. 2p.
- [7] CORONEL, E. O. (1994). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 1 Parte: Fundamentos de las propiedades físicas de las madera. Santiago del Estero: El Liberal. 187p.
- [8] CINCO, Y.; MERCADO, O. (2005). Determinación de las propiedades físicas y de la trabajabilidad del *Eucalyptus camaldulensis*. *Revista Copernico*, n. 2. p. 60-64.
- [9] PAN, E.; LOPEZ, C.; MEDINA, J. C.; LENCINA, N.; PALMAS, L.; GONZALES, C. F.; UMLANDT, M. (2013). Tensiones de crecimiento en madera de procedencias y progenies de *Eucalyptus camaldulensis* implantados en Santiago del Estero. *Revista Yvyrareta* n. 20 p. 9-15.
- [10] LOPEZ, J. (h); PARISI, L. (2005). Tensiones de crecimiento del estrato dominante de algunos Orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis* a los 17 años de edad en 2 sitios del oeste de la provincia de Corrientes, Argentina. INTA EEA Bella Vista. 4p.
- [11] DEVLIEGER, F.; QUINTANA, R. (2006). Tensiones de crecimiento en híbridos de álamos creciendo en Chile. *Maderas, Ciencia y Tecnología*. v. 8 n. 3 p. 219-22
- [12] TUSET, R.; GARCÍA TAIBO, R. (1987). Producción de durmientes de Eucalipto. *Boletín de Investigación N°4 Facultad de Agronomía, Universidad de la República*. Montevideo. 35p.
- [13] PAN, E. M.; RUIZ, A. P.; RUIZ, E. V. (2009). Propiedades tecnológicas de la madera 1^{ra} parte. Santiago del Estero: Lucrecia. 184p.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN GANADERA A CORRAL

Caminos Andrés, UTN Facultad Regional Santa Cruz,
andres.camino@gmail.com

Romera Nahuel, Universidad del Salvador,
nahuel.romera@gmail.com

Forchino María Verónica, UTN Facultad Regional Santa Cruz,
forchino.veronica@gmail.com

Resumen—

El presente trabajo tiene como objetivo analizar y simular, utilizando Dinámica de Sistemas, un sistema de producción ganadera intensiva a corral conocido como Feedlot. El modelo fue desarrollado con el fin de brindar soporte a particulares y productores. Para ello utilizamos el software Vensim Profesional que permitió modelar la actividad, partiendo de la definición correcta de las relaciones de causalidad. El modelo estudia el proceso productivo integrado a la valuación económica de un proyecto de un productor mediano de la República Argentina. Se analizan varios escenarios desde lo productivo para poder realizar una valuación económica de proyectos de inversión, utilizando la técnica de Flujos Descontados que permite determinar el VAN, la TIR y el ROI del proyecto. Agregamos indicadores para poder evaluar de manera rápida el impacto en el cambio de un valor del modelo y como éste afecta los resultados de la explotación. El proyecto se analiza con un horizonte de 4 años con generación de flujos de fondos mensuales, acumulables de manera anual, por cuanto éste es el ciclo completo de la explotación y repetible en periodos similares en el tiempo. A través del simulador Vensim, podemos pronosticar el comportamiento de cualquier variable del modelo, su variación en el tiempo y el efecto sobre la evolución del modelo hacia un estado de equilibrio. El modelo permite definir distintos umbrales para cada variable y encontrar los óptimos para cada una según reglas de negocio preestablecidas, como puede ser capital disponible, financiación, dimensión de corrales, etc. Resumiendo, aplicamos conocimiento de simulación, dinámica de sistemas y la ingeniería financiera para analizar la explotación de producción bovina, en este caso el engorde a corral, llamados Feedlot.

Palabras clave— Producción Ganadera, Feedlot, Vensim, Simulación, Análisis Multivariado

1. Introducción

1.1 Panorama Nacional del Engorde a Corral

La alimentación de bovinos en la Argentina tradicionalmente se ha realizado a campo abierto, ya sea pasturas y verdeos implantados o bien pastizales naturales. El hecho de alimentar un animal exclusivamente con pasto condiciona la tasa de ganancia de peso diaria, siendo éste un factor importante cuando se pretende engordar animales a temprana edad o bien en época de otoño e invierno, donde su calidad no es la suficiente para lograr el depósito de grasa necesario para la comercialización y faena. Además de la dificultad de engordar animales para faena en estos períodos del año, se presenta también como el principal problema económico que obligó a las empresas pecuarias a aumentar la eficiencia de producción para poder obtener una rentabilidad que les permita a éstas continuar como tales. Entre las alternativas de intensificación de la producción de carne surgió la producción basada en el Feedlot o engorde a corral [1,2]. El negocio de Feedlot en Argentina mueve más de \$1000 millones de pesos anuales [3].

1.2 Concepto de Feedlot

El Feedlot es una “fábrica de carne”, que permite producirla en gran escala, en un espacio reducido, en forma uniforme, estable o consistente. Es decir que permite producir carne de animales del mismo tipo, con el mismo grado de terminación y calidad, en forma constante. Este proceso de producción en volumen implica analizar cuidadosamente el plan de negocios y la inversión necesaria para poder trabajar desde el comienzo con la idea de rentabilidad. Por esto, este modelo que proponemos a continuación, basado en conceptos de ingeniería, economía y dinámica de sistemas, analiza los costos de producción, márgenes de rentabilidad, retornos de la inversión y formas de financiación de manera de generar un negocio sustentable en el tiempo y con la ganancia que justifique el esfuerzo y tamaño de la inversión.

2. Definición del Proyecto

El alcance del modelo está situado en el contexto de un establecimiento ganadero modelo de mediana producción en la provincia de Buenos Aires, Argentina y comprende todo lo relacionado al proceso de engorde de ganado vacuno a corral. Para ello, se tiene en cuenta desde que el animal entra al sistema hasta que cumple su ciclo de engorde y sale a la venta.

Para el proceso productivo, se tuvo en cuenta una dieta con los insumos y las proporciones alimentarias más utilizadas y recomendadas en la producción actual de dicho establecimiento. Para los análisis de escenarios, se consideraron precios promedios ya que dichos valores se modifican en los mercados diariamente.

En los primeros escenarios, se trabajó sobre el horizonte de cuatro años (48 meses), fraccionados en meses, para analizar cada caso. Luego, en los últimos análisis, donde se aplica el ciclo de retroalimentación, se analizaron escenarios de mediano plazo (96 meses) con el fin de evidenciar las políticas de crianza.

El aporte inicial de dinero de los accionistas es del 40% y mediante un préstamo bancario se financia el 60% restante. Para el cálculo de dicho préstamo se consideró el sistema de

amortización Alemán [4]. También se evalúa alternativamente el método Francés de amortización de capital.

3. Modelo Conceptual

En este apartado se detallarán los diagramas de influencia que representan las interrelaciones de causalidad necesarias del conjunto de procesos que conforman el modelo de producción. Basándonos en las definiciones de un productor nacional dedicado a esta actividad y usando los conceptos de la dinámica de sistemas con ayuda de software Vensim Versión Profesional [5] hemos podido generar un modelo económico y financiero de la producción y explotación de cría de animales a corral, llamados Feedlot. El modelo tiene en cuenta muchas variables, que definen los diferentes procesos de la producción de este tipo de emprendimientos. Explicamos a continuación algunos de los elementos principales del modelo. La pantalla inicial del modelo a explicar es la figura siguiente:

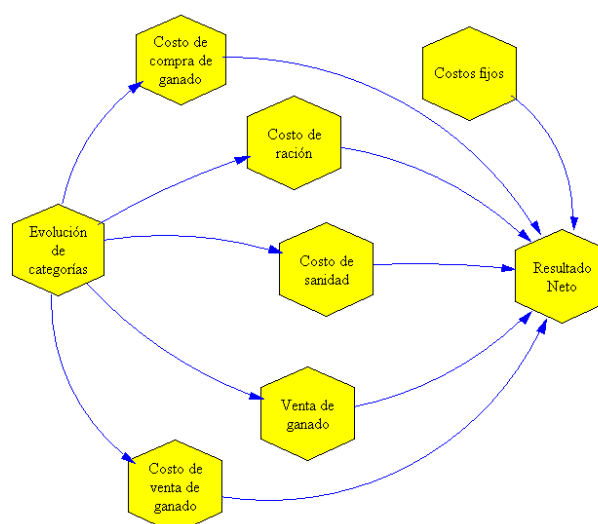


Figura 1: Módulos constitutivos del sistema de producción Feedlot

4. Descripción Del Proceso Productivo

La producción en Feedlot es una actividad intensiva, repetitiva a lo largo del año, con ciclos que van entre tres a cuatro meses. Existe una alta rotación, donde continuamente se encuentran animales entrando al proceso de engorde y otros que salen para los mercados ya listos para ser vendidos. Se denomina conversión a la máxima ganancia de kilos por animal y por día. Para calcularla se considera la cantidad de alimento consumido y la cantidad de kilos ganados. Una alta tasa de conversión garantiza al inversionista la eficiencia. Además, es relevante para la optimización de la producción mantener a los animales en condiciones de confort, evitando el estrés para facilitar así la ganancia de kilos diarios. Los bovinos que entran a los corrales pueden ser provenientes de diferentes lugares, comprados en remates, a través de intermediarios, transacciones entre particulares o también que el mismo productor tenga integrada la producción con madres que producen terneros/ras. La figura 2 resume este proceso en el cual desagregamos la actividad en función del tipo de animales a incorporar al Feedlot.

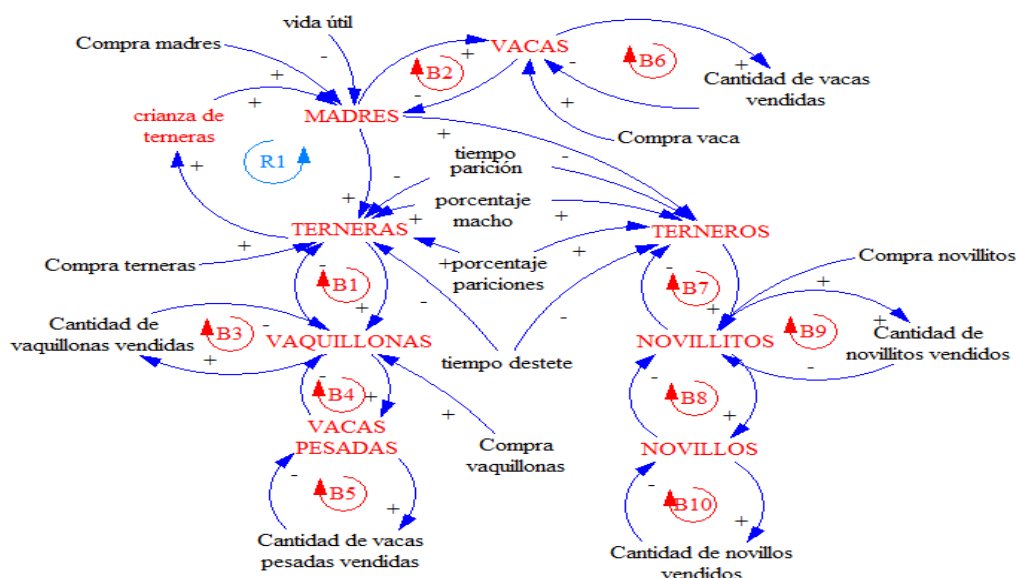


Figura 2: Evolución de Categorías

Cuando se hace el ingreso a los corrales debe tenerse en cuenta la categoría del animal que se está ingresando. Para comenzar la producción lo más común es el engorde de terneros y terneras (Crianza y/o compra), aunque también existe la posibilidad de incorporar vacas y vaquillonas para engorde y posterior venta, como manera de ampliar la diversidad de animales en la explotación.

Si estamos trabajando con terneros y terneras la dieta se basa en fibras. Luego, tras un periodo de adaptación en la ración, los animales son alimentados sobre la base de una dieta de mayor contenido calórico. El resto de las categorías de animales son puestas en corrales de engorde en donde durante todo el ciclo -120 días aproximadamente - son alimentados de forma diaria hasta el momento de venta.

4.1 Costos de Infraestructura

La producción a corral necesita de una infraestructura inicial que mínimamente comprende: corrales de engorde y recepción, corrales de enfermería, bretes, balanza y manga para trabajar en sanidad y cuidado del ganado. En esta actividad se estima una vida útil de los corrales de cuarenta años, que se van amortizando a lo largo del proyecto.

Otra de las inversiones básicas es en maquinaria e implementos, como pueden ser: tractores, mezcladora de las raciones, carros, auto elevadores de semillas, silos, galpones, vivienda para el encargado y otros. Todos estos elementos son necesarios para poder llevar adelante la producción y se amortizan en el tiempo. El esquema de costos de la infraestructura junto al personal necesario para administrar las maquinarias y corrales se representan con el diagrama causal de la figura 3.

4.2 Costo de Compra

El proceso de compra y reposición de animales es muy importante para aumentar la ganancia del ciclo, ya que determina una mayor rentabilidad. En el sistema, la compra puede dividirse de acuerdo a las diferentes categorías de animales a adquirir, siendo común la compra de

terneros y terneras, como también la compra de vacas y vaquillonas para engorde. Teniendo en cuenta que la actividad de Feedlot genera su ganancia en relación al engorde del animal, a partir de cierto pesaje ya deja de tener sentido el negocio de compra de otras categorías debido al poco margen de ganancia en kilos que quedan por obtener.

Los costos de compra varían de una categoría a otra, el cambio de categoría como se explica debajo depende del kilaje del animal. A continuación se muestra una tabla de forma explicativa de cada una de las categorías y en la figura 4 puede apreciarse un esquema reducido sobre las relaciones para la compra de ganado.

ternero	ternera	novillito	vaquillona	novillo	Vaca pesada	Vaca de conserva
Macho- desde 170kg hasta190kg	Hembra- desde 165kg hasta185kg	Macho- desde 220kg hasta 250kg	Hembra- desde 210kg hasta 240kg	Macho- desde 300kg en adelante	Hembra- desde 290kg en adelante	Hembra- desde 360kg hasta 440kg

Tabla 1. Categorías para compra de animales [6]

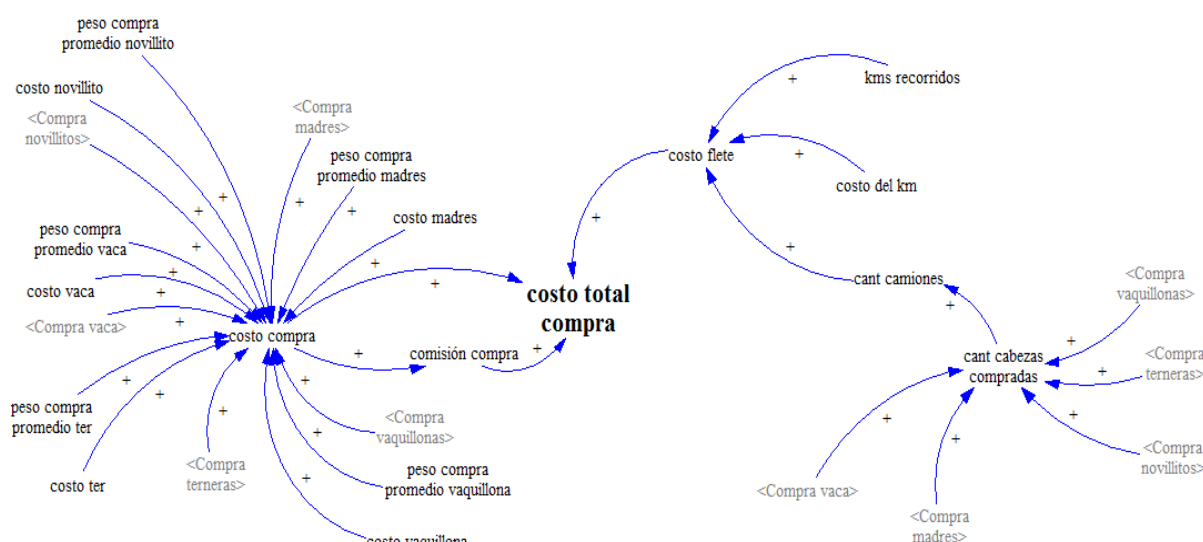


Figura 4: Costos Variables (Categorías)

En la figura 4 se muestra además el costo de fletes que se genera cuando se realiza la compra de animales para trasladarlos desde el campo de origen hasta el establecimiento Feedlot. Al igual que para las ventas (ver figura 7), el costo de flete se calcula como \$/km multiplicado por la cantidad de km recorridos. Siempre conviene tratar de completar la jaula de hacienda con el máximo posible de animales para amortizar el costo de transporte. Tanto el costo de compra, como el costo de comisiones (en el caso de haber intermediarios en la compra del animal) y el costo de transporte hacen al costo total de compra.

4.3 Costo De Sanidad

La sanidad y el cuidado de salud de los animales es clave en el proceso ya que permite disminuir el porcentaje de mortandad -que se estima del 1% en todo el periodo- y evita la pérdida de peso por mal estado del ganado. Su costo es relativamente bajo en comparación



Figura 6: Costo Variable (Ración)

4.6 Costo De Venta

Los costos de venta se generan por gastos de fletes, comisiones y seguros. Los mismos se descuentan de los ingresos por ventas para obtener el ingreso neto. Dependiendo donde se venda hay que pagar o no comisiones. En el caso de mercados éstas se pagan y corresponden a seguros, derecho de piso, balanza y comisión. Puede ocurrir el caso de que el animal sea vendido entre particulares y estos costos se eviten aunque mayoritariamente son desembolsos habituales en la venta. El último de los costos de venta del que nadie está exento es el costo de flete para transportar los animales desde el lugar de la producción al lugar de venta. Estos costos están tabulados en \$/km y se hace el cálculo a partir de los kilómetros recorridos hasta llegar a destino.

También existen los costos indirectos que son los necesarios para poder llevar a cabo la actividad. Los mismos se relacionan con los sueldos de empleados, costo de operaciones y costos de administración. Puede observarse en la figura 7 las relaciones que componen los costos de venta. En ella incluimos costos de comisiones sobre ventas, seguros, derecho de piso y balanza y fletes como los más representativos.

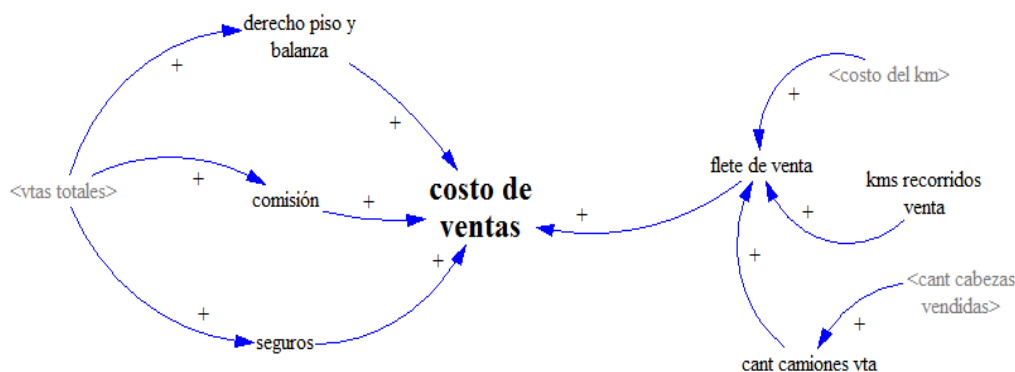


Figura 7. Costos Variables (Ventas)

4.7 Ingresos por Ventas

Las ventas pueden realizarse de muchas maneras como vender en mercados como pueden ser Rosario o Buenos Aires (Mercado de Liniers), a frigoríficos particulares, etc. Cuando se termina el ciclo de engorde del animal –esto significa que el animal por sus características como categoría, raza, u algún factor externo no puede ganar más kilos- éste se encuentra listo para ser cargado, generalmente con destino de consumo. Para calcular el ingreso por venta es necesario multiplicar el peso del animal por el precio por kilogramo de la categoría a la que pertenece. De esta manera, se calculan los valores a cobrar por el productor del Feedlot. Contemplando la demanda puede estimarse cuál es el ingreso esperado según la estructura de precios vigente y disponible. El consumo anual de carne vacuna por persona en la República Argentina en el periodo 2010-2014 se mantuvo en un promedio de 60 kgs por persona [8]. El proceso de venta de ganado en pie del modelo, se indica en la figura 8 siguiente.

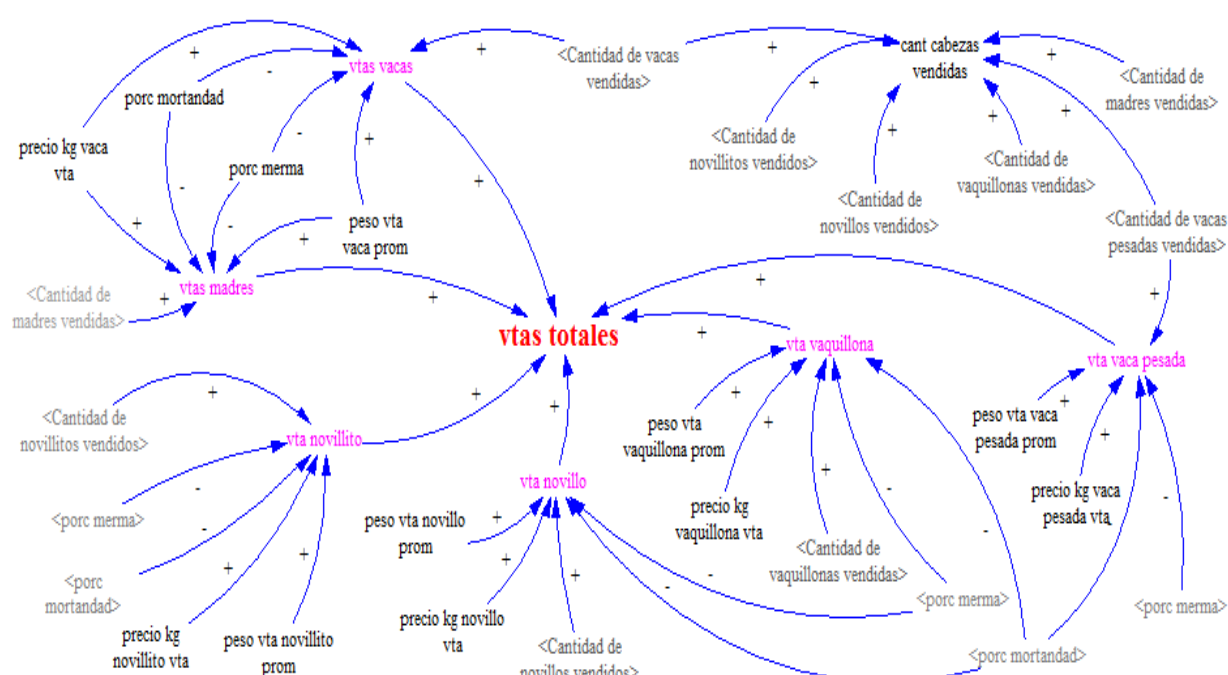


Figura 8: Ingreso por Ventas de Animales en Pie

4.8 Análisis Contable Y Financiero

El análisis contable y financiero se realizó teniendo en cuenta los costos directos e indirectos mencionados en los puntos anteriores como así también los ingresos provenientes de las ventas totales contabilizadas mes a mes. Se desagrega el Flujo de Caja teniendo en cuenta los descuentos a los ingresos brutos con sus respectivas amortizaciones, depreciaciones. Finalmente se consideran impuesto a las ganancias, intereses de la financiación como puede observarse en la figura 9, donde hemos adoptado la estructura clásica de valuación de un proyecto de inversión para calcular los flujos de caja disponibles [4].

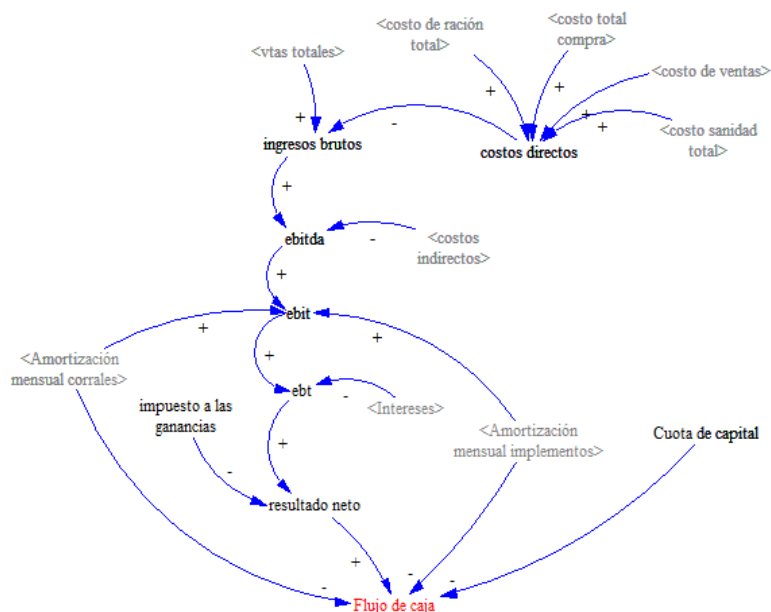
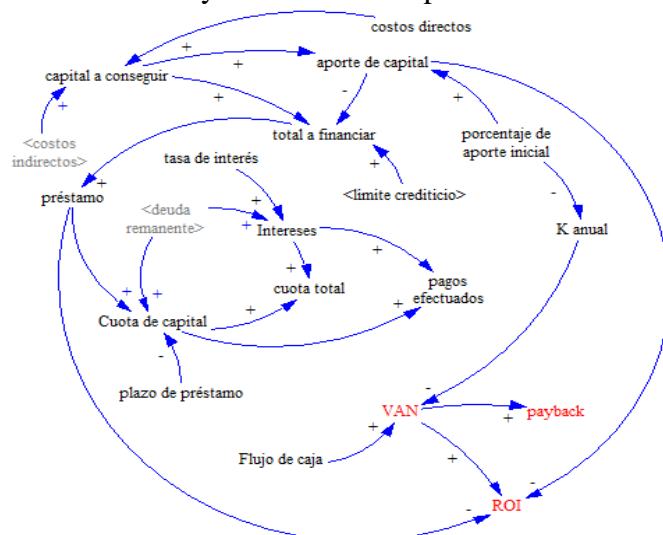


Figura 9: Esquema Financiero de Valuación del Proyecto

También el análisis financiero tiene su basamento en la cantidad de dinero que se debe conseguir para satisfacer las dimensiones del negocio a cubrir, es decir, que tiene en cuenta la cantidad de animales que se van a comprar por categoría, los animales que se encuentran en el Feedlot al comienzo del análisis, etc.

Una vez identificado el monto inicial necesario, el modelo refleja la cantidad de dinero que se va a conseguir por aporte de capital propio y conforme a este valor, el modelo calcula el porcentaje de préstamo que se deberá solicitar para cubrir los faltantes. En este caso se eligió el sistema de amortización del tipo Alemán [4], a fin de poder pagar el capital al cabo del ciclo de la producción y los ingresos previstos por la venta de animales. De manera opcional, se analizó el sistema de amortización Francés [4], pero generaba mayores erogaciones de capital durante el periodo de cría y engorde de los animales hasta su venta a los mercados.

El modelo supone que todos los costes asociados al inicio del proyecto serán cubiertos por capital propio y capital financiado; que la tasa de interés anual del préstamo se calcula al 25% anual para este tipo de industrias y la tasa de corte para descuento de los flujos de fondos, se



calcula según industrias comparables siguiendo el procedimiento descrito por Merlo M [9] y Dumrauf G. [4]. Puede observarse en la figura 10 el módulo de valuación del proyecto con cálculo del VAN, el ROI y el Payback o periodo de recupero de la inversión.

Figura 10: Cálculo del VAN y ROI del proyecto

5. Experimentación con el Modelo y Resultados Esperados

En este apartado se analizaron varios escenarios en los que pudo observarse el potencial del modelo en lo que refiere a análisis multivariado ya que el propietario del Feedlot puede configurar múltiples opciones de compra y con ello analizar los diferentes beneficios que puede obtener.

Será menester para quien opera el modelo, realizar ensayos que mantengan la coherencia de realizar la compra inicial conforme a la envergadura de su negocio y a su estructura crediticia. Los ensayos se realizan para un productor pequeño mayormente contemplando el plazo de 48 meses salvo para el caso de crianza donde su potencial se puede ver con un horizonte más amplio, por ejemplo 96 meses o más.

Al considerar este lapso de tiempo (48 meses), nos asegura que los precios promedio mayorista no van a sufrir grandes variaciones ya que por ahora el modelo está centrado en el funcionamiento operativo y no contempla una política inflacionaria elevada. Por otra parte, sólo por comodidad, todos los escenarios contemplarán un stock inicial en cero, es decir, que se considera que el productor dispone de la estructura necesaria para comenzar las actividades (Terreno, maquinarias, corrales, etc.) pero que aún no tiene animales.

Consideramos que un productor chico o mediano, similar a quien nos ayudó a realizar este modelo, está limitado en sus instalaciones sea por dinero disponible, infraestructura, terrenos, disponibilidad de servicios, mano de obra etc., ello nos permite configurar que la cantidad máxima de animales de cada tipo por período de compra no supera los 30. Dado que el plazo mínimo para venta es de 4 a 6 meses, puede llegar a tener un stock de 200 a 300 animales en existencia que irá vendiendo y reponiendo según un esquema de necesidad de dinero o capital de trabajo.

Para optimizar nuestro modelo, buscamos la combinación de variables que elija como compra máxima la cantidad tope de animales de cada tipo (30), que el VAN del proyecto sea máximo, que el ROI sea máximo, que la Inversión Inicial resulte mínima y que todo momento, el saldo de caja (capital de trabajo) resulte positivo. A esto llamamos la optimización multivariada en el escenario dinámico. El mejor escenario que pudo obtenerse es usando la funcionalidad del modo “Game” de Vensim [5], combinada con la simulación Montecarlo y la Optimización estocástica, todas herramientas disponibles en Vensim Profesional, se resume en las tablas siguientes:

1) Para un escenario de 48 meses de valuación del proyecto

Cantidad de Animales a comprar de cada tipo

Vacas Madre	Novillitos	Ternereras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
0	30	0	0	0	30

Tabla 3: Cantidad inicial de animales a comprar al inicio de la explotación

Tiempo de reposición o recompra de animales en meses

Vacas Madre	Novillitos	Ternereras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
	5.5				5.5

Tabla 4: Tiempos de reposición optimizados

Resultados Financieros Calculados

VAN	ROI	Aporte de Capital Propio	Préstamo Bancario	Inversión Total
\$ 1.190.000	3.654	\$130.287	\$195.430	\$325.717

Tabla 5: Resultados Financieros Optimizados para proyecto a 48 meses

2) Para un escenario de 96 meses de valuación del proyecto

Cantidad de Animales a comprar de cada tipo

Vacas Madre	Novillitos	Ternereras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
0	30	30	8	0	30

Tabla 6: Cantidad inicial de animales a comprar al inicio de la explotación

Tiempo de reposición o recompra de animales en meses

Vacas Madre	Novillitos	Ternereras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
0	5.5	5.5	5.5	0	5.5

Tabla 7: Tiempos de reposición optimizados

Resultados Financieros Calculados

VAN	ROI	Aporte de Capital Propio	Préstamo Bancario	Inversión Total
\$ 2.215.000	3.673	\$241.163	\$361.745	\$602.908

Tabla 8: Resultados Financieros Optimizados para proyecto a 48 meses

Las figuras 11 y 12 muestran el resultado del VAN del proyecto con las simulaciones optimizadas por el software Vensim.

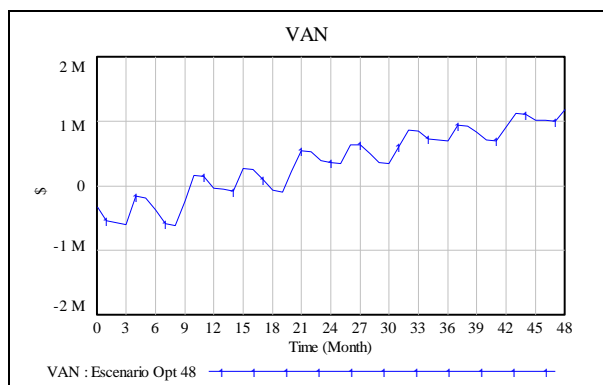


Figura 11: Van del proyecto a 48 meses

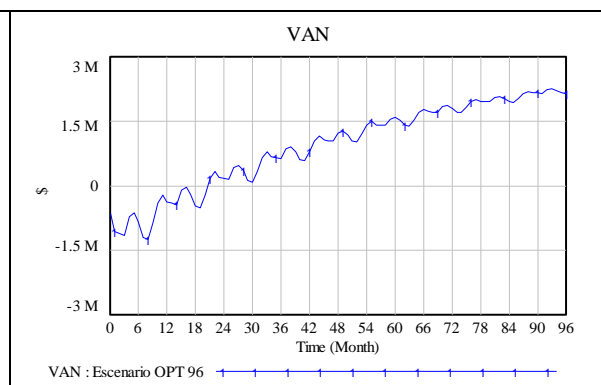


Figura 12: VAN del proyecto a 96 meses

Hemos analizado manualmente muchas otras combinaciones tanto a 48 como 96 meses de plazo de valuación del proyecto, con diferentes combinaciones de animales a comprar y reponer, pero ninguna supera los VAN de las condiciones óptimas, incluso muchas de las combinaciones analizadas generaban valores de VAN negativos que hacían el proyecto no rentable.

6. Conclusiones

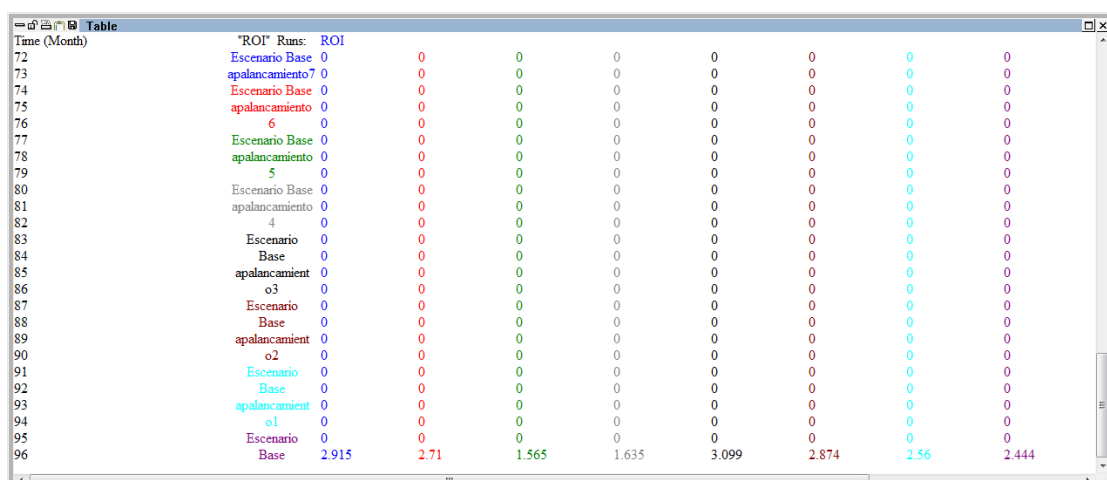
Si bien este modelo no reviste grandes complejidades en términos de loops o lazos de realimentación, sí la tiene en términos de “reacción – difusión” [10, (pag. 159-165)], ya que el modelo controla la operación de todo el proceso productivo de un Feedlot promedio teniendo en cuenta un análisis operativo y financiero completo que brinda una visión macro y micro sobre el funcionamiento del mismo, y de este modo permite operar sobre aquellas variables de interés que resultan de máximo apalancamiento para el negocio en su conjunto, o sea, aquellas variables que pueden ser modificadas por el operador del modelo (endógenas) de modo que se consiga un máximo resultado con un mínimo esfuerzo. El siguiente ejemplo muestra un caso base y siete operaciones individuales sobre distintas variables que intentan realizar una mejora en el rendimiento del proyecto:

Caso base de ejemplo registra una compra de 20 madres cada 12 meses; 30 vacas cada 4 meses; 10 vaquillonas cada 3 meses; 10 novillitos cada 3 meses y 10 terneros cada 3 meses. Además el porcentaje de terneras que se envía a crianza es del 50%; el porcentaje de vaquillonas que pasan a engorde (sin venta) es del 50% al igual que el porcentaje de novillitos que pasan a novillos. Esta configuración arroja un ROI de 2,444. Se realizan siete análisis de variables en busca de aquella de máximo apalancamiento (Dentro de las variables de influencia que puede manipular el operador):

- **Caso apalancamiento 1 (Terneros/as cada 2 meses)** = Requiere 21% más de inversión que el caso base dando un ROI de 2,56 lo que equivale a un 12% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 2 (Novillitos cada 2 meses)** = Requiere 5% más de inversión que el caso base dando un ROI de 2,874 lo que equivale a un 43,4% más que el caso base.

- **Caso apalancamiento 3 (vaquillonas cada 2 meses)** = Requiere 4% más de inversión que el caso base dando un ROI de 3,099 lo que equivale a un 65,9% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 4 (vacas cada 3 meses)** = Requiere 34% más de inversión que el caso base dando un ROI de 1,635 lo que equivale a un 19,5% menos que el caso base.
- **Caso apalancamiento 5 (Crianza 100%)** = Requiere la misma inversión que el caso base dando un ROI de 1,565 lo que equivale a un 12,5% menos que el caso base. (Para esta configuración la crianza requiere mayor tiempo de análisis para ver los resultados positivos).
- **Caso apalancamiento 6 (100% novillitos a novillos)** = Requiere la misma inversión que el caso base dando un ROI de 2,71 lo que equivale a un 27% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 7 (100% vaquillonas a vacas)** = Requiere la misma inversión que el caso base dando un ROI de 2,914 lo que equivale a un 47,5% más que el caso base.

Luego de este sencillo análisis podemos concluir que para maximizar las ganancias sobre la configuración de compra del caso base, los mayores beneficios se obtienen pasando de categoría a todas las vaquillonas evitando así la venta de las mismas. Con cero inversión adicional a la inicial se obtiene 47,5% más de ganancia. Luego, si el operador dispone de poder invertir 4% más del caso original puede obtener un rendimiento del 65,9 superior al caso base.



Time (Month)	ROI	ROI	ROI	ROI	ROI	ROI	ROI	ROI
72	Escenario Base	0	0	0	0	0	0	0
73	apalancamiento7	0	0	0	0	0	0	0
74	Escenario Base	0	0	0	0	0	0	0
75	apalancamiento	0	0	0	0	0	0	0
76	6	0	0	0	0	0	0	0
77	Escenario Base	0	0	0	0	0	0	0
78	apalancamiento	0	0	0	0	0	0	0
79	5	0	0	0	0	0	0	0
80	Escenario Base	0	0	0	0	0	0	0
81	apalancamiento	0	0	0	0	0	0	0
82	4	0	0	0	0	0	0	0
83	Escenario	0	0	0	0	0	0	0
84	Base	0	0	0	0	0	0	0
85	apalancamiento	0	0	0	0	0	0	0
86	o3	0	0	0	0	0	0	0
87	Escenario	0	0	0	0	0	0	0
88	Base	0	0	0	0	0	0	0
89	apalancamiento	0	0	0	0	0	0	0
90	o2	0	0	0	0	0	0	0
91	Escenario	0	0	0	0	0	0	0
92	Base	0	0	0	0	0	0	0
93	apalancamiento	0	0	0	0	0	0	0
94	o1	0	0	0	0	0	0	0
95	Escenario	0	0	0	0	0	0	0
96	Base	2.915	2.71	1.565	1.635	3.099	2.874	2.444

Figura 13: Comparación ROI Caso Base vs Caso Base con diferentes apalancamientos

La figura 13 anterior, resume los escenarios de apalancamiento y la medición del ROI para poder diferenciar cuál de ellos resulta el mejor escenario partiendo de la base que el VAN de todos ellos es positivo.

En este modelo se trabajó sobre un caso real y las conclusiones obtenidas sobre el análisis multivariado de los diferentes escenarios permitieron al productor modificar las viejas y arraigadas tendencias de compra/venta que venía realizando a cambio de nuevas estrategias con mayores rendimientos a baja y media escala.

La combinación de la dinámica de sistemas, la simulación Montecarlo y la optimización multivariada de los escenarios permite generar modelos de análisis de sistemas productivos, en este caso Fedlots que permiten al usuario experimentar diferentes combinaciones, prácticamente a costo cero, tratando de encontrar los factores de riesgo y éxito que pueden condicionar y/o mejorar su proyecto.

La cantidad de escenarios posibles de obtener es muy amplia, y demasiado larga para resumir en este trabajo sin extender su contenido de páginas. Está disponible por parte de los autores de un documento de mayor extensión con detalle de al menos 10 escenarios comparativos.

Referencias / Bibliografía

- [1] Ferrari O., Speroni N. **“Feed Lot Actual”**, Editorial Difusión Ganadera, 2015
- [2] Gil S.; **Sistema de producción de carne bovina: Engorde Intensivo (Feedlot). Elementos que intervienen y posibles impactos en el Medio Ambiente;**
<http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=685>.
- [3] Persoglia S., <http://edant.clarin.com/diario/2004/04/29/p-750925.htm>
- [4] Dumrauf G., Finanzas Corporativas, Editorial Grupo Guía, 2003
- [5] Vensim Profesional, Versión 2015, Empresa Ventana Systems Inc, <http://vensim.com/>
- [6] Canosa R., “Que Invernar”, http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/65-que_invernar.pdf
- [7] Senasa, <http://www.senasa.gov.ar/index.php>
- [8] Instituto de Promoción de la Carne Vacuna (IPVC).
<Http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=964>
- [9] Merlo S. **“Tasa de Corte en Argentina”**,
http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/tasa_de_corte.pdf
- [10] Aracil J. Gordillo M., “Dinámica de sistemas / System Dynamics”, Editorial Alianza, 2005 Universidad SA, 2007. ISBN-10: 8420681687; ISBN-13: 978-8420681689



III CADI
IX CAEDI
2016



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional y organoléptica de bocaditos salados a base de amaranto

Batlle, Teresa Adriana, Universidad Nacional de San Luis, teresa.batlle@yahoo.com.ar

Zaniolo, Stella Maris, Universidad Nacional de San Luis, smzaniolo@gmail.com

Balmaceda, María Luciana, Universidad Nacional de San Luis, balmacedaml@yahoo.com.ar

Bomben, Renata Magalí, Universidad Nacional de San Luis, renatabomben@hotmail.com

Bochetto, Adriana Noemí, Universidad Nacional de San Luis, abochetto@hotmail.com

Fernández, Odil Nancy, Universidad Nacional de San Luis, odilfernandez@gmail.com

Malka, Maria Teresa, Universidad Nacional de San Luis, teresamalka@gmail.com

Se estudió la influencia de la temperatura y tiempo de secado en bocaditos salados, nutricionalmente equilibrados, a base de amaranto (*amaranthus cruentus*) popeado, secados a 100°C durante 14 minutos, cuyo Valor energético y Composición en base a 100 g es: Valor energético 396 Kcal; Carbohidratos totales 55,5 g; Proteínas 19,4 g; Grasas totales 10,8 g; Fibra Bruta 5,3 g; Cenizas 3,5 g y Calcio 246,2mg. Los bocaditos presentaron una humedad de 14,7% en base seca y una actividad acuosa de 0,593, medida con equipo AquaLab Serie 3TE, valor que garantiza la prevención del desarrollo de bacterias, mohos y levaduras. Manteniendo la humedad constante, se seleccionaron nuevas condiciones operativas desde las curvas de secado y las isotermas de sorción, resultando: 70°C- 17 min y 80°C - 16 min. Se evaluó dicha incidencia mediante ensayos físico-químicos, determinando los valores nutricionales y las condiciones organolépticas mediante análisis sensorial por un test de degustación “Prueba de diferencia con un control”, considerando el descriptor dureza como parámetro de calidad. Los valores nutricionales del producto final no evidenciaron diferencia significativa entre las medias de las temperaturas a 70°C, 80°C y 100°C (p-valor >0.05). El test sensorial mostró diferencia significativa para la muestra de 70°C-17min. Se concluye que en las condiciones estudiadas las variables tiempo-temperatura no influyen en los parámetros nutricionales pero si en la calidad sensorial.

Palabras claves- amaranto, bocadito salado, secado, variables de proceso, calidad

1. Introducción

La nutrición es un proceso muy complejo que va de lo celular a lo social y, en términos generales, se lo define como el conjunto de fenómenos mediante los cuales se obtienen, utilizan y excretan las sustancias nutritivas. En esta definición está implícito el concepto de nutrimento, que se refiere a la unidad funcional mínima que la célula utiliza para el metabolismo intermedio y que proviene de la alimentación. En la naturaleza los nutrimentos se encuentran en forma de polímeros: los aminoácidos forman parte de una estructura mayor, las proteínas, los monosacáridos de los carbohidratos y los ácidos grasos de los acilglicerolos (Kirk *et al.*, 1996)

El amaranto (*Amaranthus* spp), posee propiedades nutricionales, agronómicas e industriales, que lo convierte en “el mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano”, designación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias de los EEUU en 1979. Esta categorización se debe a la alta calidad de sus proteínas por su perfil de aminoácidos esenciales, que permiten la elaboración de una gran gama de productos terminados de buena aceptación y por su excelente relación de costo-beneficio en términos nutricionales.

En Argentina su cultivo se practicaba originalmente en Jujuy (Purmamarca, Humahuaca), Salta (Pampa Grande), Tucumán y Catamarca, en pequeñas parcelas cerca de viviendas de agricultores. En la provincia de Santa Fe existe una pequeña producción en la localidad de Reconquista. En la actualidad la siembra se ha concentrado en las provincias de Córdoba y San Luis, siendo su producción aproximadamente de 150 ha y en actual crecimiento (COFECYT, 2004).

Con amaranto se preparan atoles, papillas y mazapanes. Estos productos de amaranto se siguen mejorando por combinaciones de harinas, para aportar alimentos de alto contenido nutritivo y gustativo, dirigido a la nutrición de niños, desde muy temprana edad. Ha sido considerado por la Organización Mundial de la Salud como uno de los alimentos recomendados. Su contenido proteico oscila entre 14 y 18%, es de alta calidad por su alto contenido en aminoácidos esenciales en particular lisina (Betschart *et al.*, 1981; Bressani, 1989) contiene entre 5 y 8% de aceite con un atractivo balance de ácidos grasos saturados, monosaturados y poliinsaturados, considerado además como fuente vegetal rica en escualeno (Becker *et al.*, 1981; Becker, 1989; Khor y Chieng, 1997).

Al grano de amaranto, se le pueden aplicar distintos procesos de cocción de los cuales el más utilizado es el proceso de expansión o pochocleado dando un producto que se puede consumir como tal o en la preparación de otros alimentos (Bressani *et al.*, 1987; Bressani, 1989; Breene, 1991; Tovar *et al.*, 1994; Schnetzler y Breene; 1994; Bressani y Estrada 1994). En este sentido, diversos estudios indican que usando amaranto procesado térmicamente se mejora la relación de eficiencia proteínica (PER), así como la digestibilidad y la destrucción de factores antinutricionales, lo que hace más nutritiva a la semilla (Bressani *et al.*, 1992). Sobre la base de su poder nutricional se han desarrollado estudios para optimizar las cualidades nutricionales y transformarlo en productos terminados, tales como las barras alimenticias nutricionales, productos especialmente diseñados para contribuir a optimizar el rendimiento físico y proporcionar energía (Couquejriot, 2003). Los cereales precocidos diseñados para ser consumidos en el desayuno son considerados como alimentos funcionales, se encuentran en el mercado un sin número de variedades (Iñarrute, 2001). Como alternativa de consumo de cereales “listos para comer” nacen las barras, en este trabajo los bocaditos salados, éstos tienen la misma estructura de las barras pero de menor tamaño.

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional y organoléptica de bocaditos salados a base de amaranto

Los aglutinantes exentos de azúcar sirven como medio de cohesión para la elaboración de productos alimenticios que contienen preferentemente granulados. Además, la aptitud a la gelificación es una propiedad funcional importante de muchas proteínas.

Se denomina gelificación cuando las moléculas desnaturalizadas se agregan para formar una red proteica ordenada, mejoran la absorción de agua, el espesado, la unión de partículas (adhesión), estabilizan emulsiones y espumas. En la mayoría de los casos es indispensable un tratamiento térmico para conseguir la gelificación. La adición de sales, aumenta la velocidad de la misma y /o su firmeza. Las proteínas de la clara de huevo son con frecuencia consideradas como el mejor agente gelificante o ligante, en un rango de pH (3 a 11) cuando la concentración proteica es superior a 5%. (Schmidt, 1979).

Otra proteína natural pura de origen animal que contienen colágeno, es la gelatina, con funciones gelificante, espesante, formación de espuma, estabilizante, aglutinante de agua, además sin purinas ni grasas (GME, 2012). Ambas proteínas constituyen la fase húmeda de los bocaditos salados.

Considerando un alimento en su totalidad, de acuerdo al concepto de perfil nutricional para productos formulados (López López, *et al.*, 2009; Rayner, *et al.*, 2011), para estudiar los factores que determinan sus propiedades: que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor, resultan importantes las determinaciones relacionadas con la caracterización de algún grupo de nutrientes en particular agua, extracto etéreo, proteína cruda, cenizas y extracto no nitrogenado.

La mayoría de los alimentos son susceptibles al deterioro, lo que causa su descomposición en el tiempo e influye en la calidad e inocuidad del mismo, considerando su composición y el proceso al que es sometido (Casp y April, 1999). Las proteínas sufren desnaturalización, modificación de su conformación por diversos factores dentro de los que se encuentra el calor (Belitz y Grosch, 1988; Dondero, 1990). Al aplicar tratamientos térmicos a los alimentos se producen alteraciones químicas de residuos de aminoácidos con formación de nuevos enlaces covalentes intra o intermoleculares. Estos cambios pueden alterar las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas (Phillips y Finley, 1989; Hurrell y Finot, 1985) y dependen de las condiciones de tiempo y temperatura de los tratamientos aplicados (Fennema, 1985; Chan *et al.*, 1993).

Una dieta equilibrada además de proveer las calorías suficientes requeridas por el individuo debe incluir proteínas de buen valor biológico. De las kilocalorías aportadas por los diferentes grupos de alimentos, entre el 55 al 65% debe provenir de glúcidos, el 20 al 25% de lípidos y entre un 10 al 15% de proteínas (Latham, 2002).

El secado, proceso de importancia en la producción de alimentos, tiene como propósito reducir el contenido de humedad a los fines de lograr largos períodos de almacenamiento, conservando la calidad sensorial, nutricional e inocuidad del producto. Este proceso no sólo afecta el contenido en agua del producto sino que también altera otras propiedades físicas, químicas y biológicas, tales como la actividad enzimática, actividad microbiana, textura, viscosidad, dureza, aroma, gusto y sabor de los alimentos.

Los cambios físicos y químicos durante una operación de secado pueden potenciar ciertas características de los productos, pero también disminuir la cantidad de nutrientes y sus propiedades organolépticas. Sin embargo, con un adecuado manejo, estas reacciones y cambios físicos pueden asegurar un alimento con un alto contenido en nutrientes y aumentar

significativamente su vida media comercial. A partir de los estudios de secado se busca reducir el tiempo de residencia en el secadero con el fin de minimizar la merma nutricional del producto (Barbosa Cánovas y Vega Mercado, 2000).

Todo alimento es un producto húmedo que puede ser considerado como un sistema formado por un sustrato seco, al que lo acompaña cierta cantidad de agua unida a él. Un indicador directo del "grado de libertad" del agua que tiene un producto es la comparación del valor de la presión de vapor en equilibrio con la presión de saturación correspondiente a la misma temperatura. Este parámetro es llamado actividad de agua (a_w) y controla el crecimiento, supervivencia, esporulación, muerte o producción de toxinas de los microorganismos (Mossel y Westerdijk, 1949; Bryce y Pearce, 1946; Scott, 1953, 1957), la velocidad de las reacciones de deterioro en alimentos (Labuza *et al.*, 1972a, 1972b). Con una reducción de la a_w a un valor de 0,7 se prevendría el desarrollo microbiológico, sin embargo, es necesaria la prevención de otras reacciones de deterioro. Se logra una exitosa preservación de productos alimenticios a una actividad acuosa por debajo de un valor de 0,3.

Además del control de los problemas microbiológicos, la teoría de a_w puede aplicarse directamente a muchos problemas industriales como: la deshidratación, el desarrollo de productos de humedad intermedia, estabilización de sabor, color y textura.

Debido a las diversas formas en las que se presenta el agua en los alimentos no permiten predecir el curso de las isotermas de sorción de humedad, es decir, predetermined el contenido de agua en equilibrio de un producto a una presión de vapor de determinado ambiente al que está expuesto. Si se desea conocer este comportamiento, es necesaria determinarlo experimentalmente (Spiess y Wolf, 1987).

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. En este trabajo se utilizó una prueba de diferencia con un control con los objetivos de determinar si existen diferencias entre una o más muestras con respecto a un control y estimar el tamaño de las diferencias. La prueba puede utilizarse para medir la diferencia global, o medir la diferencia de un atributo, es útil en situaciones en que la diferencia es detectable, pero donde el tamaño de la diferencia puede afectar las decisiones a tomar. Este es el caso de alimentos que son naturalmente heterogéneos como los bocaditos salados.

Por tratarse de un producto innovador "Los bocaditos salados", no se encuentran en el mercado, por tal motivo no está legislado en el Código Alimentario Argentino (C.A.A) y en este caso se deben seguir los requisitos para productos similares, se adoptó como criterio considerarlo como snacks.

El objetivo de este trabajo es analizar si las variables del proceso de secado, temperatura y tiempo, influyen significativamente en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

2. Materiales y Métodos

Materias primas utilizadas

Para la preparación de la fase seca se usaron semillas de *Amaranthus cruentus* variedad Candil, de los cultivares de la Universidad Nacional de Río Cuarto y se complementó con:

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional y organoléptica de bocaditos salados a base de amaranto

arroz inflado, flakes de maíz, salvado de trigo extruído, avena arrollada, sésamo, gelatina en polvo, albúmina en polvo, orégano, albahaca, cloruro de sodio y agua potable para la preparación del aglutinante. Adquiridos en el mercado local de productos con marcas registradas y certificado de análisis (COA), cumpliendo con parámetros de inocuidad y calidad. Como saborizante se utilizó cloruro de sodio, orégano y albahaca disecada, conteniendo sustancias sápidas y olorosas para aromatizar y dar sabor, además de las propiedades bacteriostáticas (Calucci *et al.*, 2003). Todos los ingredientes fueron pesados haciendo uso de una balanza analítica Marca OHAUS- modelo: AR2140

Como aglutinante se usó albúmina de huevo en polvo reconstituida en fase acuosa y gelatina sin sabor. La fase húmeda y la fase seca se mezclaron y luego se moldearon los bocaditos para su posterior tratamiento.

Secado de la formulación

El secado se efectuó a 100 °C y a distintos tiempos de exposición: 10, 14 y 18 minutos, en un secadero a escala laboratorio con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s, sobre bandeja de malla de acero inoxidable. Para dicha experiencia se usó una estufa de circulación forzada con temperatura controlada -modelo: ORL-SD-CAF464-N° de serie 160610. Como método de elección del tiempo de secado se realizó una evaluación de aceptabilidad mediante un test de ordenamiento de preferencia, empleando un panel de evaluadores no entrenados de 35 personas (Hough *et al.*, 2006).

Curvas experimentales de secado

Para evaluar la incidencia de las variables del proceso de secado, temperatura y tiempo en la calidad nutricional del producto final, se realizaron las curvas experimentales de secado de los bocaditos salados: % de Humedad en base seca vs tiempo y % de Humedad en base seca vs actividad acuosa, a las temperaturas de 100, 80 y 70 °C respectivamente. Todas las experiencias se realizaron por triplicado. También se midió la actividad acuosa (a_w) de las muestras con equipo AquaLab Serie 3TE. La humedad en base seca se determinó gravimétricamente, secando los bocaditos de cereales a 105 °C durante 2 horas en estufa convencional marca SAN JOR Serie ST – Modelo SE 43T.

Diseño de las experiencias de selección de variables de proceso

Haciendo uso de las curvas de secado, a valor de humedad constante, se seleccionan nuevos tiempo de secado para llevar a cabo el proceso a menor temperatura

Incidencia de las variables del proceso de secado temperatura y tiempo en la calidad nutricional

Los bocaditos secados a distintas temperaturas-tiempo se sometieron a ensayos físico-químicos por triplicado: Valor energético (cálculo a partir de la composición centesimal), Proteínas (Kjeldahl, N x 6,25), Grasas totales (Twisselman), Fibra bruta (Referencia AOAC), Cenizas (calcinación a 550 °C), Humedad (estufa de vacío a 70 °C) e Hidratos de Carbono (por diferencia). También se determinó Índice de peróxido en meq/kg materia grasa.

Se verificó estadísticamente si el producto final después del proceso térmico de secado alteraba su composición. Para el análisis estadístico se usó el software R 3.0.3: (versión libre).

Incidencia en la textura

Se sometieron las muestras secadas a las distintas condiciones a un test sensorial “Prueba de diferencia con un control”, cuyo descriptor fue la dureza. Descriptor seleccionado teniendo en cuenta que el proceso de secado de los alimentos puede provocar endurecimiento de los mismos (Barbosa Cánovas y Vega Mercado, 2000). Participaron 35 catadores no entrenados.

3. Resultados y discusión

Resultados de la prueba de aceptabilidad

El trabajo consistió en ordenar por preferencia tres muestras de bocaditos salados secados a la misma temperatura, 100 °C, durante diferentes tiempos 10, 14 y 18 minutos. Los resultados fueron analizados estadísticamente, la muestra con mayor preferencia por la población ensayada, fue la secada durante 14min, y no se observó diferencia significativa entre las muestras expuestas a los otros tiempos de secado. Por lo tanto, de estos resultados se puede decir que las temperaturas seleccionadas para el secado de los bocaditos afectan las características sensoriales del producto. El producto obtenido presentó buen aspecto con color pardo claro, aroma agradable característico del amaranto tostado, textura crocante y poco desgranamiento. La evaluación sensorial mostró alta aceptación de los bocaditos.

Curvas experimentales de secado

En la Fig. 1 se grafican los valores experimentales promedios de secado de tres muestras, correspondientes a las experiencias realizadas a 100, 80 y 70 °C a distintos tiempos de exposición.

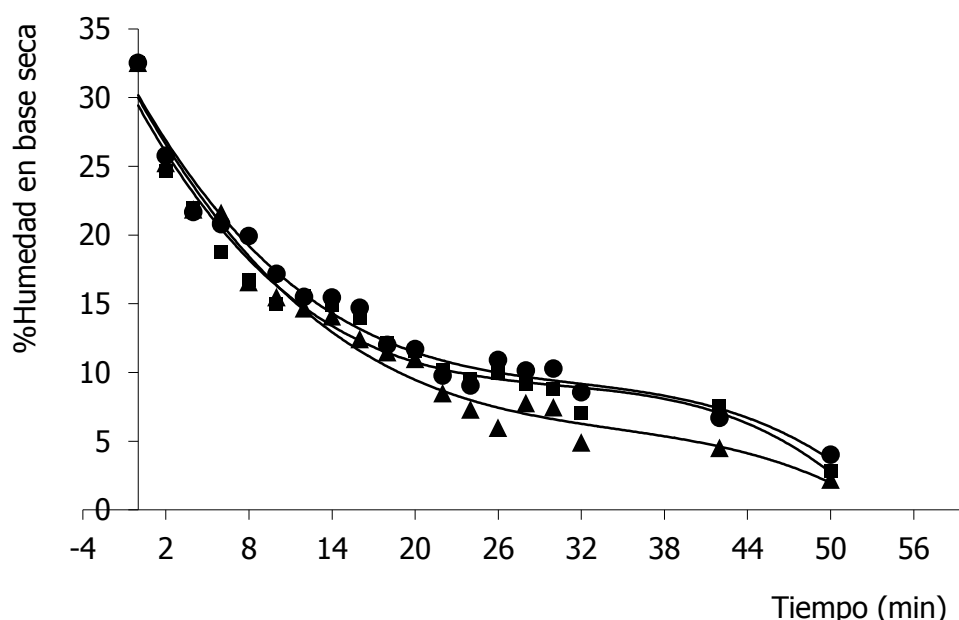


Fig. 1: Curvas experimentales de secado de los bocaditos salados a 70 (●), 80 (■) y 100 °C (▲), con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s.

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional y organoléptica de bocaditos salados a base de amaranto

Además se graficó la humedad en base seca vs. actividad acuosa de los bocaditos secados a 70, 80 y 100 °C (Fig.2), obteniéndose las isotermas de sorción a 25 °C.

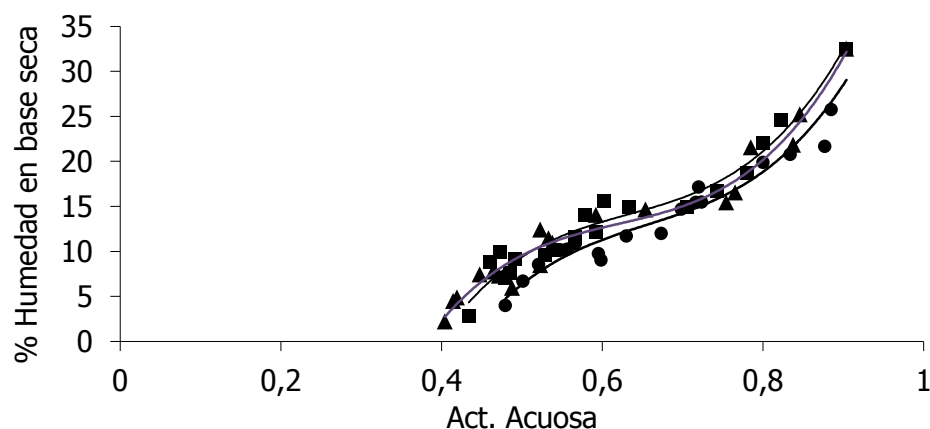


Fig. 2 Curvas experimentales Isotermas de Sorción a 25 °C, de los bocaditos salados a las temperaturas de secado 70 (●), 80 (■) y 100 °C (▲).

De acuerdo a las condiciones seleccionadas por los evaluadores en el test de aceptabilidad: 14 minutos de secado y 100 °C, el producto final tiene una humedad en base seca de 14,07%. En general, se considera que para un contenido de humedad menor a 14,50% para los productos de cereales, se puede lograr un almacenamiento estable sin cambios importantes en la calidad (Schmidt Hebbel, 1981).

Haciendo uso de la gráfica de porcentaje de humedad en base seca vs tiempo (Fig. 1), manteniendo el valor de humedad en 14,07%, se seleccionan nuevas condiciones operativas a partir de las isotermas de 70 y 80 °C, resultando los valores de tiempo de secado que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Correspondencia de las variables Temperatura y Tiempo a Humedad constante

Humedad en base seca %	Temperaturas de Isotermas (°C)	Tiempo de exposición de secado (min)
14,07	100	14
14,07	80	16
14,07	70	17

Fuente: elaboración propia

Incidencia de las variables del proceso de secado en la calidad nutricional

Se verificó estadísticamente si el producto final después del proceso térmico de secado alteraba su composición nutricional equilibrada.

El test para las variables mencionadas, mostró que los datos se comportaron en forma normal y con varianzas homogéneas, se aplicó el método del ANOVA para verificar la hipótesis si existe diferencias entre los parámetros medios de temperaturas (70, 80 y 100 °C) arrojando

todas un p-valor $> 0,05$, indicando que no hay diferencia significativa entre las medias de las temperaturas

Con respecto a la proteína, de acuerdo a datos reportados en experiencias realizadas en barras de cereales dulces con albumina de huevo presente en la fase aglutinante, para temperaturas de 105 °C y tiempos mayores a 30 min, podría ocurrir una desestructuración parcial de la misma, reduciendo la biodisponibilidad de algunos aminoácidos esenciales (Olivera *et al.*, 2012).

En base a la composición en aminoácidos esenciales de los ingredientes (FAO, 1970), se estimó el contenido teórico en los bocaditos salados, tomando como base los aportados por la semilla de amaranto expandida considerando que es el principal ingrediente en la formulación. Resultando aproximadamente: lisina 186 mg, metionina 12 mg, triptófano 3,2 mg y de treonina 8,4 mg. Es importante destacar que el contenido de lisina es un indicador de la calidad proteica.

En cuanto a los aglutinantes usados en ésta formulación: la gelatina, mezcla heterogénea de proteínas de alto peso molecular, soluble en agua, de diferentes puntos isoeléctricos, contiene glicina (27%), prolina (15,2%) e hidroxiprolina (13,3%), sin aporte de lisina ni treonina (Saddler y Horsey, 1987); la albumina de huevo en polvo aporta el 6,16% de lisina, el 4,5% de treonina, el 3,9% de metionina aminoácido azufrado y en menor cantidad el triptófano. El grado de humectabilidad es bajo, se presume que el tratamiento térmico recibido por la albumina durante el secado por aspersión modifica su estructura debido al proceso de secado a 105 °C durante 30 min, impidiendo la entrada de las moléculas de agua observándose una disminución de las Unidades Netas Proteicas (UNP) (Sotelo y González, 2000).

Al comparar los resultados obtenidos por otros autores que trabajaron con alimentos tratados por calor se comprueba que la pérdida de lisina esta mas relacionada con el tiempo de exposición de los alimentos que con la temperatura y disminuye debido a su procesamiento industrial o cuando las proteínas se someten a calentamiento intenso en presencia de azúcares o lípidos oxidados (Torún, 1988). El producto en estudio presenta actividades acuosas correspondientes a las zonas donde las reacciones de oxidación de lípidos se incrementan, pero como la fórmula presenta un bajo aporte de grasas (10,84%), es posible que el contenido de lisina no varíe debido a que en las condiciones de operación no hay formación de radicales libres o compuestos reductores formados por oxidación de lípidos con proteínas (Kakade y Liener, 1969; Pokorny *et al.*, 1983; Saguy, 1980). Por lo que es probable que en las condiciones experimentales, a 100 °C se produzca una disminución de la digestibilidad de la proteína y en la UNP debido a una desnaturalización de la misma, aunque el tiempo empleado en el presente trabajo es de 14 min, inferior al reportado en los artículos citados.

No existen comunicaciones científicas para bocaditos salados, sin embargo sería interesante realizar estudios para determinar la incidencia de la temperatura sobre la desestructuración de las proteínas sometidas a las condiciones utilizadas experimentalmente, 100 °C y 14 min, a pesar que los resultados del análisis proximal indican que no existen diferencias significativas en el contenido proteico total en las tres condiciones de secado estudiadas.

Incidencia de las variables del proceso de secado (temperatura-tiempo) en la textura: test sensorial

Al igual que en otros estudios se observaron numerosas correlaciones entre la composición química de los alimentos y los parámetros de textura analizados (Marshall, 1991; Aguilera, 1993).

Utilizando el método de comparación múltiple de la mínima diferencia significativa (LSD de Fisher), se llega a la Tabla 2 que indica que medias o promedios de las muestras son diferentes respecto al atributo dureza.

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional y organoléptica de bocaditos salados a base de amaranto

Tabla 2: Medias o promedios sensoriales de diferencia de dureza entre dos prototipos

Muestras	Medias	Separación de Medias	Temperatura de secado (°C)
Testigo ciego (T)	3,1	a	100
Prototipo F	3,3	a	80
Prototipo N	4,1	b	70

Letras diferentes a, b: indican medias o promedios diferentes ($p < 0,05$). Esto indica que los evaluadores no distinguieron entre las muestras secadas a 100 y 80 °C, pero si detectaron diferencia entre las secadas a: 70-100 °C y 70-80 °C.

4. Conclusión y recomendaciones

Se concluye que las variables tiempo y temperatura de secado, en las condiciones de proceso estudiadas, no influyeron significativamente en la calidad nutricional de los bocaditos salados desde el análisis proximal, en los parámetros nutricionales evaluados. Los bocaditos conservaron su composición nutricionalmente equilibrada y responden a los Rangos Aceptables de Distribución de Macronutrientes para Dietas Saludables, establecidos por el Consejo de Alimentación y Nutrición de EEUU.

Se recomienda considerar el parámetro de calidad dureza, en el momento de seleccionar las variables del proceso, ya que influyen organolépticamente en el producto alimenticio estudiado.

Se continúa con estudios para determinar la incidencia de la temperatura sobre la desnaturalización de las proteínas sometidas a las condiciones utilizadas experimentalmente.

5. Referencias

- [1] Kirk, R.S.; Sawyer R.; Egan H. 1996. Composición y análisis de alimentos de pearson”, 2^{da} Ed. México: CECSA. 777p
- [2] COFECYT (Concejo Federal de Ciencia y Tecnología). 2004. “Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo”. Disponible en: http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos_alimenticios/Quinua_y_Amaranto.pdf. Acceso Octubre, 2015.
- [3] Betschart, A.A., Irving, D.W., Shepherd, A.D. and Saunders, R.M. 1981. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and effect of temperature on nutritional quality. J. Food Sci, 46:1181-1187
- [4] Bressani, R. 1989. The proteins of grain amaranth. Food Rev. Ital., 5: 13-38.
- [5] Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Bestchar, A. A. and Saunders, R. M. 1981. A compositional study of amaranth grain. Journal Food Science, 46: 1175-1180.
- [6] Becker, R. 1989. Preparation, composition and nutritional implications of amaranth seed oil. Cereal Foods World, 34: 950-953.
- [7] Khor, H. T. y Chieng, D. Y. 1997. Lipidaemic effect of tocotrienols, tocopherols and squalene: studies in the hamster. Asia Pacific. J. Clin Nutr. 6(1): 36-40.

- [8] Bressani, R., Kolinowxki, L.S., Ortiz, M.A. y Elías, L.G. 1987 Nutritional evaluation of toasted, flaked and popped *A. caudatus* Arch. Lat. Amer. Nutr., 37:525-531.
- [9] Breene, W. M. 1991. Food uses of grain amaranth. Cereal Foods World., 36: 426-430.
- [10] Tovar, L. R., Valdibia, M. A. and Brite, E. 1994. Popping amaranth grain state of the art. In Paredes-López, O. (ed) Amaranth: biology, chemistry and techonology. CRC Press Inc. pp 143-154
- [11] Schnetzler, K. A. y Breene, W. M. 1994. Food uses and amaranth product research: a comprehensive review. In Paredes López, O. (ed), Amaranth: biology, chemistry and technology CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. pp 155-184
- [12] Bressani, R. y Estrada, L. 1994. Effect of lime cooking of grain amaranth on selected chemical components and on its protein quality J. Agrc. and Food Chem, 42: 1998-2001.
- [13] Bressani R., Sánchez Marroquín A. y Morales E. 1992. Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing their nutritional quality. Food Rev. International, 8(1):23-49
- [14] Couquejnot, M. 2003. Barritas Nutricionales. Disponible en http://www.jumbo.com.ar/jumbomas/nutricionista_s.jsp Consultado el 12 de diciembre de 2015
- [15] Iñarrute. 2001. Estudio de las características nutricionales de barras de cereales para niños. Mexico. Arch Lat Nutr 20011; 41:222-297
- [16] Schmidt, R.H. 1979. Gelation and coagulation. En A Pour-El, ed., Functionality and Protein structure. Am. Chem. Soc., Washington, D.C, pp 131-147.
- [17] GME (2012). Asociación Europea de Fabricantes de Gelatina. La gelatina. Consultado en www.getatine.org. 22 noviembre 2015.
- [18] López López, I., Cofrades, S., Ruiz Capillas, C., Jiménez Colmenero, F. 2009. Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. Meat Sci, 83: 255-262
- [19] Rayner, M., Scarborough, P., Stockley, L. 2011. Nutrient profiles: Applicability of currently proposed model for uses in relation to promotion of food to children aged 5-10 and adults. British Heart Foundation, Department of Public Health, University of Oxford. 2005. Disponible en [www. food.gov.uk/multimedia/pdfs/nutprofmodelforadults.pdf](http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/nutprofmodelforadults.pdf). Consultado 22 noviembre 2015.
- [20] Casp, A. y April, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Madrid: Mundi-Prensa. pp 121-124
- [21] Belitz, H.D. y Grosch, W. 1988. Química de los Alimentos. 2^{da} ed. Zaragoza, España: Acribia Editorial. pp. 19-20, 233.
- [22] Dondero, M. 1990. Bioquímica y tecnología de la aplicación del frío en alimentos. Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso. pp 37-38, 41-43
- [23] Phillips, R.D. y Finley, J.W. 1989. Protein quality and the effects of processing. Marcel Dekker, Inc, U.S.A. pp 1-7, 125-143.
- [24] Hurrel, R.F. and Finot, P.A. 1985. Effect of Food Processing on Protein Digestibility and Aminoacid Availability. En "Digestibility and Aminoacid Availability in Cereals and Oilseeds. J.W. Finley y D.T. Hopkins (ed). A.A.C.C. Minnesota USA.
- [25] Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry. 2th U.S.A: Marcel Dekker.; pp 246, 343-345, 854.

- [26] Chan, J.K., Gill, T.A. y Paulson, A.T. 1993. Thermal aggregation of myosin subfragments from cod and herring. *J Food Sci.*; 58 (5): 1057 – 1061.
- [27] Latham, M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo colección FAO: Alimentación y nutrición n 29 .Roma. ISBN 92-5-303818-7
- [28] Barbosa Cánovas, G. y Vega Mercado, H. 2000. Deshidratación de alimentos. Traducido por Alberto Ibarz Ribas. Zaragoza, España: Acribia Editorial, 297p. ISBN: 9788420009186
- [29] Mossel, D. A. A. y Westerdijk, J. 1949. The physiology of microbial spoilage in foods. *Antonie van Leeuwenhoek* 15:190-202.
- [30] Bryce, W. A. y Pearce, J.A. 1946. *Can. J. Res.* 24:61.
- [31] Scott. W. J. 1957. Water relations of food spoilage microorganisms. *Adv. Food. Res.* 7:83-127
- [32] Labuza T. P., Mc Nally, L., Gallagher, D., Hawkes, j. and Hurtado F. 1972a. Stability of intermediate moisture foods. 1.Lipid oxidation. *J. Food Sci.* 37:154-159.
- [33] Labuza T. P.; Cassil, S. and Sinskey, A. J.1972b. Stability of intermediate moisture foods. 2. Microbiology. *J. Food Sci.* 37:160-162.
- [34] Spiess, W.L.E. and Wolf, W. 1987. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. In *Water activity theory and applications to foods*. Ed. Rockland, L. B. and Beuchat, L.R. New York, USA: Marcel Dekker.
- [35] Calucci, L.; Pinzino, C.; Zandomenighi, M.; Capocchi, A.; Ghiringhelli, S.; Saviozzi, F.; Tozzi, S.; Galleschi, L. 2003. Effects of γ -irradiation on the free radical and antioxidant contents in nine aromatic herbs and spices. *J. Agric. Food Chem.* 51: 927-934.
- [36] Hough, G.; Wakeling, I.; Mucci, A.; Chambers IV, E.; Méndez Gallardo, I. y Alves, L. R. 2006. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference* 17 (6): 522-526.
- [37] Schmidt Hebbel, H. 1981. Avances en ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad de Chile, Fac. Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Santiago, Chile, 365 p.
- [38] Bello Gutiérrez, J. 2000. Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Madrid, España: Diaz de Santos. pp 279-286. ISBN 84-7978-447-4
- [39] Dergal, S.B. 2006. Química de los Alimentos. 4ta ed. Enrique Quintanar Duarte (ed). México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.Cap 1,pp 14-15. ISBN 970-26-0670-5
- [40] Olivera, M. C., Ferreyra, V.D., Giacomino, S.M., Curia, A.C., Pellegrino, N.G., Fournier M. U. y Apro, N. C. 2012. Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Rev Chil Nutr.* 39(3): 18-25
- [41] Sotelo, A. y González, L. 2000. Huevo en polvo con bajo contenido de colesterol. Características nutricias y sanitarias del producto. *ALAN* [on line] 50(2):134-141.Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200004&lng=es&-nrm=iso>. ISSN 0004-0622. Consultado en diciembre, 2014.
- [42] Kakade, M. L. and Liener, I.E. 1969. Determination of available lysine in protein. *Analyt. Biochem.*, 27(2): 273-280.

- [43] Pokorny, J., Novotná-Morávková, E., Alexcová, H. and Davídek, J. 1983. Oxidation of polyunsaturated lipids in presence of nonlipidic components. En: Hollo, J. (ed). Fat science. Part B. Publ. Elsevier, 603 p.
- [44] Saguy, K. Y. 1980. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. Food Technol., 34(2): 78-84.
- [45] Demonte, P. 1995. Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. Cali, Colombia. Memorias. Cali: Universidad del Valle. pp. 8-20
- [46] Marshall, R.J. 1991. Combined instrumental and sensory measurement of the role of fat in food texture. Food Res. Int., 25:7-80

CLASIFICACION DE GRANOS DE LENTEJAS EMPLEANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.

Cleva Mario Sergio, UTN - FRRe, clevamario@hotmail.com

Sampallo Guillermo Manuel, UTN - FRRe, gsampallo@gmail.com

Rodriguez Da Fonseca Claudio, UTN - FRRe, dafonseca@gmail.com

Aquino Dominga, UTN - FRRe, domyaquino@yahoo.com.ar

Liska Diego Orlando, UTN - FRRe, diegoorlandoliska@gmail.com

Resumen— Se presenta en este trabajo un clasificador de granos de lenteja que emplea procesamiento digital de imágenes. Está basado en comparar, a través del coeficiente de correlación, el histograma normalizado de la imagen digital en niveles de gris de cada uno de los granos de una muestra con los correspondientes a muestras de granos identificados por su aspecto como normal, oscuro, decolorado y partido. Se seleccionaron, manualmente de un paquete comercial, treinta granos de cada categoría y se registraron sus imágenes con un escáner de escritorio. Para cada categoría se obtuvo el histograma normalizado promedio que es usado como patrón de la misma. Para clasificar una muestra cualquiera se obtuvo el histograma normalizado correspondiente a cada grano de la misma y se lo comparó con cada uno de los cuatro histogramas patrón de las mencionadas categorías. La pertenencia de un grano a una categoría se definió a través de reglas aplicadas a los valores que toma el coeficiente de correlación y el cálculo del porcentaje de cada categoría presente en la muestra se realizó a través de un contador. El procedimiento de comparación y conteo es objetivo, sencillo, rápido y eficiente. En este trabajo, no se tuvieron en cuenta granos brotados, descascarados o picados, aspectos que se encuentran en estudio.

Palabras clave— *histograma, legumbres, binarización.*

1. Introducción

El empleo de técnicas de procesamiento digital de imágenes (PDI) se ha empleado exitosamente en diferentes disciplinas como la medicina [1], el medioambiente [2], la industria [3] y la seguridad [4] entre otras. Su empleo se fue acrecentando gracias a diversos factores entre los que podemos mencionar: el desarrollo de nuevos algoritmos, la evolución de los procesadores y de los sistemas de adquisición de imágenes, la reducción en los costos, etc.

En la industria de los alimentos, existe abundante bibliografía relacionada con la aplicación de las técnicas de PDI: Gunasekaran [5] expuso cómo está compuesto un sistema de visión por computadora y cuáles son los requisitos para ser usado en el análisis de la calidad de alimentos. Cheng-Jin Du y Da-Wen Sun [6], presentaron un relevamiento de los aportes del PDI relacionados con la evaluación del color, forma, tamaño y textura, características relacionadas en forma directa con la calidad del producto. Zheng y col [7], presentaron una revisión de las técnicas disponibles de PDI aplicadas a alimentos y relacionadas con su color, tamaño, forma y textura.

En el caso de los granos para alimentación, es importante reconocer sus características, como ser dimensiones y aspecto, dado que permiten, posteriormente, la determinación de parámetros físicos y de calidad. Estos procesos al ser realizados manualmente, quedan sujetos a posibles errores por la subjetividad del observador, consumen tiempo, son operacionalmente complejos y requieren de una preparación especial por parte del observador.

En el campo de PDI, entre, otros usos, el histograma se emplea como herramienta para calcular parámetros vinculados a la calidad. En este sentido, Sampallo y col [8] usaron histogramas para clasificar granos de arroz y como herramienta para la determinación del umbral de binarización en imágenes de granos [9]. Los criterios de calidad empleados en los algoritmos, se ajustaron a lo que establece el Código Alimentario Argentino (CAA) para el arroz.

Sin embargo, con respecto a la clasificación de granos de lentejas, el CAA, solo establece en su artículo 77 que *“La lenteja no deberá contener más de un 1% de materias extrañas, de las cuales no más de 0.25% será de materia mineral. Se considerará materia extraña al material vegetal proveniente de la misma u otras plantas y al material mineral como tierra, arena y piedras”*. Otros países, como Australia, tienen una guía visual [10] con información para los agentes encargados de control de calidad de diferentes granos y legumbres, entre ellos la lenteja teniendo diferentes clasificaciones.

Se presenta en este trabajo un clasificador de granos de lenteja basado en el procesamiento digital de imágenes (PDI) basado en la comparación, a través del coeficiente de correlación, entre el histograma de la imagen digital en niveles de gris de los granos de la muestra de interés y el histograma normalizado promedio, considerado como patrón, de distintas categorías de estados de granos: normales, ennegrecidos, decolorados y partidos.

2. Materiales y Métodos

Se trabajó con imágenes de granos de lenteja, analizando y comparando estados de la superficie del grano. Para ello se empleó el histograma de una imagen digital de la superficie proyectada en niveles de gris.

La clasificación de los granos se realizó a partir de la comparación entre el histograma normalizado de niveles de gris del grano a clasificar, y los histogramas normalizados de niveles de gris correspondientes a cuatro categorías de estados de grano seleccionadas manualmente por inspección visual.

Un histograma normalizado es un diagrama de barras cuyas abscisas representan los niveles de grises de los píxeles de una imagen, y las ordenadas, las frecuencias relativas de los distintos niveles de grises [11]. La frecuencia relativa es la cantidad de píxeles asociados a cada nivel de gris, dividido por la cantidad total de píxel de la imagen correspondiente al área proyectada del grano.

La Figura 1 ilustra el histograma de un grano de lenteja en tonos de grises donde no se tienen en cuenta los píxeles del fondo.

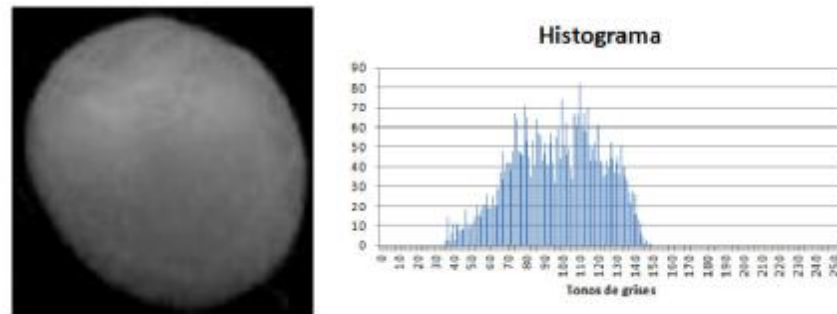


Figura 1: Grano de lenteja con su histograma

El análisis visual de una muestra de granos, permitió conformar cuatro categorías de estado del grano de lenteja.

Granos normales: son granos enteros que presentan una coloración uniforme y homogénea.

Granos oscuros: granos-dañados por el calor. Tienen una coloración rojiza - marrón oscuro o están ennegrecidos o quemados en los casos graves.

Granos partidos: granos divididos por la mitad a lo largo de su sección mayor, muestran una superficie interior plana y presentan una coloración uniforme.

Granos decolorados: granos de una tonalidad mucho más clara que el normal.

La Figura 2 muestra las imágenes en niveles de gris de las cuatro categorías de estado de los granos de lenteja junto a sus histogramas correspondientes.

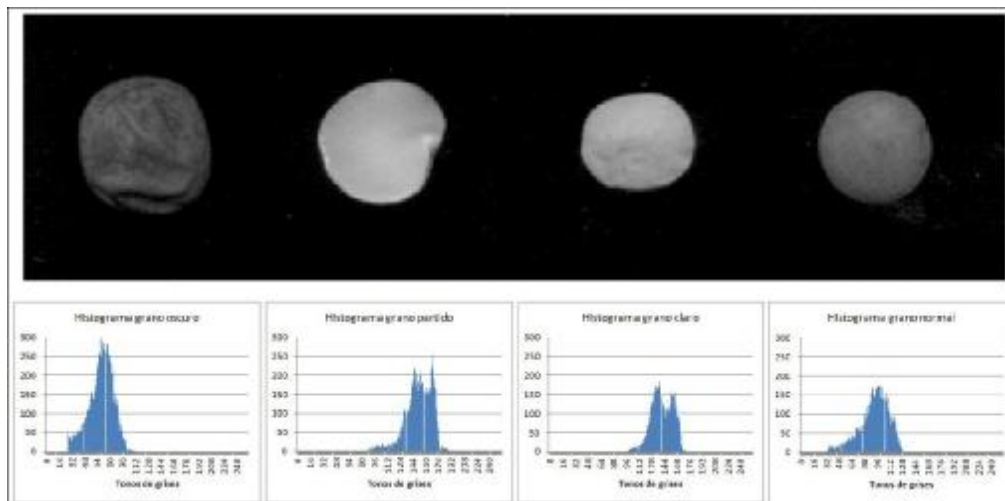


Figura 2: Grano oscuro, partido, decolorado y normal y sus respectivos histogramas

La muestra de cada categoría se conformó con treinta granos extraídos de un paquete comercial, seleccionados a partir de su apariencia visual. Los histogramas patrones normalizados se obtuvieron como promedios de los correspondientes a los granos de cada categoría.

2.1 Adquisición de las imágenes.

Para la adquisición de las imágenes de los granos de lenteja se empleó un escáner Hewlett Packard G3110. Los granos se distribuyeron sobre la bandeja del escáner cuidando de que los mismos no estén en contacto entre sí. Los granos de la muestra fueron escaneados con una

resolución de 200 pixeles por pulgada y las imágenes color obtenidas fueron procesadas con Matlab.

2.2 Procesamiento de las imágenes.

Una vez obtenidas las imágenes de los granos de cada categoría, para cada una de ellas se realizó la secuencia de operaciones detallada en la Figura 3.

La imagen color se convirtió en tonos de grises y con el umbral adecuado se binarizó la imagen con fin de separar los objetos presentes del fondo de la misma.

La imagen binarizada presenta, además de la superficie proyectada de los granos, la correspondiente a diferentes impurezas que son propias de registro de imágenes con un escáner y deben ser removidas de la misma. Para ello se determinaron las áreas proyectadas de todos los objetos de la imagen, se las promedió y se removieron aquellos objetos cuyo valor del área era inferior al 5% del valor promedio.

Esta imagen binarizada cuyos elementos son unos (correspondiente a los objetos) y ceros (valor de fondo) se multiplica por la imagen en tonos de grises original para eliminar los elementos no deseados de modo que aquellos objetos identificados en la imagen se corresponden con los granos a procesar para obtener sus histogramas.

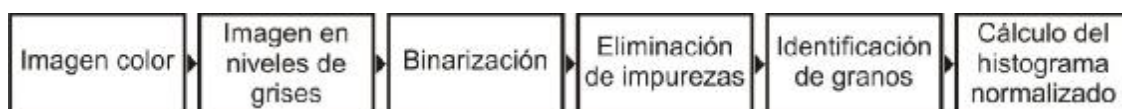


Figura 3: Secuencia de procesamiento de la imagen.

La diferencia de tamaño de los granos de una muestra no permite comparar directamente sus histogramas. Por ello, fue necesario normalizarlos y tener así un histograma independiente del tamaño del grano, posibilitando la comparación entre granos de una misma categoría (Figura 4). El histograma se normalizó dividiendo la frecuencia correspondiente a cada nivel de gris por la cantidad de pixeles de la superficie total correspondiente al área proyectada del grano.

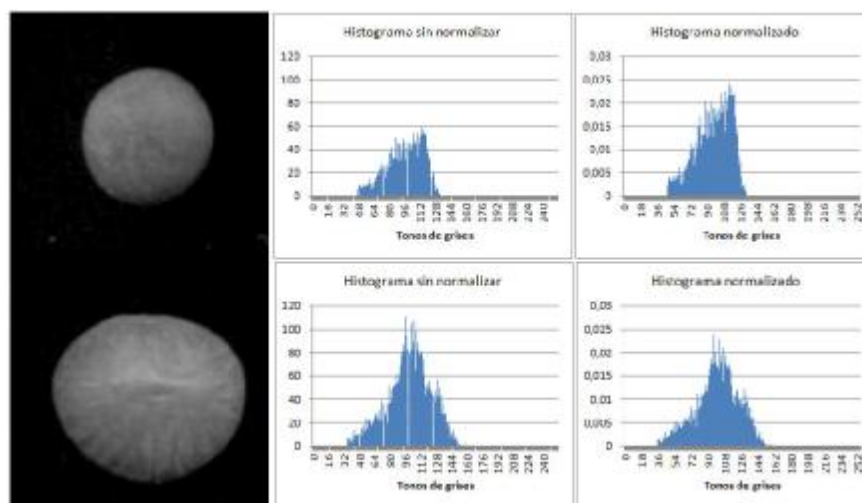


Figura 4: Granos de diferentes tamaños con sus histogramas y el histograma normalizado

Este procedimiento se realizó con cada uno de los granos correspondientes a cada categoría y luego sus valores se promediaron obteniendo el histograma normalizado representativo de la misma. La variabilidad que se observó en cada clase se tradujo como ruido en la curva promediada por lo cual debió ser suavizada tomando para cada punto de la misma, el

promedio de tres puntos de su entorno. Este histograma normalizado y suavizado y representativo de cada categoría, se considera el histograma patrón de la misma.

Los histogramas normalizados de los granos a clasificar se compararon con los histogramas patrones correspondientes a cada categoría a través del coeficiente de correlación. Un grano pertenece a una categoría si el coeficiente de correlación es cercano a la unidad.

3. Resultados y Discusión

La Figura 5 muestra la superposición de los histogramas patrones para cada una de las cuatro categorías. Se puede observar que los histogramas se diferencian tanto por su rango como por su amplitud lo que permitiría asegurar que un histograma normalizado cualquiera quedará siempre próximo a un histograma determinado.

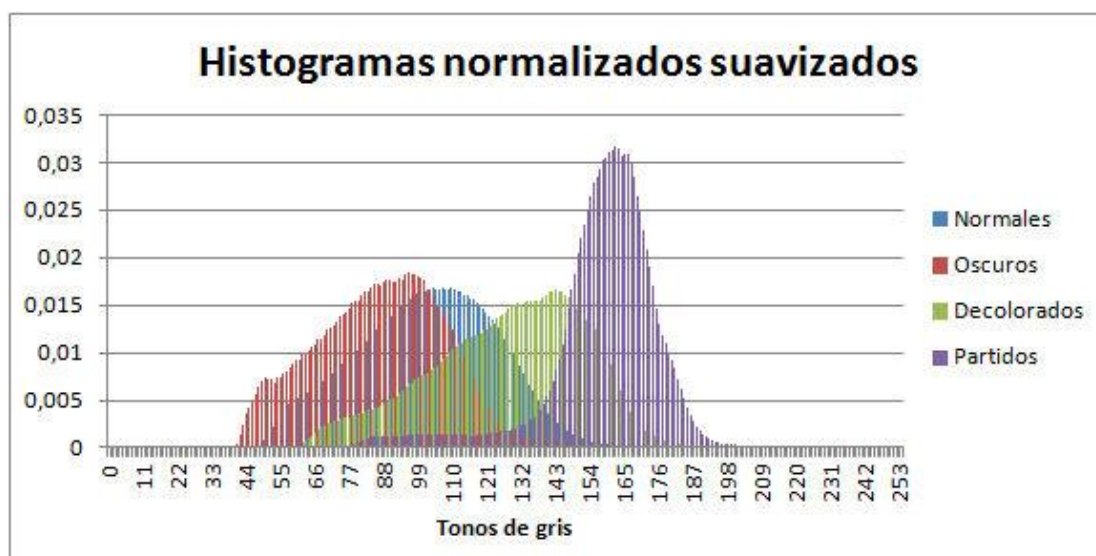


Figura 5: Histogramas normalizados para la clasificación

A fin de comparar si los histogramas patrones son diferentes, se calcularon los coeficientes de correlación entre los mismos. En la Tabla 1 se presentan los resultados y se observa que los únicos histogramas que presentan una leve similitud, son los correspondientes a los patrones de los granos oscuros y los granos normales. Los restantes son claramente diferentes entre sí. Esto asegura el criterio de clasificación

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre clases

Clases	Oscuros	Normales	Decolorados	Partidos
Oscuros	1	0.83	0.18	- 0.23
Normales	0.83	1	0.54	- 0.18
Decolorados	0.18	0.54	1	0.34
Partidos	- 0.23	- 0.18	0.34	1

Para verificar la eficacia del método propuesto, se preparó manualmente una muestra de prueba extraída de un paquete comercial formada por 22 granos oscuros, 120 granos normales, 20 granos decolorados y 14 partidos como se muestra en la Figura 6.



Figura 6: Muestra de granos para clasificar

La clasificación de cada grano de la muestra por PDI tiene como resultado 32 granos oscuros, 110 granos normales, 17 granos decolorados y 13 partidos (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación manual y por imágenes.

Clasificación	Oscuros	Normales	Claros	Partidos
Manual	22	120	16	14
Imágenes	32	110	17	13

Las diferencias observadas entre el método de clasificación manual y el de imágenes se deben a que este último evita las subjetividades del operador para los casos de granos cuyas características se encuentran en las proximidades de los límites entre las categorías. El operador reconoce como normales a 120 granos, mientras que el método propuesto considera solo 110, reclasificando 10 granos como oscuros. La diferencia entre decolorados y partidos es 1.

4. Conclusiones y recomendaciones

El método propuesto es satisfactorio y demuestra que es capaz de reclasificar granos de forma objetiva corrigiendo de manera eficiente aquellas situaciones difíciles de clasificar para el operador y que corresponden a los casos donde los granos se encuentren en los límites difusos entre las categorías.

Si se emplea una muestra mayor de granos los histogramas patrones serán más representativos de cada clase y al realizar la clasificación los resultados serán mejores.

La técnica empleada es sencilla, rápida, objetiva y permite llevar además un registro digital de los granos de una muestra para control. También permite procesar muestras de un mayor número de granos en menor tiempo que el procesamiento manual.

El método empleado no pondera cuestiones que se relacionen con la textura del grano, ya que la herramienta empleada (histograma) no es adecuada para estos casos.

5. Referencias

- [1] DHAWAN, A.P.; BUELLONI, G.; GORDON, R. 1986. Enhancement of Mammographic Features by Optimal Adaptive Neighborhood Image Processing. Medical Imaging, IEEE Transactions, 5 (1), 8-15.
- [2] MUCSI, L. 2001. Characterisation of oil-industrial contamination using aerial and thermal images - EARSeL Symposium, Drezda in: A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation, (ed: Buchroithner). Balkema, Rotterdam pp. 373-377.
- [3] CHOI, K.Y.; KIM, S.S. 2005. Morphological analysis and classification of types of surface corrosion damage by digital image processing. Corrosion Science, 47 (1), 1-15.
- [4] VALERA, M.; VELASTIN, S.A. 2005. Intelligent distributed surveillance systems: a review. Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings , 152(2), 192-204.
- [5] GUNASEKARAN, S. 1996. Computer vision technology for food quality assurance. Trends in Food Science & Technology. 7(8), 245-256.
- [6] CHENG-JIN, DU; DA-WEN, SUN. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. Trends in Food Science & Technology, 15(5), 230-249.
- [7] ZHENG, C.; DA-WEN, SUN; ZHENG, C. 2006. Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – a review. Trends in Food Science & Technology, 17 (12) 642-655.
- [8] SAMPALLO G.M, ACOSTA C.A., CLEVA M.S. GONZALEZ THOMAS A.O. (2012). Determinación de las características de granos de arroz pulidos empleando procesamiento de imágenes. II Jornadas de Investigación del NEA y países limítrofes. Resistencia, Chaco.
- [9] SAMPALLO G.M, ACOSTA C.A., CLEVA M.S. GONZALEZ THOMAS A.O. (2013). Sistema experto para clasificación de granos de arroz pulidos. Congreso Argentino de Agroinformática CAI 2013. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- [10] https://www.graintrade.org.au/sites/default/files/file/Commodity%20Standards/2013_2014/VSRG%202013.pdf. Consulta abril de 2016
- [11] DEPAOLI, R., FERNÁNDEZ, LA. DIAZ, D. (2005). Optimización de la ecualización del histograma en el procesamiento de imágenes digitales. VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ANÁLISIS SENSORIAL COMO HERRAMIENTA ÚTIL PARA LA SUSTITUCIÓN DE INGREDIENTES EN ALIMENTOS VEGETALES

Verónica Fátima Cerviño, UTN-FRRe, vfcervino@gmail.com

Carola Andrea Sosa, UTN-FRRe, carolas4@hotmail.com

Liliana Edith Vergara, UTN-FRRe, levergara@frre.utn.edu.ar

María Laura Herrera Toffaletti, UTN-FRRe, m.lauraherrera@hotmail.com

Sonia Cecilia Sgroppo, UTN-FRRe, sonia.sgroppo@hotmail.com

Resumen— Como alternativa para minimizar el proceso oxidativo que se presenta durante el almacenamiento de un aderezo de base vegetal, se propuso sustituir la fase lipídica original (aceite de maíz) por aceite de girasol alto oleico o aceite de canola.

Para ello, se llevó a cabo un ensayo sensorial con el objetivo de encontrar un aceite sustituto que sea percibido de manera similar al aceite de la formulación original. Se realizó la Prueba de Diferencia con un control con 15 evaluadores semi-entrenados, que midieron por duplicado la diferencia sensorial entre el aderezo original y los prototipos. Se concluyó que la muestra con aceite de canola fue significativamente diferente a las demás ($p < 0,05$), y el aderezo adicionado de aceite de girasol alto oleico fue percibido como similar al original.

Para corroborar los resultados, se recurrió a un ensayo de comparación de a cuatro (Tetrad), entre el aderezo original y el prototipo con aceite de girasol alto oleico. Esta es una prueba innovadora en el Análisis Sensorial, que tiene mayor potencia estadística que otros ensayos discriminativos. Los resultados indicaron que más de la mitad de los consumidores ($\alpha = 0,02$) no percibiría la diferencia entre el aderezo original y el prototipo, concluyendo de esta manera que es recomendable la sustitución del aceite de maíz por aceite de girasol de alto oleico.

Palabras clave— *análisis sensorial, Tetrad, aderezo vegetal, oxidación.*

1. Introducción

En trabajos previos del grupo de investigación BIOTEC se desarrolló un aderezo a base de vegetales de producción regional, con características de un alimento funcional. Asimismo, se estudió la evolución de las características fisicoquímicas y organolépticas durante el almacenamiento del producto [1,2]. Los ensayos sensoriales mostraron cambios de sabor en la salsa formulada, relacionados con procesos de oxidación, que redujeron notablemente la vida útil sensorial del producto.

Para minimizar las alteraciones por oxidación que sufre el aderezo durante el almacenamiento, se propuso reemplazar la fase lipídica original (aceite de maíz) [3], con aceites de perfiles lipídicos de menor insaturación, como el de girasol con alto contenido de ácido oleico, o aceite de canola [4].

Uno de los requisitos indispensables para este proceso es que el nuevo ingrediente lipídico no altere significativamente las características sensoriales del aderezo, de manera de obtener el mismo grado de aceptabilidad que en los estudios anteriores. Para ello, se planificó la realización de un ensayo discriminativo, con el objetivo de comprobar que los productos reformulados son percibidos de manera similar al original [5]. La *Prueba de diferencia con un control* se utiliza cuando se busca determinar si existen diferencias entre una o más muestras con respecto a un control, y estimar además el tamaño de las mismas [6]. El evaluador mide la diferencia que percibe entre una muestra control y una o más muestras problema, dentro de las cuales se incluye un control codificado como “testigo ciego”. Los puntajes promedio de las muestras problema se comparan con el promedio del testigo ciego, determinando por un análisis de varianza, si las muestras son diferentes entre sí.[7].

Con el fin de comprobar que la sustitución de la fase lipídica daría como resultado un producto similar al original, se recurre a un Ensayo de comparación de a cuatro o “*Tetrad*”. El mismo consiste en presentar a los evaluadores cuatro muestras, dos pares iguales entre sí, las cuales deben ser clasificadas en dos grupos de dos elementos, según su similitud. [8].

El Tetrad es una prueba relativamente nueva en el Análisis Sensorial, utilizada para diferenciar tanto atributos globales como específicos. Su potencia estadística es mayor que la de la prueba triangular, según varias publicaciones [9,10,11]. Esto significa que para el mismo tamaño de muestra la probabilidad de detectar diferencias es mayor, o bien, que el tamaño de las muestras necesarias es menor para igual probabilidad. El test *Tetrad* requiere alrededor de un tercio de la cantidad de evaluaciones necesarias para la Prueba del triángulo, por lo tanto insume menos recursos [12]. Los resultados se analizan contabilizando las respuestas correctas y estimando la proporción de consumidores que percibirían ambas muestras como similares, asumiendo una distribución binomial de una cola.

Por todo lo expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo aplicar las herramientas del análisis sensorial para la elección de un sustituto lipídico en la formulación de un aderezo vegetal, midiendo las diferencias sensoriales globales entre el producto original y los prototipos propuestos.

2. Materiales y Métodos

El aderezo se elaboró con pimientos (*Capsicum annum*, L.) y zapallos anco (*Cucurbita moschata*, L.) tratados térmicamente, triturados y adicionados con cloruro de sodio, ácido ascórbico, sorbato de potasio, gelatina y 1% de aceite.

2.1 Prueba de Diferencia con un Control

Para llevar a cabo esta prueba, la muestra control (C) fue el aderezo formulado originalmente, conteniendo aceite de maíz. Las dos muestras problema fueron elaboradas reemplazando el aceite de maíz por aceite de girasol alto oleico (AO) y canola (CA), respectivamente.

Se convocaron a 15 evaluadores que realizaron la prueba por duplicado. Las muestras se presentaron en recipientes plásticos de color blanco de 100 ml de capacidad, en cantidad suficiente como para untar sobre un soporte (Fig. 1). Las bandejas de presentación contenían las muestras correspondientes al control, y tres muestras codificadas con números aleatorios, siendo una de ellas el testigo ciego. Se indicó a los jueces sensoriales podían evaluar las muestras directamente, o aplicadas sobre un soporte (galletas de agua sin sal). Se proporcionaron también vasos con agua de grifo a temperatura ambiente, como medio neutro para eliminar los vestigios de sabor entre muestra y muestra.



Figura 1. Presentación de las muestras en la Prueba de Diferencia con un Control.

Los evaluadores se seleccionaron entre docentes y estudiantes de la carrera Ingeniería Química (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia), con conocimientos básicos de Análisis Sensorial y familiarizados con el producto a analizar. Se presentaron los 6 ordenamientos posibles (C/AO/CA, CA/AO/C, C/CA/AO, AO/C/CA, AO/CA/C, AO/CA/C). Para minimizar el error que podría producirse debido al orden de presentación de las muestras, las mismas se presentaron en forma balanceada. Las pruebas se realizaron en una sala amplia, con buena iluminación, libre de olores extraños. Las escalas utilizadas para cuantificar las diferencias fueron numéricas estructuradas, asignando el valor cero (0) cuando no se detectaron diferencias en el sabor o “*ninguna diferencia*”, y el valor cinco (5) para muestras con sabor “*extremadamente diferente*”. En la figura 2 se enseña la planilla ofrecida a los evaluadores.

PRUEBA DE DIFERENCIA CON UN CONTROL									
NOMBRE: EVALUADOR N°: FECHA:/...../.....									
Instrucciones 1. Ud. ha recibido 4 muestras, una codificada con C (Control) y otras con 3 dígitos. 2. Pruebe primero la muestra C y luego las otras muestras. Puede probar la muestra C tantas veces como desee. 3. Debe determinar el grado de diferencia que aprecia entre la muestra control (C) y las otras realizando una marca en la escala. Recuerde que a veces puede haber una o más muestras iguales al control.									
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <i>Ninguna diferencia</i> <div> MUESTRA N° ____ </div> <i>Mucha diferencia</i> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> 0 1 2 3 4 5 </div>									
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <i>Ninguna diferencia</i> <div> MUESTRA N° ____ </div> <i>Mucha diferencia</i> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> 0 1 2 3 4 5 </div>									
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <i>Ninguna diferencia</i> <div> MUESTRA N° ____ </div> <i>Mucha diferencia</i> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> 0 1 2 3 4 5 </div>									
MUCHAS GRACIAS!									

Figura 2. Planilla utilizada en la Prueba de Diferencia con un Control.

2.2 Ensayo de comparación de a cuatro (Tetrad)

Considerando los resultados de la prueba anterior, se planificó la realización de otro ensayo discriminativo, esta vez con la muestra original (M) y el prototipo con aceite de girasol alto oleico (G). El objetivo de este ensayo fue corroborar que la sustitución de la fase lipídica en la formulación de la salsa no sería percibida por los consumidores, y de esta manera, afianzar la decisión de reemplazo. Para ello se llevó a cabo el ensayo de comparación de a cuatro, también conocido como “Tetrad”.

La presentación de las muestras se realizó de manera similar al ensayo anterior. En este caso, la bandeja contenía las cuatro muestras codificadas con números aleatorios. Se balancearon las seis presentaciones posibles (MMGG – GGMM – MGMG - GMGM - MGGM – GMMG). En la figura 3 se muestra la planilla utilizada.

Nombre.....		Fecha:/...../.....	
Se presentan 4 muestras de aderezo. Por favor, pruébelas de izquierda a derecha. Luego clasifique las muestras en dos grupos de muestras similares entre sí, marcando una X en el cuadro correspondiente:			
	Grupo A Las dos muestras similares son:	Grupo B Las dos muestras similares son:	
Muestra 167			
Muestra 856			
Muestra 239			
Muestra 540			
MUCHAS GRACIAS!			

Figura 3. Planilla utilizada en la Prueba de comparación de a cuatro (Tetrad).

Se conformó un panel de 30 evaluadores con docentes y alumnos con conocimientos básicos de Análisis Sensorial, al igual que en la prueba anterior. Se realizaron los ensayos en varios turnos, utilizando como locación el laboratorio de Alimentos de la Facultad, lugar bien iluminado y libre de olores extraños. Previamente al ensayo, se ofreció una breve capacitación sobre el tipo de prueba a aplicar, presentando ejemplos concretos del uso de las planillas. Se instruyó a los evaluadores que este tipo de pruebas son de respuesta forzada, la probabilidad de acertar por azar es de 1/3, al igual que en el Ensayo de triángulo.

3. Resultados y Discusión

3.1 Prueba de Diferencia con un Control

Los resultados se analizaron por Análisis de varianza de dos factores (evaluadores y formulaciones del aderezo) con varias muestras por grupo. Se utilizó el software Microsoft Excel con el paquete de análisis estadístico. En la Tabla N°1 se muestran los resultados obtenidos.

Como se puede observar, el valor del F correspondiente al factor “Evaluadores” fue menor que el valor de F crítico ($1,563 < 1,918$), indicando que no se detectaron diferencias significativas entre las respuestas de los jueces sensoriales. En cambio, las distintas formulaciones de aderezo resultaron significativamente diferentes ($92,898 > 3,204$).

Tabla 1. ANOVA de los resultados de la Prueba de Diferencia con un testigo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Evaluadores	21,400	14,000	1,529	1,563	0,128	1,918
Muestras	181,667	2,000	90,833	92,898	0,000	3,204
Total	274,400	89,000				

Para determinar cuáles fueron las muestras percibidas como distintas, se calcularon las diferencias entre los promedios de cada una, y se utilizó el método de comparación múltiple de la mínima diferencia significativa (MDS de Fisher). En la tabla 2 se presentan los resultados.

Tabla 2. Promedio de diferencias entre muestras.

Muestra		Promedio		
Aceite de Maíz (C)		0,70		
Aceite de Girasol Alto Oleico (AO)		1,03		
Aceite de Canola (CA)		3,87		
Diferencia entre medias		MDS	¿Hay diferencia?	
C-AO=	$0,70 - 1,03 = 0,33$	0,51	NO	
C-CA=	$0,70 - 3,87 = 3,17$		SI	
AO-CA=	$1,03 - 3,87 = 2,83$		SI	

De acuerdo con estos resultados, no se encontraron diferencias significativas entre el aderezo con aceite de maíz y el formulado con aceite de girasol alto oleico. En cambio, las diferencias entre el aderezo elaborado con aceite de canola y las otras dos muestras resultaron significativas.

3.2 Ensayo de comparación de a cuatro (Tetrad)

En el test Tetrad se ensayaron los aderezos correspondientes a la formulación original y al prototipo con aceite de girasol alto oleico, en concordancia con los resultados anteriores. En este caso, el interés reside en demostrar que las muestras son sensorialmente similares, es decir, se quiere evitar cometer error Tipo II (β). El riesgo de modificar el producto no es grande, porque el mismo aún no ha salido al mercado, por lo que se elige un nivel de probabilidad poco exigente. Se toma un valor de $\beta = 0,10$ (10%), o su equivalente, una potencia del 90%.

Como se observa en la Tabal 3, de 30 evaluadores que realizaron la prueba, 16 de ellos agruparon correctamente las muestras.

Para estimar las respuestas que darían potenciales consumidores del producto, se aplicó la prueba binomial y se calculó el límite superior (LS%), que indica el máximo porcentaje de consumidores que serían capaces de encontrar diferencias entre las muestras.

Tabla 3. Resultados del test Tetrad.

Cantidad de evaluadores	Respuestas correctas	α (%)	β (%)	LS%
30	16	1,88	10	47,51

Esto significa que existe un 90% de confianza que más de la mitad de los consumidores no consigan discriminar entre ambos productos.

4. Conclusiones y recomendaciones

De los resultados obtenidos en la Prueba de Diferencia con un control, el aderezo elaborado con aceite de girasol alto oleico en reemplazo del aceite de maíz usado en la formulación original, no fue percibido como significativamente diferente por los evaluadores. En cambio, la salsa adicionada de aceite de canola pudo ser diferenciada del producto original.

De la prueba del Tetrad se concluyó que más de la mitad de los consumidores no percibiría la diferencia entre el aderezo original y el adicionado de aceite de girasol alto oleico. Por lo tanto, esta sustitución sería recomendable siempre y cuando la nueva fase lipídica le confiriera mayor estabilidad al producto frente a la oxidación.

De esta manera, se reconoce al Análisis Sensorial como una herramienta útil para la toma de decisiones a la hora de realizar sustituciones de ingredientes en productos alimenticios.

5. Referencias

- [1] SOSA, C. A. (2009). *Estudio de las características fisicoquímicas y organolépticas en el desarrollo de un aderezo de base vegetal con propiedades funcionales*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ingeniería. Área Departamental Ingeniería Química. 183 p.
- [2] SGROPPO, S.; SOSA, C. (2009). Zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) fresco cortado tratado con luz UV. *FACENA*, Corrientes, v.25, pp. 7-19.
- [3] COUPLAND, J.; MCCLEMENTS, D. (1996). Lipid oxidation in food emulsions. Review. *Trends in Food Science and Technology*, v.7 pp 83-91.
- [4] KARGARA, M.; SPYROPOULOS, F.; NORTON, I. (2011). Microstructural design to reduce lipid oxidation in oil in water emulsions. *Procedia – Food Science* 01, 104–108.
- [5] ROUSSEAU, B. (2015). Sensory discrimination testing and consumer relevance. *Food Quality and Preference*, v.43, p.122-125.
- [6] CARPENTER, R. P.; LYON, D. H.; HASDELL, T. A.; AGUILERA, M. A. (2002). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Madrid: Acribia. 185 p.
- [7] HOUGH, G. (2010). *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*. Boca Raton, FL: CRC Press. 264 p.

- [8] ISHII, R., O'MAHONY, M., ROUSSEAU, B. (2014). Triangle and tetrad protocols: Small sensory differences, resampling and consumer relevance. *Food Quality and Preference*, v.31, p.49–55.
- [9] ENNIS, J., JESIONKA, V. (2011). The power of sensory discrimination methods revisited. *Journal of Sensory Studies*, v.26, n.5, p.371-382.
- [10] ENNIS, J., CHRISTENSEN, R. (2015). A Thurstonian comparison of the Tetrad and Degree of Difference tests. *Food Quality and Preference*, v.40, p.263-269.
- [11] ENNIS, J., CHRISTENSEN, R. (2014). Precision of measurement in Tetrad testing. *Food Quality and Preference*, v.32, p.98–106.
- [12] ENNIS, J. M. (2012). Guiding the switch from triangle testing to tetrad testing. *Journal of Sensory Studies*, v.27, p.223–231.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

USO DE METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE MEDALLONES DE SURUBÍ ADICIONADOS CON HARINA DE AMARANTO

Fabiana Rolhaiser, Universidad Nacional del Chaco Austral, fabianarolhaiser@gmail.com

Vanina Clavero, Universidad Nacional del Chaco Austral, vaniclavero@gmail.com

María A. Judis, Universidad Nacional del Chaco Austral, majudis@uncaus.edu.ar

Mara Romero, Universidad Nacional del Chaco Austral, CONICET, mara@uncaus.edu.ar

Resumen— El objetivo del trabajo fue determinar la cantidad óptima de harina de amaranto (HAo) y de agua que se debería agregar a medallones cocidos de surubí para obtener un producto con alto rendimiento y adecuada textura. La carne se emulsionó con 1,2% de sal, agregando HAo y agua en concentraciones de 0%, 5% y 10%; y 0%, 15% y 30% respectivamente. Se determinó el rendimiento y el perfil de textura (Texturómetro Brookfield). Se realizó el análisis de la varianza y la optimización de múltiples respuestas con la función de deseabilidad contemplando el máximo rendimiento y la menor dureza del producto utilizando el software Statgraphics. Todas las combinaciones de aditivos afectaron significativamente ambos parámetros evaluados, obteniéndose un mayor rendimiento (91,37%) con la formulación que contiene 10% HAo y 15% agua, sin embargo dicha formulación presentó la mayor dureza (22N), por lo que, analizando con la función de deseabilidad (0,98) la formulación con 10% HAo y 26,25% de agua presentó un producto con buen rendimiento (90,30%) y con una dureza comparable a un medallón de surubí adicionado con harina de arroz (11 N).

Palabras clave— *Pseudoplatystoma corruscans*, harina sin gluten, textura, rendimiento, modelado.

1. Introducción

El pescado y productos pesqueros representan una valiosa fuente de proteínas y micronutrientes esenciales para una nutrición balanceada y el mantenimiento de una buena salud [1]. En el nordeste argentino, entre los peces de río, uno de los más conocidos es el surubí manchado (*Pseudoplatystoma corruscans*), que habita los ríos y cursos de agua dulce del norte y este de Sudamérica. Este pescado que pertenece a la familia Pimelodidae, se caracteriza por ser una importante fuente de proteínas y tener un alto contenido graso, conteniendo entre otros ácidos grasos de importancia para la salud los ácidos omega 3 de cadenas largas eicosapentaenoico y docosahexaenoico (EPA y DHA) [2].

Dado que el surubí manchado (*Pseudoplatystoma corruscans*) es generalmente comercializado sin procesamiento previo (Figura 1) se vuelve una alternativa interesante para ser utilizado como materia prima en la elaboración de productos cárnicos funcionales libres de gluten. Distintas estrategias se pueden emplear para aumentar el consumo de pescado, MITTERER-DALTOÉ y col. [3] consideran que la elaboración de productos en base a

pescado disponible en diferentes presentaciones como productos precocidos, es conveniente y se adapta mejor a las demandas consumidor moderno. La elaboración de medallones o hamburguesas de pescado, es interesante para incorporar valor agregado a un producto que todavía se vende, fresco, por lo que en estos productos la cantidad y tipo de aditivos utilizados son factores importantes, ya que influyen en las propiedades tecnológicas de los medallones y en la salud de los consumidores [4, 5].



Figura 1: Formas de comercialización del surubí: pieza entera o trozos.

Entre las propiedades tecnológicas más importantes se encuentra el rendimiento, que involucra la retención de agua y grasa en el producto, afectando por lo tanto el costo/kg, y la textura. De los parámetros de textura, la dureza se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares, la lengua y el paladar [6]. La cantidad y tipo de aditivos adicionados, influyen directamente en los parámetros tecnológicos, incrementando o disminuyendo estos valores, afectando la calidad global del mismo.

La harina de trigo es uno de los aditivos más utilizados en la industria cárnica por su capacidad de retener agua y grasa. Sin embargo el uso de esta harina hace inaccesible a los productos cárnicos a un sector de la población como son los enfermos celíacos, ya que contiene gluten [7]. Entre los potenciales nuevos ingredientes disponibles en el mercado se encuentra, la harina de amaranto (HAo) de gran interés tecnológico en los últimos años por su alto contenido proteínico, bajo contenido de grasa y alto contenido de hierro. La HAo presenta la ventaja de ser libre de gluten, por lo que es apta para elaborar productos cárnicos para un sector de la población con escasa oferta de estos alimentos. Ostojic y col. [8] informaron que el uso de semillas de amaranto en carne enlatada, mejora el sabor, la ternura y jugosidad de la carne; aunque su empleo está más dirigido a la elaboración de otros productos como barras saladas y panificados [9].

Por lo tanto el objetivo del trabajo fue determinar la cantidad óptima de harina de amaranto (HAo) y de agua que se debería agregar a medallones cocidos de surubí para obtener un producto con alto rendimiento y adecuada textura.

2. Materiales y Métodos

2.1 Preparación de los medallones

Las muestras se obtuvieron de un ejemplar de surubí manchado adquirido durante el mes de marzo de 2016. El ejemplar de surubí de aproximadamente 7 kg fue trasladado en

refrigeración hasta el laboratorio de Industrias Alimentarias II en la Universidad Nacional del Chaco Austral y congelado a -18°C hasta su procesamiento. La carne se picó en trozos y se emulsionó con 1,2% de sal utilizando una procesadora Philips®, la pasta se adicionó con 0,01% de antioxidante sintético butilhidroxianisol. Los medallones se elaboraron agregando HAo y agua en concentraciones de 0%, 5% y 10%; y 0%, 15% y 30% respectivamente, adoptando un diseño multinivel factorial 3². Todas las combinaciones se elaboraron en duplicado y se moldearon en forma cilíndrica de 90 mm de diámetro y 20 mm de altura, con un peso aproximado de 100±1g por muestra. Luego se cocieron en horno, hasta una temperatura interna del producto de 78°C. Una vez cocidas y tras un breve período de enfriamiento los medallones, se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad, y se congelaron a -18°C hasta el momento de su análisis.

2.2 Rendimiento en la cocción

Se determinó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%R)} = \frac{\text{peso del producto cocido}}{\text{peso del producto crudo}} \times 100 \quad (1)$$

2.3 Análisis de textura

Se trabajó con el analizador de textura Texture Analyzer CT V1.4 Bld 17 Brookfield Engineering Labs, de la UNCAUS. Utilizándose el software Texture Pro C3 (USA). Previo al análisis las muestras se cortaron en probetas cilíndricas de 2 cm de diámetro y 2 cm de altura (aproximadamente), las cuales se sometieron a un porcentaje de compresión del 40% con respecto a la altura inicial de la probeta (2 cm). Para el análisis se utilizó una sonda de acrílico de 50,8 mm de diámetro por 20 mm de alto, con una velocidad de sonda de 0,5 mm/seg.

2.4 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANAVA) para determinar las diferencias significativas de los parámetros evaluados y se realizó la optimización de múltiples respuestas para obtener una función de deseabilidad que contemple el máximo rendimiento y la menor dureza del producto utilizando el software Statgraphics.

3. Resultados y Discusión

La Tabla 1 resume los resultados obtenidos para el rendimiento y la textura de los medallones con los distintos niveles de agua y HAo ensayados. Todas las combinaciones de aditivos afectaron significativamente a ambos parámetros evaluados respecto al control sin aditivos ($p < 0,05$). La combinación que presentó el mínimo rendimiento y la mínima dureza fue la que solo contenía 30% de agua (L3); mientras que la que evidenció mayor rendimiento fue la muestra formulada con 15% de agua y 10% de HAo (L8), pero su dureza fue mayor a la del control. En todas las formulaciones que contenían harina de amaranto el rendimiento en la cocción del producto elaborado mejoró sensiblemente. Este comportamiento podría deberse a que dicho ingrediente utilizado contiene entre un 12 a un 19% de proteínas de origen vegetal, y entre un 3 a 4% de fibra lo que podría mejorar la matriz alimenticia del producto, intensificando así la fijación de agua y grasas [10]. Además el principal componente de la harina de amaranto es el almidón, cuyo contenido varía de 45% a 65%, el cual podría actuar como agente espesante contribuyendo a las propiedades texturales del producto [11,12]. Estos resultados coinciden con lo informado por Clavero y col. [13] quienes reportaron que el rendimiento en la cocción de medallones de surubí mejoró cuando los mismos fueron adicionados con harina de arroz y agua, y que la combinación que presentaba 90,4% de rendimiento y dureza similar a la del control contenía un 10% de HA y 20% de agua.

Tabla 1: Efecto de los distintos niveles de aditivos sobre los parámetros evaluados

Muestras	Rendimiento (%)	Dureza (Newton)
L1 (0%)	79,28±0,53 ^b	15,81±0,39 ^d
L2 (15% H ₂ O)	83,14±1,64 ^c	9,47±1,01 ^c
L3 (30% H ₂ O)	72,84±0,65 ^a	3,54±0,08 ^a
L4 (5% HAo)	85,17±0,53 ^d	17,95±0,50 ^e
L5 (10 % HAo)	89,31±0,12 ^g	20,07±0,42 ^f
L6 (15% H ₂ O +5% HAo)	87,09±1,40 ^{ef}	14,69±1,03 ^d
L7 (30% H ₂ O +5% HAo)	86,15±0,27 ^{de}	7,08±0,66 ^b
L8 (15% H ₂ O +10% HAo)	91,37±0,24 ^h	18,43±1,15 ^e
L9 (30% H ₂ O +10% HAo)	88,39±0,13 ^{fg}	7,64±0,48 ^b

Los valores representan la media ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

El trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido (masticabilidad), está relacionado con la dureza del alimento, ya que cuanto más duro es éste más trabajo se necesita para desintegrarlo. En el ensayo realizado se observó que la muestra que presenta mayor dureza (20N) es aquella que contiene un 10% de HAo y 0% Agua, lo que se deba probablemente a que la fibra del amaranto absorbe parte del agua añadida endureciendo la matriz formada con las proteínas musculares del pescado. Esto coincide con lo informado por Sánchez-Alonso y col. [14] quienes encontraron que la resistencia al cizallamiento del producto (proceso similar al que utilizamos cuando masticamos) aumento en productos reestructrados de pescado con fibra, aun cuando se añadió agua al producto para mantener la humedad. Asimismo, Yvanovich y col. [15] reportaron que la dureza de productos elaborados en base a surubí manchado con distintos tratamientos de cocción se ve incrementada en muestras horneadas comparadas con el mismo producto frito en aceite de girasol, lo que puede atribuirse a mayores pérdidas de humedad y por ende un incremento en la dureza.

La metodología de superficie de respuesta es una herramienta matemática y estadística utilizada para evaluar en un experimento múltiples variables de proceso y su interacción, explicando la interacción entre las variables y sus respuestas [16]. En los productos a base de carne picada, las propiedades de texturales y funcionales como dureza y rendimiento, están muy relacionados. Por lo tanto encontrar los valores, deseados de los parámetros de textura que optimizan las propiedades funcionales del producto proporcionará información adecuada para obtener productos que tengan propiedades tecnológicas adecuadas. La optimización de múltiples respuestas se llevó a cabo con la función de deseabilidad contemplando el máximo rendimiento y la menor dureza del producto.

La Figura 2 muestra la función de deseabilidad (R^2 98%) obtenida del análisis de optimización de múltiples respuestas con ambas variables. La formulación que contenía 26,25% de agua y 10% de HAo presentó el mayor índice de deseabilidad, con un rendimiento de 90,30% y una dureza de 11 N, sugiriendo que con estas concentraciones de aditivos el almidón de amaranto tendría una mayor capacidad de retener agua, disminuyendo la dureza del producto, obteniéndose una dureza comparable a un medallón de carne vacuna adicionada con 8% de almidón de maíz (10,09 N).

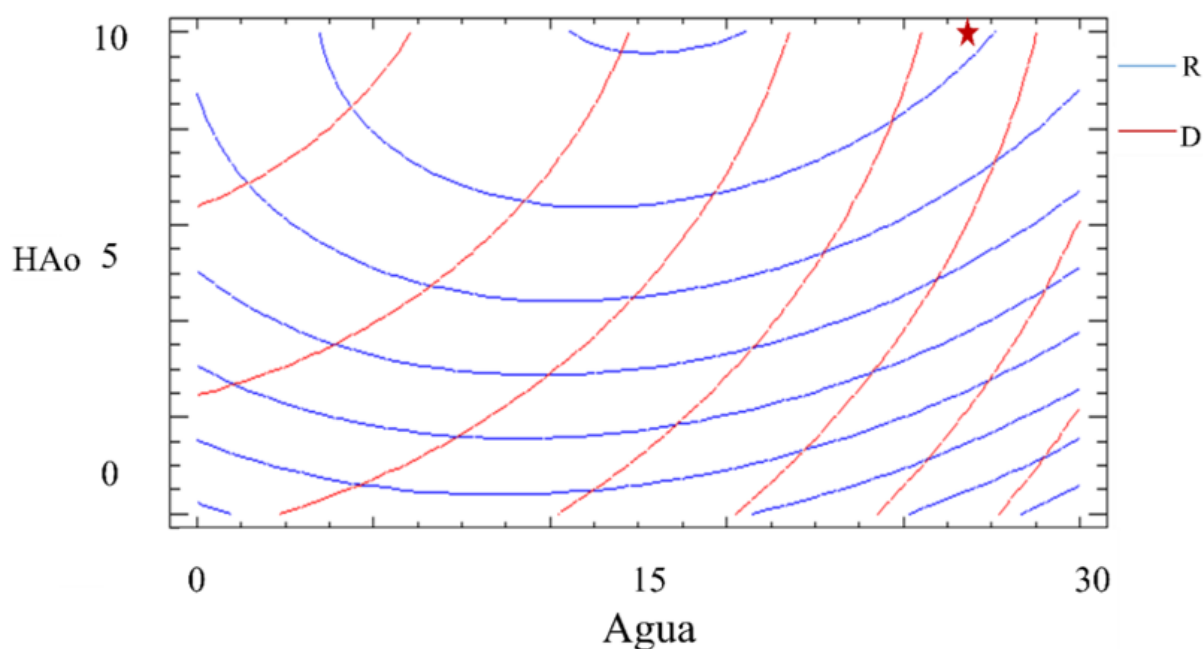


Figura 2: Optimización de múltiples respuestas en función de rendimiento (R) y dureza (D). Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar entonces, que el efecto de los aditivos, utilizados en la elaboración de los productos cárnicos, sobre los parámetros de textura es diferente dependiendo de la cantidad y el tipo de aditivo que se añade a los productos cárnicos, como fibra insoluble, proteína vegetal y almidones [17, 18].

4. Conclusiones y recomendaciones

En esta investigación se evaluaron los efectos de distintas concentraciones de harina de amaranto y agua sobre el rendimiento y la textura de medallones de surubí, la formulación presentó el más alto rendimiento (90,30%) con la menor dureza (11 N) fue la que contenía 10% HAo y 26,25% de agua.

Estos parámetros son de gran interés para la industria ya que el rendimiento está vinculado a la relación costo/kg del producto y la textura es uno de los factores más importantes para decidir la aceptación general del mismo.

Los resultados encontrados destacan el uso de harina de amaranto como agente emulsionante en la elaboración de productos cárnicos de pescado, aumentando el rendimiento y mejorando la dureza del mismo.

Además se debe resaltar que esta harina presenta un balance adecuado de aminoácidos esenciales, principalmente lisina, metionina y triptófano; aminoácidos que son deficientes en otros cereales como el trigo, tampoco posee gluten, haciendo al producto apto para celíacos. Investigaciones futuras se deben enfocar en la evaluación sensorial y vida útil de los medallones de surubí elaborados con la óptima concentración de aditivos.

5. Referencias

- [1] RIBEIRO PALMEIRA, K; TEIXEIRA MÁRSICO, E; GUERRA MONTEIRO, M.L.; LEMOS, M AND CONTE JUNIOR, C.A. (2016). Alimentos listos para comer

- elaborados con carne de pescado mecánicamente separada de residuos de procesado: retos y calidad química. *Ciencia y Tecnología Alimentaria – Journal of Food*, v.14, n.2, p.227–238.
- [2] MOLINA, M; GARRO, O; JUDIS, M.A. (2001) Calidad alimenticia y estabilidad oxidativa de *Pseudoplatystoma corruscans*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, v.3, n.2, p.89-95.
- [3] MITTERER-DALTOÉ, M.L.; QUEIROZ, M.I.; FISZMAN, S; VARELA, P. (2014). Are fish products healthy? Eye tracking as a new food technology tool for a better understanding of consumer perception. *LWT - Food Science and Technology*, v.55, n.1, p.459-465.
- [4] TALUKDER, S; SHARMA, D.P. (2010). Development of dietary fiber rich chicken meat patties using wheat and oat bran. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, v.47, n.2, p.224–229.
- [5] VERMA, A.K.; BANERJEE, R. (2010). Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living—a review. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, v.47, n.3, p.247–257.
- [6] CIVILLE, G; SZCZESNIAK, A. (1973). Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of texture Studies*, v.4, p.204-223.
- [7] ACELA. Asociación Celíaca Argentina. Disponible en: <http://www.celiaco.org.ar>.
- [8] OSTOJA, H.; CIERACH, M.; KONOPKO, H.; MAJEWSKA, K. (2002). Effect of addition of grit made of crude and expanded amaranth seeds on the quality of canned meat. *Nahrung*, v.46, p.270-275.
- [9] MARTÍNEZ C.S.; RIBOTTA P.D.; LEÓN, A.E. (2012) Propiedades nutricionales de pastas elaboradas con harina de amaranto. *IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba/Argentina 2012: Actas*. Córdoba, p.257.
- [10] GALARZA CACHIGUANGO, S.I.; FALCÓN GORDILLO, S.I. (2013). Amaranto, alternativa nutricional. *Universidad Técnicas del Norte Carrera de Gastronomía*, Ecuador, p.2-18.
- [11] BEJOSANO, F.P.; CORKE, H. (1998). Amaranthus and buckwheat protein concentrate effects on an emulsion-type meat product. *Meat Science*, v.50, p.343–53.
- [12] CRIOLLO MINCHALO, P.G.; FAJARDO CARMONA, S.I. (2010). Valor nutritivo y funcional de la harina de amaranto (*Amaranthus hybridus*) en la preparación de galletas. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Cuenca, Ecuador, 2010.
- [13] CLAVERO, V.V.; ROMERO, M.C.; ROMERO, A.M.; DOVAL, M.M.; JUDIS, M.A. (2015). Medallones de surubí aptos para celíacos. *Reunión de Difusión de la Labor Docente, Científica, Tecnológica y de Extensión*. Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina, p.76.
- [14] SÁNCHEZ-ALONSO, HAJI-MALEKI, R.; BORDERIAS, A.J. (2007). Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, v.100, p.1037–1043
- [15] YVANOVICH, E; DOVAL, M.; ROMERO, A.M., JUDIS, M.A. (2015). Perfil de textura (TPA) en medallones de surubí sometidos a diferentes sistemas de cocción. *Reunión de Difusión de la Labor Docente, Científica, Tecnológica y de Extensión*. Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina, p.74.

- [16] KHARE, A.K; BISWAS, A.K.; BALASUBRAMANIAM, S; CHATLI, M.K; SAHOO, J. (2014). Optimization of meat level and processing conditions for development of chicken meat noodles using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, v.52, n.6, p.3719-3729.
- [17] COFRADES, S.; GUERRA, M.A.; CARBALLO, J.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. (2000). Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science*, v.65, n.2, p. 281–287.
- [18] Romero, M.C. (2015). Hamburguesa saludable de carne adicionada con aceite y brotes de soja. Alemania: OmniScriptum GmbH & Co. KG. 257p.

OPTIMIZACIÓN DE MEDALLONES DE SURUBÍ EMPLEANDO HARINA DE QUINOA COMO ADITIVO FUNCIONAL

Vanina Clavero, Universidad Nacional del Chaco Austral, vaniclavero@hotmail.com

Mara Romero, Universidad Nacional del Chaco Austral, CONICET, mara@uncaus.edu.ar

Fabiana Rolhaiser, Universidad Nacional del Chaco Austral, fabianarolhaiser@gmail.com

María Alicia Judis, Universidad Nacional del Chaco Austral, majudis@uncaus.edu.ar

Resumen— El color es el atributo de preferencia de los consumidores y puede jugar un papel decisivo influyendo en la experiencia sobre el sabor de los alimentos. La industria cárnica está buscando constantemente ingredientes, como alternativas seguras para aumentar las características de sabor y de color de los productos finales. En este estudio, se evaluó el agregado de harina de quinoa (HQ), sobre el rendimiento y el color de medallones cocidos de surubí. La carne se emulsionó con 1,2% de sal y mediante un diseño multinivel factorial 3^2 los aditivos se adicionaron en 0 – 5 y 10% y 0 – 15 y 30% para HQ y agua respectivamente. La pasta se moldeó en unidades de 100 ± 1 g, pesándose antes y después de la cocción para determinación del rendimiento y mediante espectrofotómetro UV-Vis equipado con una esfera integradora se determinó el color. Se realizó el análisis de varianza y la optimización de múltiples respuestas con la función de deseabilidad (máximo rendimiento y el menor índice de pardeamiento), utilizando el software Statgraphics. Ambos parámetros analizados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para todas las combinaciones ensayadas. Con una deseabilidad del 0,81, la formulación con 19% de agua y 5,65% de HQ presentó un producto con alto rendimiento (92,9%) e índice de pardeamiento de 30,6, comparable a una albóndiga de carne con salvado de trigo.

Palabras clave— *Pseudoplatystoma corruscans*, rendimiento, color, alimento funcional, modelado, harina libre de gluten.

1. Introducción

Tradicionalmente y con la finalidad de reducir los costos de producción en la formulación de los productos cárnicos, se han introducido algunas sustancias, denominadas "extensores/ligadores", cuyo objetivo es sustituir una parte de la carne y ofrecer un aporte proteico y funcional adecuado [1]. Estas sustancias tienen las capacidades de retener agua, emulsificar grasas y gelificar, todas ellas muy importantes desde el punto de vista tecnológico [2].

Actualmente, la industria cárnica y pesquera, al igual que otros sectores de la alimentación, está experimentando importantes transformaciones como consecuencia de continuas innovaciones tecnológicas y cambios en la demanda de los consumidores, impulsados por los avances en los conocimientos en torno a la relación dieta-salud. Tales industrias están

buscando constantemente ingredientes, como alternativas seguras para aumentar las características de sabor y de color de los productos alimenticios, sin afectar las propiedades sensoriales, nutricionales y funcionales de los mismos.

El pescado brinda al hombre proteínas de buena calidad siendo éstas más asimilables que las provenientes de otros tipos de carnes, contiene grasas de fácil absorción que son valiosas para la salud, así como también vitaminas y minerales. Las proteínas están compuestas principalmente de aminoácidos esenciales por lo que las convierten en proteínas de alto valor biológico, mientras que los carbohidratos se encuentran en pequeña cantidad.

La quinua (*Chenopodium Quinoa*) presenta buen contenido de almidón y proteínas. Es considerada uno de los alimentos más completo para la nutrición humana basado en proteínas de la mejor calidad en el reino vegetal por el balance ideal de sus aminoácidos esenciales, ácidos grasos como omega 3, 6 y 9 en forma equilibrada, vitaminas y minerales como el calcio y el hierro [3]. Generalmente, suele ser empleada en forma harina, la cual presenta una textura liviana y de color marrón grisáceo.

El color de los alimentos es quizás el atributo más crítico de los mismos por ser el factor visual o de aspecto principal que afecta a su selección. El índice BI (browning index o índice de pardeamiento) indica la pureza del color marrón y se informa como un importante parámetro en procesos donde tienen lugar el pardeamiento enzimático y no enzimático.

Estudios efectuados sobre productos cárnicos cocidos como mortadela y salchicha (embutidos) utilizando harina de quinoa como sustituto del 100% de la harina de trigo, dieron como resultado productos con elevado contenido de proteínas y sin diferencias sustanciales entre el aspecto y el sabor con respecto al control [4].

En este trabajo el objetivo fue aplicar la harina de quinoa, como ligante, a hamburguesas en base a pescado y evaluar su influencia sobre el rendimiento en la cocción y el color del producto final cocido.

2. Materiales y Métodos

Las formulaciones fueron preparadas mediante un diseño multinivel factorial 3^2 usando como variables: harina de quinoa (HQ; 0 - 5 - 10%) y agua (A; 0 - 15 - 30%), resultando en un total de 9 formulaciones (Tabla 1). Después de descongelar la materia prima cárnica, se procedió a fraccionarlas manualmente en trozos, cerca de 5 cm de lado, con el fin de facilitar las operaciones de picado, y se emulsionó en una procesadora Philips® durante 5 minutos, hasta obtener una pasta homogénea. La materia prima (pasta de pescado), los aditivos (butilhidroxianisol (BHA) y NaCl) e ingredientes (HQ y A) se pesaron de acuerdo a la formulación, se moldearon en unidades de 100 ± 1 g (90 mm de diámetro y 20 mm de altura) y se las sometió a cocción en horno convencional a 200°C hasta alcanzar los 73°C en el centro térmico, registrándose el peso antes y después de dicho tratamiento. Tras un breve período de enfriamiento, el producto terminado se envasó en películas de alta permeabilidad al oxígeno y se almacenó a -18°C hasta su análisis.

El rendimiento se calculó acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%R)} = \frac{\text{peso del producto cocido}}{\text{peso del producto crudo}} \times 100 \quad (1)$$

La determinación del color se efectuó por duplicado con un espectrofotómetro Evolution 600 UV-Vis equipado con una esfera integradora.

Análisis estadístico. Para procesar los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus para Windows.

Tabla 1. Diseño empleado para preparar las formulaciones de medallones de pescado.

Ingredientes (%)	Formulaciones								
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Pasta de pescado	98,8	83,8	68,8	93,8	78,8	63,8	88,8	73,8	58,8
Sal	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Harina de Quinoa	0	0	0	5	5	5	10	10	10
Agua	0	15	30	0	15	30	0	15	30

Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento en peso de los medallones de surubí se incrementó desde el 79% al 93% al aumentar proporcionalmente el contenido de harina de quinoa (Tabla 2). Este comportamiento podría deberse a que dicha harina posee un alto contenido de glúcidos (72%) quienes mediante interacciones puentes hidrógeno e hidratación iónica en el seno de la emulsión cárnica, ligan, atrapan e inmovilizan más eficientemente el agua incorporada en su preparación, además también contiene 9% de proteínas, las cuales mejorarían la formación de interacciones hidrofóbicas y puentes disulfuro intensificando así la fijación de grasas [5].

Tabla 2. Variación del Rendimiento (%) y del Índice de Pardeamiento para las formulaciones ensayadas

Formulaciones	Rendimiento (%)	Índice de Pardeamiento (BI)
F1	79,28 ± 0,53 ^b	32,99 ± 0,09 ^c
F2	83,14 ± 1,65 ^c	35,19 ± 0,08 ^d
F3	72,85 ± 0,65 ^a	28,32 ± 0,53 ^a
F4	90,11 ± 0,51 ^{de}	35,46 ± 0,53 ^d
F5	91,97 ± 0,00 ^{fg}	28,95 ± 0,90 ^a
F6	88,84 ± 0,20 ^d	30,55 ± 0,23 ^b
F7	93,42 ± 0,33 ^g	37,51 ± 0,75 ^e
F8	93,25 ± 0,08 ^g	34,74 ± 1,24 ^d
F9	90,62 ± 0,51 ^{ef}	35,24 ± 0,19 ^d

Fuente: Elaboración propia. Los valores representan la media ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

Con respecto al Índice de Pardeamiento, también es posible observar que su valor aumenta en forma significativa con mayor contenido de harina, lo que era esperable, por su aporte de azúcares reductores que reaccionan con los grupos aminos presentes en la matriz cárnica.

Sin embargo un excesivo color marrón no es deseable por los consumidores debido a que los colores muy oscuros influyen negativamente en la selección del alimento relacionándolo con una excesiva cocción o falta de frescura [6]. Es por ello que se llevó a cabo la optimización de múltiples respuestas en la que se estableció como meta: maximizar el rendimiento y minimizar el índice de pardeamiento.

Optimización de múltiples respuestas. La preferencia global corresponde a la que proporciona una “función deseable” más alta. Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de los factores experimentales que simultáneamente optimizan varias respuestas. Entre los puntos de diseño, la ‘deseabilidad’ máxima se alcanza en la corrida 8, como puede apreciarse en la Tabla 3.

La combinación de factores que alcanza la ‘deseabilidad’ global óptima es: 5,65% de Harina de Quinoa y 19% de Agua, con respuestas de 91,9% de Rendimiento y 29,5 de Índice de Pardeamiento. La Figura 1. Muestra el punto de combinación óptima de ambas variables en el que se consigue la mayor deseabilidad.

Tabla 3. Resultados deseables: Máximo Rendimiento y Mínimo Índice de pardeamiento.

Corrida	Rendimiento	Índice de Pardeamiento	Deseabilidad Prevista	Deseabilidad Observada
1	90,47	35,08	0,569427	0,483191
2	72,38	28,65	0,298445	0,12402
3	78,9	33,05	0,311552	0,384522
4	88,7	30,38	0,725278	0,742215
5	89,93	35,08	0,561447	0,476075
6	93,17	36,97	0,328249	0,306001
7	84,3	35,13	0,504775	0,39092
8	91,96	29,58	0,801882	0,852963*
9	93,19	33,82	0,590155	0,616441
10	89,74	35,82	0,569427	0,409166
11	93,31	30,62	0,590155	0,81909
12	90,98	35,37	0,561447	0,464858
13	73,3	27,93	0,298445	0,238057
14	79,65	32,93	0,311552	0,409759
15	81,97	35,21	0,504775	0,347011
16	88,98	30,68	0,725278	0,733531
17	93,65	38,02	0,328249	0,0
18	91,97	28,32	0,801882	0,914789

Fuente: Elaboración propia

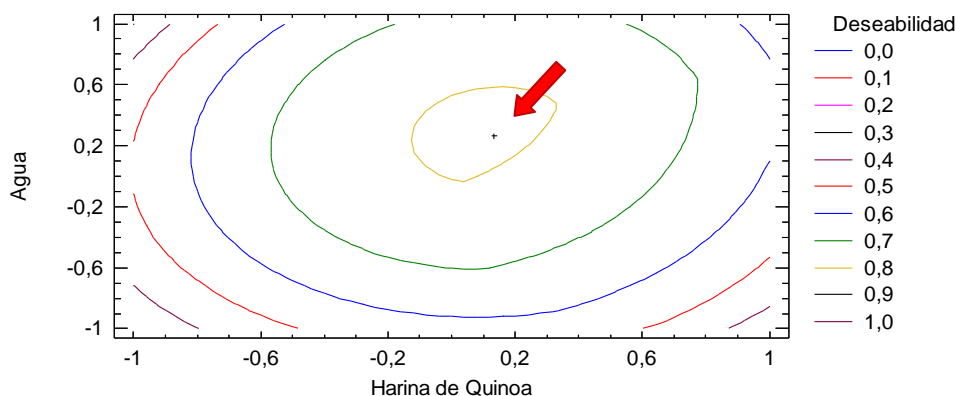


Figura 1. Contornos de superficie de Respuesta Estimada para función deseabilidad

4. Conclusiones y recomendaciones

El agregado de harina de quinoa y agua aumentaron en forma significativa el rendimiento en la cocción de medallones de surubí alcanzando un 91,9% para la combinación de 5,65% de HQ y 19% de A.

Esta combinación de ingredientes si bien no alcanzó el más alto rendimiento en la cocción fue la que produjo el menor efecto de amarronamiento en el producto, por lo que será necesario incluir en investigaciones futuras, estudios sobre el valor nutricional y de aceptabilidad general.

5. Referencias

- [1] ANDÚJAR, G.; GUERRA, Ma. A.; SANTOS, R. (2000). La utilización de extensores cárnicos. Experiencias de la industria cárnica cubana. Instituto de investigaciones para la industria alimenticia. Disponible desde Internet en: <http://files.cloudpier.net/teknofood/documentario/Extensores%20carnicos.pdf> (con acceso 30/05/2016).
- [2] GÜEMES, N. (2007). Utilización de los derivados de los cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. *Nacameh*, México, v.1, n.2, p.110-117.
- [3] REPO-CARRASCO, R., C. ESPINOZA; S.-E. JACOBSEN. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, v.19, p. 179-189.
- [4] GUERRA, M. A., CASTRILLÓN, R.; DE HOMBRE, R.; VALDES, L; BARRERO, E.; (1994). Empleo de la harina de quinoa en productos cárnicos. *Conferencia Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. La Habana.
- [5] DAMODARAN, S. (2006). Aminoácidos, péptidos y proteínas, in *Química de los Alimentos*. Fenema, O. Editorial Acribia España.
- [6] SARICOBAN, C.; TASIN YILMAZ, M. (2010) Modeling the effects of processing factor son the changes in color parameters of cooked meat balls using response surface methodology. *World Applied Sciences Journal*, v 9 n.1, p14-22 .

PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE LA ELABORACIÓN DE MERMELADAS EN BASE A STEVIA Y UVAS BAJAS CALORÍAS CONSIDERANDO ASPECTOS ECONÓMICOS

Laborde Mariana B., CONICET, TECSE, Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería UNICEN, Argentina, mariana.laborde@fio.unicen.edu.ar

Barreto Gastón P., CONICET, Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería UNICEN, Argentina, gbarreto@fio.unicen.edu.ar

Pagano Ana M., TECSE, Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería UNICEN, Argentina, apagano@fio.unicen.edu.ar

Ponce-Ortega José M., Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México, jmponce@umich.mx

Resumen— En la actualidad los consumidores buscan productos saludables bajos en calorías. Atendiendo a esta problemática se ha desarrollado una mermelada a base de Stevia, a partir de uvas osmódeshidratadas reducidas en calorías por sustitución de sus azúcares mayoritarios (glucosa y fructosa) por edulcorante natural Stevia (cero calorías). Este producto puede lograrse utilizando, como materias primas para el proceso de cocción, fruta osmódeshidratada con azúcares calóricos sustituidos por Stevia mediante un novedoso tratamiento dual (D3S) de ósmosis asistida (o no) por ultrasonido, o bien fruta reducida en calorías pretratada en una etapa. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar económicamente estas alternativas tecnológicas mediante la aplicación de GAMS, a fin de seleccionar el tratamiento óptimo que permita minimizar el costo operativo del proceso.

Palabras clave— uva, mermelada, Stevia, optimización, GAMS.

1. Introducción

La aplicación optimización en ingeniería de procesos puede realizarse en diferentes niveles o escenarios más o menos complejos (una empresa completa, plantas de proceso, un equipo, una operación, etc.), por lo tanto el objetivo de un problema de optimización puede ser global o individual [1]. Sin embargo, muchas veces existe la necesidad de optimizar la planificación de procesos, seleccionando distintos caminos ó alternativas tecnológicas para llevar a cabo una actividad productiva.

Un problema de optimización requiere de tres ingredientes principales: una (o más) función objetivo (que es la medida cuantitativa del desempeño del sistema que se desea optimizar, ya sea maximizando y minimizando esta medida); variables (que representan las decisiones que pueden afectar el valor de la función objetivo); y restricciones (que es un conjunto de relaciones representadas por ecuaciones que vinculan ciertas variables ó limites que deben satisfacer). Resolver un problema de optimización significa encontrar el valor que deben tomar las variables para lograr el óptimo valor de la función objetivo satisfaciendo las restricciones impuestas [2].

GAMS (General Algebraic Modelling System, sistema general de modelado algebraico), como su nombre lo indica, es un lenguaje de modelización (más que un programa) que ha sido desarrollado para resolver problemas de optimización. Este software junto al módulo de base de modelización incorpora diferentes solvers o algoritmos de resolución de problemas de programación lineal, no lineal y entera [1,2].

Para poder resolver un problema de optimización con GAMS se debe generar un fichero GMS de datos con todas las instrucciones básicas y planteamiento del modelo a resolver. Una vez generado el fichero, se ejecuta GAMS y el resultado almacena automáticamente en un fichero LST con varios bloques, cada uno de los cuales representa una parte del problema [3,4].

GAMS es reconocido como una herramienta de gran ayuda para la correcta resolución e interpretación de diversos tipos de problemas, siendo especialmente útil para programación económica [4], donde los modelos de optimización constituyen un valioso instrumento para la toma de decisiones [2].

El presente trabajo tiene como objetivo optimizar, mediante la aplicación de GAMS, el costo operativo del proceso de elaboración de mermelada en base a Stevia y uvas bajas calorías, evaluando las diferentes alternativas tecnológicas que se pueden aplicar en un innovador tratamiento dual de ósmosis.

2. Materiales y Métodos

2.1. Datos preliminares

El presente trabajo se desarrolla a partir de resultados obtenidos en un estudio previo por Laborde et al. [5] sobre desarrollo de nuevas tecnologías alternativas de deshidratación combinada aplicadas a frutas, con vistas a optimizar los procesos desde un punto de vista económico.

En dicho estudio se trabajó con uva rosada (*Vitis vinífera* L.) de la variedad Red Globe adquirida en el mercado Central Tandil (Provincia de Buenos Aires, Argentina), seleccionada por tamaño, color y estado de maduración, y almacenada en refrigeración (2-5°C) hasta el momento de su procesado.

El proyecto estuvo enfocado al estudio experimental del proceso dual de obtención de uvas osmodeshidratadas reducidas en calorías por sustitución de los azúcares propios de la fruta, mediante un tratamiento de dos etapas asistidas por ultrasonido: la primera (Etapa I), de remoción parcial de los azúcares de alto contenido calórico de la uva, y la segunda (Etapa II), de deshidratación osmótica en soluciones de edulcorante natural Stevia.

La planificación de los ensayos se basó en el planteo de un diseño experimental factorial considerando los factores:

- Empleo de ultrasonido en la Etapa I: 2 niveles (si, no)
- Tiempo de proceso en la Etapa I: 3 niveles (20, 30 y 40 minutos)
- Empleo de ultrasonido en la Etapa II: 2 niveles (si, no)
- Concentración del edulcorante natural Stevia: 3 niveles (18, 20 y 22% p/p).

El esquema de trabajo empleado para el procedimiento experimental se muestra sintéticamente en la Figura 1.

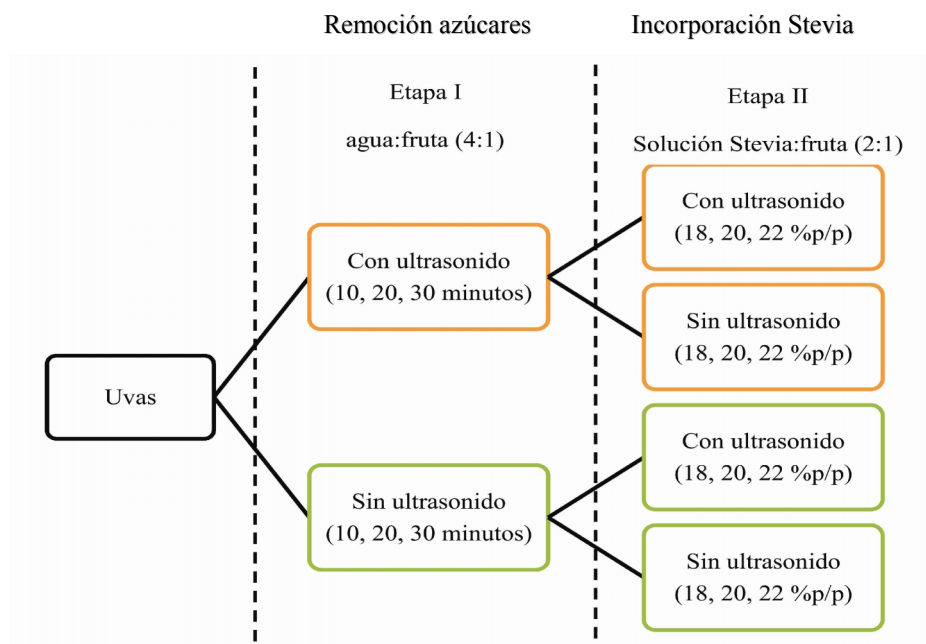


Figura 1. Diseño experimental factorial.

Fuente: elaboración propia.

En la Etapa I del proceso dual, la mayor remoción de los azúcares propios de la fruta (evaluados a través del contenido de sólidos solubles, °Brix) se logró sometiendo a la uva a inmersión en agua destilada durante 30 minutos con aplicación de ultrasonido, quedando demostrado que el empleo de ultrasonido en la primera etapa del proceso mejora la transferencia de masa [6-10]. El tratamiento óptimo logró reducir los azúcares propios de la fruta, expresados como contenido de sólidos solubles, desde 18,37 °Brix en la uva fresca hasta 14,50 °Brix. Basándose sólo en el aporte de los carbohidratos, estos resultados representan una reducción del 23,7% del contenido calórico del producto, ya que pasa de 70,24 kcal a 53,6 kcal por cada 100 g, lográndose obtener un producto intermedio de reducido en tenor energético que podría ser insumo en la elaboración de diversos productos bajas calorías.

En la Etapa II del proceso D3S, la mayor incorporación del edulcorante natural “cero calorías” (evaluada en contenido de sólidos solubles como °Brix) se logró cuando la muestra proveniente del tratamiento óptimo de la Etapa I se sometió a una deshidratación osmótica en solución de Stevia al 20% (p/p) durante 30 minutos sin aplicación de ultrasonido.

A partir de este estudio se definieron las condiciones óptimas -desde el punto de vista técnico y de la calidad del producto- del tratamiento dual para producir uvas osmodeshidratadas reducidas en calorías.

No obstante, estos productos de alta humedad deberían someterse a secado para estabilizarlos y conservarlos por largos períodos, ó bien podrían ser empleados como materia prima de otros procesos productivos, como la elaboración de mermeladas también bajas calorías que se aborda en este trabajo.

2.2. Alternativas tecnológicas propuestas

En este punto, buscando desarrollar un producto innovador y saludable como es la mermelada bajas en calorías en base a uva osmodeshidratada reducida en calorías y edulcorante natural Stevia, se ha planteado la necesidad de analizar la conveniencia de aplicar diferentes procesos alternativos para la obtención de la mermelada, desde una visión económica. Entre las alternativas tecnológicas posibles se plantean aplicar:

- **PROCESO 1**

pretratamiento dual de dos etapas (Etapa I y II) sin aplicación de ultrasonido previo al proceso de elaboración de la mermelada en base a Stevia.

- **PROCESO 2**

pretratamiento dual de dos etapas (Etapa I y II) con aplicación de ultrasonido previo al proceso de elaboración de la mermelada en base a Stevia.

- **PROCESO 3**

pretratamiento de una etapa (Etapa I) previo al proceso de elaboración de la mermelada en base a Stevia.

2.3. Proceso de elaboración de mermelada bajas calorías

Para la elaboración de mermelada, la uva pretratada se tritura con procesadora, se pesa y coloca en la paila, se le adiciona 0,5% p/p de ácido cítrico, 1% p/p de pectina y 2,28% p/p de Stevia en base a la masa de fruta a procesar, y se lleva a cocción sobre anafe eléctrico revolviéndose de vez en cuando hasta alcanzar la concentración de sólidos solubles deseada (33°Brix). Se envasa en caliente y se cierran los envases herméticos inmediatamente.

2.4. Formulación del modelo GAMS y optimización del proceso

A fin de evaluar comparativamente las diferentes alternativas de procesamiento planteadas previamente para lograr un producto saludable de bajo contenido calórico, desde la visión de la economía de los procesos, se desarrolla de un modelo matemático de optimización codificado en el lenguaje de GAMS, con el objetivo de minimizar el costo operativo necesario para la elaboración de la mermelada.

Por medio de esta herramienta se busca llevar a cabo la planificación óptima del proceso productivo seleccionando aquella alternativa tecnológica que lleve un producto saludable de bajo contenido calórico, al menor costo operativo posible.

Esto permitirá definir la conveniencia de usar aplicar (o no) ultrasonido en la Etapa II para obtener uva osmodeshidratada con azúcares sustituidos por Stevia como materia prima para la elaboración de mermelada, ó bien eliminar completamente esta segunda etapa utilizando uva proveniente de la Etapa I (a la que se le han eliminado sus azúcares calóricos) como insumo para el proceso de elaboración del producto bajas calorías.

Es decir, con esta metodología es posible seleccionarse la mejor configuración para obtener el producto al menor costo operativo.

3. Desarrollo y Discusión

3.1. Diseño de superestructura

Para el desarrollo del modelo de optimización, en primer lugar se diseñó una **superestructura** para el proceso de elaboración de mermelada bajas calorías, considerando las diferentes alternativas tecnológicas planteadas para obtener el producto (Figura 2).

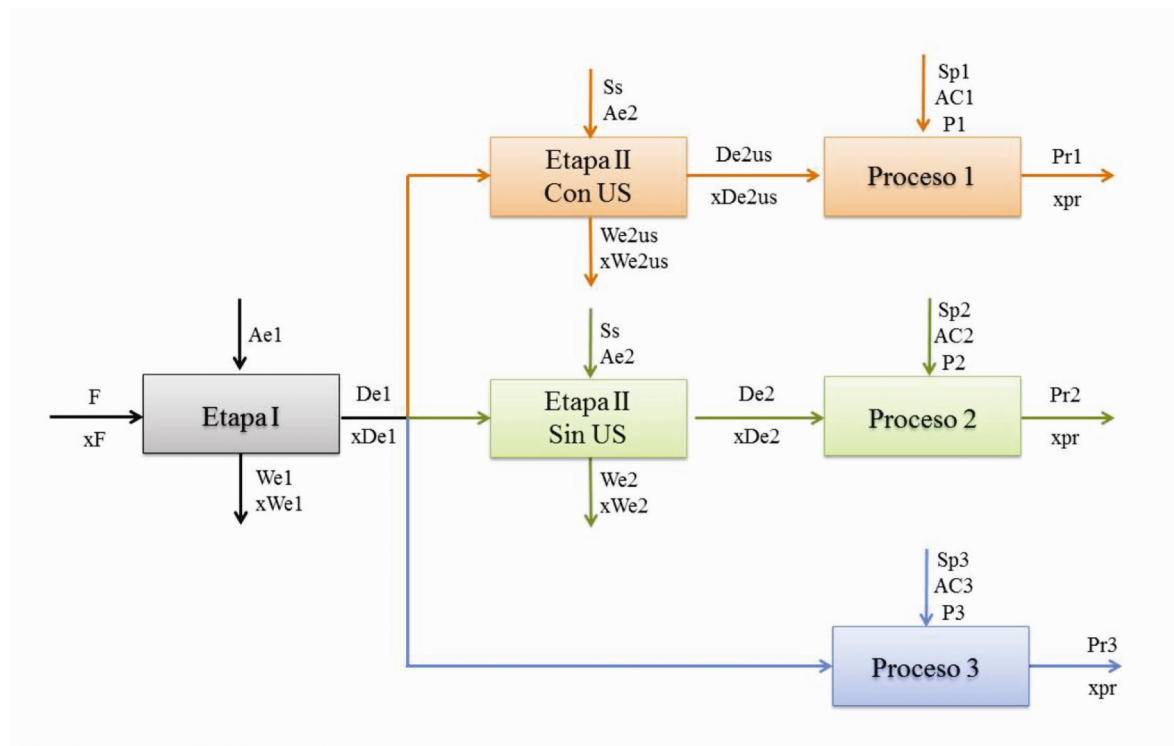


Figura 2. Representación esquemática de la superestructura desarrollada para el diseño de procesos de elaboración de mermeladas a base Stevia y uvas bajas calorías.

Fuente: elaboración propia.

donde:

F: masa fruta fresca

xF: fracción sólidos solubles en fruta fresca

We1: masa efluente Etapa I

xWe1: fracción sólidos solubles en efluente Etapa I

De1: masa fruta pretratada proveniente Etapa I

xDe1: fracción sólidos solubles en fruta pretratada proveniente Etapa I

Ss: masa Stevia para solución osmótica de Etapa II con/sin US

Ae2: masa agua para solución osmótica de Etapa II con/sin US

We2us: masa efluente Etapa II con US

xWe2us: fracción sólidos solubles en efluente Etapa II con US

We2: masa efluente Etapa II sin US

xWe2: fracción sólidos solubles en efluente Etapa II sin US
De2us: masa fruta osmodeshidratada proveniente Etapa II con US
xDe2us: fracción sólidos solubles en fruta osmodeshidratada proveniente Etapa II con US
De2: masa fruta osmodeshidratada proveniente Etapa II sin US
xDe2: fracción sólidos solubles en fruta osmodeshidratada proveniente Etapa II sin US
Sp1: masa Stevia agregada a fruta osmodeshidratada proviene Etapa II con US
AC1: masa ácido cítrico agregada a fruta osmodeshidratada proviene Etapa II con US
P1: masa pectina agregada a fruta osmodeshidratada proviene Etapa II con US
Sp2: masa Stevia agregada a fruta osmodeshidratada proviene Etapa II sin US
AC2: masa ácido cítrico agregada a fruta osmodeshidratada proviene Etapa II sin US
P2: masa pectina agregada a fruta osmodeshidratada proviene Etapa II sin US
Sp3: masa Stevia agregada a fruta pretratada proviene Etapa I
AC3: masa ácido cítrico agregada a fruta pretratada proviene Etapa I
P3: masa pectina agregada a fruta pretratada proviene Etapa I
Pr1: masa producto final de Etapa II con US
Pr2: masa producto final de Etapa II sin US
Pr3: masa producto final de Etapa I
xpr: fracción sólidos solubles en producto final.

Para la formulación del modelo GAMS se plantearon las **Ecuaciones** de los balances de masa global y de componentes (azúcares mayoritarios en la Etapa I, y Stevia en la Etapa II y en el Proceso de elaboración de la mermelada) en las distintas etapas, para una alimentación base de 1000 kg.

3.2. Especificación matemática y formulación

Se definieron **Variables Binarias** para considerar la ocurrencia excluyente de las distintas alternativas tecnológicas (Y1: Proceso 1, Y2: Proceso 2, Y3: Proceso 3).

Como **Variables** se incluyeron los costos operativos totales que involucran las operaciones correspondientes a cada una de las diferentes línea de producción (C1: costo operativo Proceso 1, C2: costo operativo Proceso 2, C3: costo operativo Proceso 3), y el costo operativo total de la superestructura (Ct: suma de los costos operativos de los Procesos 1-3).

Se definieron como **Parámetros** la escala del proyecto (F: masa de fruta fresca a procesar), las masas de las corrientes involucradas en los diferentes Procesos (Ae1, De1, Ae2, Ss, De2us, P1, AC1, De2, P2, AC2, P3, AC3) y composiciones en sólidos solubles (xF, xDe1, xDe2us, xDe2, xpr). Asimismo se incluyeron los costos de los insumos (uva, agua, Stevia, pectina, ácido cítrico, energía eléctrica), y las potencias y tiempos de empleo de ultrasonido en cada etapa y de anafe eléctrico en el proceso de elaboración.

Las corrientes efluentes de las Etapas II con US y sin US (We2us, We2), así como la corriente y fracción de sólidos solubles efluente de la Etapa I (We1, xWe1) fueron definidas como **Variables Positivas**, del mismo modo que las masas de Stevia incorporada en la etapa de

elaboración cada alternativa tecnológica (Sp1, Sp2, Sp3) y las masas de producto final obtenidas en cada proceso (Pr1, Pr2, Pr3).

Como **Función Objetivo** se planteó la minimización del costo operativo del proceso de elaboración de las mermeladas en base a Stevia y uva bajas calorías:

$$Ct = Y1 * C1 + Y2 * C2 + Y3 * C3 \quad (1)$$

3.3. Resultados de la resolución

Para la resolución del sistema de ecuaciones lineales se utilizó el Solver BARON.

Los resultados obtenidos mediante el modelo GAMS indican que el menor costo de operación para el proceso de elaboración de mermelada a base de Stevia y de uvas con sus azúcares calóricos removidos se obtiene cuando se aplica el Proceso 3.

Es decir, la alternativa tecnológica económicamente más conveniente es aquella en la que sólo se emplea la Etapa I de pretratamiento de la uva (eliminando completamente la Etapa II), correspondiendo a un monto de \$ 222,85 por kilogramo de uva fresca procesado.

La Tabla 1 se muestra comparativamente los costos obtenidos para los distintos procesos de elaboración planteados. Es evidente que el Proceso 3 involucra una importante reducción del costo operativo que ronda entre el 38 y el 40% con respecto a los Procesos 2 y 1, respectivamente.

Tabla 1. Costos operativos de elaboración de los distintos procesos.

Alternativa tecnológica de producción	Costo Operativo (\$/kg de uva fresca)
Proceso 1	373,47
Proceso 2	359,31
Proceso 3	222,85

Fuente: elaboración propia.

Es más, el Proceso 3 no sólo permite obtener un producto final que cumple con la restricción establecida a menor costo, sino que (si bien en este trabajo no se ha realizado un Estudio de Tiempos) es posible notar que –comparativamente con los otros procesos- aplicando esta alternativa tecnológica se podría procesar mayor cantidad de fruta por jornada laboral, aumentando la productividad del proceso, en virtud del ahorro de tiempo que surge como consecuencia de la eliminación de etapas intermedias.

4. Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de mermelada de uva en base a Stevia y uva bajas calorías mediante las etapas involucradas en el Proceso 3 (pretratamiento de eliminación de azúcares calóricos de la fruta seguido de la etapa de elaboración de la mermelada) permite reducir el costo operativo del proceso (reduciendo consecuentemente el tiempo total requerido); por consiguiente permitiría producir mayor cantidad de producto en cada jornada laboral.

5. Referencias

- [1] BRINGAS ELIZALDE, E. (2008). Contribución al diseño de procesos de separación con membranas líquidas selectivas. Tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con Cr(VI). Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, España, p.100.
- [2] RAMOS, A., SANCHEZ, P., FERRER, J.M., BARQUIN, J., LINARES, P. (2010). Modelos matemáticos de optimización. Universidad Pontificia Madrid, p.55. https://www.gams.com/docs/contributed/modelado_en_gams.pdf
- [3] TAMAYO CASTAÑEDA, P. (2015). Optimización del proceso de purificación de peróxido de hidrógeno mediante cascadas de membranas. Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Cantabria, p.200.
- [4] CASASUS, T., MOCHOLI, M., SANCHIS, V., SALA, R. (1997). Optimización económica con GAMS. V Jornadas de Asepuma Málaga, Universidad de Valencia, p.21.
- [5] LABORDE, M.B., BARRETO, G.P., PAGANO, A.M. (2014). Producción de uva de bajo contenido calórico en base a ósmosis en edulcorante natural Stevia. V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICYTAC 2014), Córdoba, Argentina.
- [6] FERNANDES, F.A.N., RODRIGUES, S. (2007). Ultrasound as pretreatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, v.82, n.2, p.261–267.
- [7] FERNANDES, F.A.N., GALLÃO, M.I., RODRIGUES, S. (2008). Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration, *Food Science and Technology*, v.41, n.4, p.604-610.
- [8] FERNANDES, F.A.N., GALLÃO, M.I., RODRIGUES, S.(2009). Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structureduring dehydration, *Journal of Food Engineering*, v.90, n.2, p.186–190.
- [9] FERNANDES, F.A.N., LINHARES, F.E., RODRIGUES, S. (2008). Ultrasound as pretreatment for drying of pineapples. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.15, n.6, p.1049–1054.
- [10] NOWACKA, M., TYLEWICZ, U., LAGHI, L., DALLA, R.M., WITROWA-RAJCHERT, D. (2014). Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration. *Food Chemistry*, v.144, p.18–25.

ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CAMBIOS DE COLOR EN HAMBURGUESAS DE CARNE ADICIONADAS CON PULPA DE FRUTAS DESHIDRATADAS COMO ANTIOXIDANTE.

Romero, Mara C.^{1,2}, Universidad Nacional del Chaco Austral, CONICET,
mara@uncaus.edu.ar

Fernández, Carina L.^{1,2}, Universidad Nacional del Chaco Austral, CONICET,
carina@uncaus.edu.ar

Doval, Marina M.¹, Universidad Nacional del Chaco Austral, mdoval@uncaus.edu.ar

Romero, Ana M.¹, Universidad Nacional del Chaco Austral, amr@uncaus.edu.ar

Judis, María A.¹, Universidad Nacional del Chaco Austral, majudis@uncaus.edu.ar

Resumen— El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de pulpa de frutas deshidratadas sobre la estabilidad oxidativa en hamburguesas de carne cocidas almacenadas en refrigeración y cómo esta incorporación afectaría el color total de los productos inmediatamente después de la cocción. Para ello se utilizaron frutos de ñangapirí (*Eugenia uniflora* L.) y tuna (*Opuntia Ficus indica*) variedad Italiana naranja, procesados y liofilizados hasta obtener una pulpa de aproximadamente 25% de humedad. Se elaboraron tres lotes de hamburguesas: uno control (C) cuya formulación ya ha sido previamente optimizada y otros dos a los que se le adicionaron 1% de ñangapirí (A) y 1% tuna naranja (B). Las muestras fueron cocidas y envasadas al vacío, determinándose la formación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbiturico (TBARS) a diferentes días de almacenamiento refrigerado y la diferencia de color (ΔE) de las muestras con el control al inicio del almacenamiento. Los resultados mostraron que las pulpas deshidratadas ejercieron actividad antioxidante durante todo el ensayo ($p > 0,05$), reduciendo los valores de TBARS en un 50 % al final del mismo, observándose además, que las hamburguesas adicionadas con tuna naranja no presentaron diferencias significativas en el color con la hamburguesa control.

Palabras clave— *producto cárnico funcional, ñangapirí, tuna naranja, TBARS, color total.*

1. Introducción

La oxidación de lípidos en la carne cocida durante el almacenamiento y posterior recalentamiento conduce a la formación de sabores y olores rancios conocidos como WOF (por sus siglas en inglés warmed-over flavor) [1]. El desarrollo de estos olores se ha convertido en un problema en los últimos años debido al aumento de productos cárnicos precocidos en las instalaciones de comidas rápidas, por lo que prevenir la oxidación de estos alimentos es necesario para alargar su vida útil y mejorar la rentabilidad de dichos locales comerciales [2].

Los antioxidantes sintéticos son los más utilizados en la industria cárnica para prevenir o retardar la oxidación lipídica, sin embargo los consumidores prefieren se incorporen sustancias naturales a los alimentos que cumplan ese objetivo. Diversas investigaciones han

demostrado un incremento en el uso de antioxidantes naturales en los productos cárnicos, para satisfacer la demanda de los consumidores, provenientes de vegetales o frutas [3,4].

El ñangapirí (*Eugenia uniflora* L.) está ampliamente distribuida en los países de Sudamérica y crece como planta ornamental en parques y jardines (Figura 1a). Posee frutos comestibles, que además se utilizan en la elaboración de dulces y vinos. Sus frutos presentan potencialidad antioxidante por el contenido en fenólicos totales, flavonoides y carotenoides [5].

Asimismo, la tuna (*Opuntia ficus indica*) es una planta de la familia de las Cactáceas (Figura 1b), nativa del continente americano que contiene compuestos bioactivos como fibra dietética, flavonoides, carotenos, ácido ascórbico, fitoesteroles, son frutas que tienen una acidez baja y un relativamente alto contenido de azúcar [6]. En Argentina, en los últimos años se ha recurrido al uso de la tuna para consumo humano, forraje para el ganado o para usos medicinales a partir de actividades desarrolladas por el programa PROFEDER en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Las Breñas Chaco, esperando ampliar las posibilidades de aplicaciones tecnológicas enfocadas en su potencialidad antioxidante en sistemas complejos. Sin embargo, a pesar del alto valor nutritivo de estas frutas, la población no la utiliza masivamente.

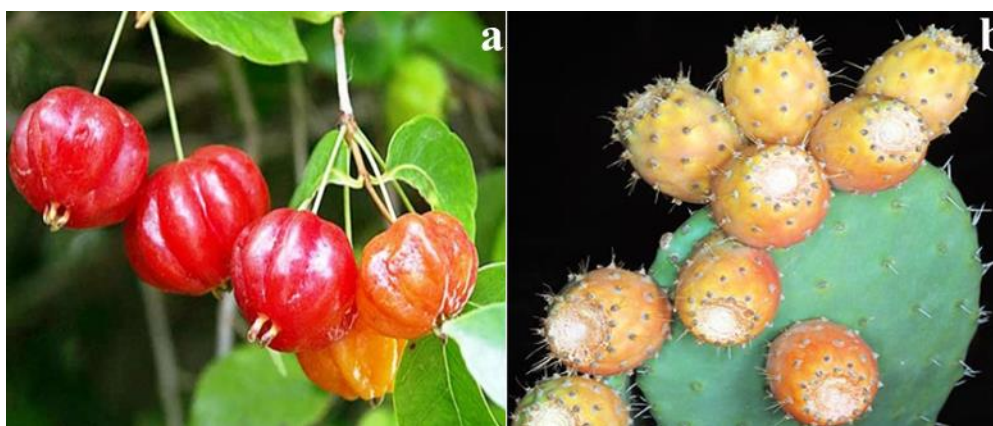


Figura 1: a) ñangapirí (*Eugenia uniflora* L.); b) tuna (*Opuntia ficus indica*).

Los compuestos antioxidantes naturales presentes en los frutos de ambas especies tienen el potencial para evitar la oxidación de lípidos y prolongar la vida útil de los productos cárnicos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de pulpa de frutas deshidratadas sobre la estabilidad oxidativa de hamburguesas de carne cocidas almacenadas en refrigeración, y evaluar como esta incorporación afecta el color total de los productos inmediatamente después de la cocción.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materias primas y reactivos

Se trabajó con frutos de ñangapirí recolectados en el Departamento Comandante Fernández, Chaco, y de tuna (variedad Italiana naranja) provenientes de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Las Breñas, Chaco. Todos los frutos fueron obtenidos durante los meses de septiembre a noviembre de 2015, se transportaron en conservadoras al laboratorio y se almacenaron en congelación a -18°C hasta su uso.

La carne vacuna y el tocino dorsal del cerdo junto a los demás ingredientes: almidón de maíz (AM) y aceite de canola (AC) se adquirieron de distintos comercios de la ciudad. Mientras que la proteína de suero de leche (PSL), Lacprodan 80 fue donada por Arla Foods Ingredients S.A., Buenos Aires, Argentina.

Los reactivos químicos utilizados: cloroformo, metanol, butiril hidroxianisol (BHA), ácido tricloro acético (TCA), y ácido tiobarbitúrico (TBA) fueron todos de calidad analítica.

2.2 Obtención de pulpas deshidratadas

Se trabajó con frutos seleccionados, maduros y sanos de igual color de pulpa para ambas frutas. Cada variedad de fruta se lavó, separó de la cáscara y la semilla, tamizó y procesó durante 1 minuto con una minipimer, luego se sometió a ultrasonido durante 15 minutos. Finalmente cada una de las pulpas se liofilizó durante 72 hs hasta obtener una pulpa deshidratada (PD) según lo propuesto por Romero y col. [7]. Las PD fueron almacenados a -18°C en frascos herméticamente cerrados hasta su uso.

2.3 Elaboración de las hamburguesas

La carne vacuna y el tocino dorsal del cerdo fueron prolijados extrayéndose de la primera la grasa visible y el tejido conectivo y la piel del segundo. La carne y el tocino se procesaron separadamente durante dos minutos hasta la obtención de las respectivas pastas. Luego se combinaron con los respectivos ingredientes de acuerdo con las respectivas formulaciones.

Se prepararon tres lotes de hamburguesas (cada uno por quintuplicado) como se indica a continuación: un lote control (HC) con 56% de carne vacuna, 10% de tocino, 10% de aceite de canola, 10% agua, 6% de proteína de suero de leche (PSL) y 8% de almidón de maíz (AM). A dos lotes de hamburguesas preparadas de igual manera que las HC se les adicionó 1% de PD de ñangapirí (A) y 1% de PD de tunas naranja (B). Cada lote fue mezclado durante cinco minutos para eliminar la mayor cantidad de aire incluido en la pasta e integrar correctamente todos sus componentes; y a todas las formulaciones se le adicionó 2% de sal sobre el total de la masa.

Las hamburguesas se moldearon en unidades de aproximadamente 100 ± 1 g cada una, con dimensiones de 90 mm de diámetro y 20 mm de altura, se cocinaron hasta una T° interna de 72 °C en un horno estático a 200 °C durante 15 min. Una vez cocidas fueron enfriadas durante 1 h a 25°C, envasadas al vacío en películas flexibles de polietileno de alta permeabilidad al oxígeno (2000 cm³/m²día) y almacenadas en refrigeración hasta su análisis.

2.4 Seguimiento de la oxidación

La extracción y purificación de la grasa para el seguimiento de la oxidación lipídica se realizó utilizando cloroformo, metanol y agua determinadas a partir del contenido de humedad de las hamburguesas, a las que se adicionó BHA en una concentración de 0,01% como antioxidante. La evaporación del cloroformo se realizó a 40 °C con una corriente de nitrógeno para evitar la oxidación de la muestra y obtenerla sin modificaciones [8].

El seguimiento de la oxidación lipídica se realizó a los 0, 5, 10 y 15 días, mediante la determinación de las sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) según Romero, y col., [9]. Para lo cual se pesó 0,1 g de muestra y se agregó 10 µl de BHA + 2 ml de TCA/TBA. La mezcla se calentó a 90 °C durante 15 minutos y se dejó enfriar. Luego se añadió 2 ml de cloroformo y se centrifugó durante 10 minutos. El sobrenadante se extrajo con pipeta y su absorbancia se leyó a 532 nm. Los resultados se expresaron como mg de malonaldehído (MAD)/kg de muestra.

2.5 Color

La determinación del color se efectuó con un espectrofotómetro Evolution 600 UV-Vis, equipado con una esfera integradora y software VISIONlite color Calc (Alemania). El equipo se configuró con iluminante D65, observador a 10°. La determinación se llevó a cabo en las pastas deshidratadas de frutas y en las hamburguesas inmediatamente después de la cocción para evaluar si la incorporación de dichas pulpas afectaría el color total de las mismas. Se obtuvo el promedio de 4 mediciones por muestra para la obtención de las variables del color: luminosidad (L^*), intensidad de rojo (a^*), intensidad de amarillo (b^*). Se calculó la diferencia de color total (ΔE) de acuerdo a AMSA [10]. Los subíndices 0 corresponden a la muestra control y los * a cada una de las hamburguesas con PD.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L^*)^2 + (a_0 - a^*)^2 + (b_0 - b^*)^2} \quad (1)$$

2.4 Análisis estadístico

El experimento fue replicado dos veces, los datos obtenidos se recogieron como la media \pm la desviación estándar de al menos dos determinaciones y se analizaron con el programa Statgraphics Plus bajo entorno de Windows, mediante un análisis de varianza (ANAVA), para un nivel de confianza de $p < 0.05$. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se discriminaron con la prueba de múltiples rangos de Tukey ($p < 0.05$).

3. Resultados y Discusión

Los TBARS son indicadores de la formación de productos de la oxidación secundaria de lípidos, tales como aldehídos, carbonilos, e hidrocarburos, que causan el olor a rancio en los alimentos cárnicos [11].

La Figura 2 muestra la evolución de la oxidación lipídica mediante la formación de malonaldehído (mg MAD mg/kg de muestra) de las hamburguesas cocidas en función del día de almacenamiento. En ella es posible observar que el agregado de las dos PD ejercieron efecto antioxidante durante todo el periodo ensayado ($p < 0,05$).

La incorporación de PD de frutas tuvo un marcado efecto en la reducción de la oxidación lipídica, lo que puede atribuirse a los compuestos antioxidantes presentes en las mismas como fenoles, flavonoides, y pigmentos carotenoides, betalaínas y xantinas. Estos resultados coinciden con lo reportado por varios autores como Sayago-Ayerdi y col., [12], Tapp y col., [13], Realini y col., [14] quienes informaron tener éxito en la inhibición la formación de TBARS cuando evaluaron hamburguesas adicionadas con subproductos de frutas como fibra de uva, pasta de morinda y extractos de acerola respectivamente.

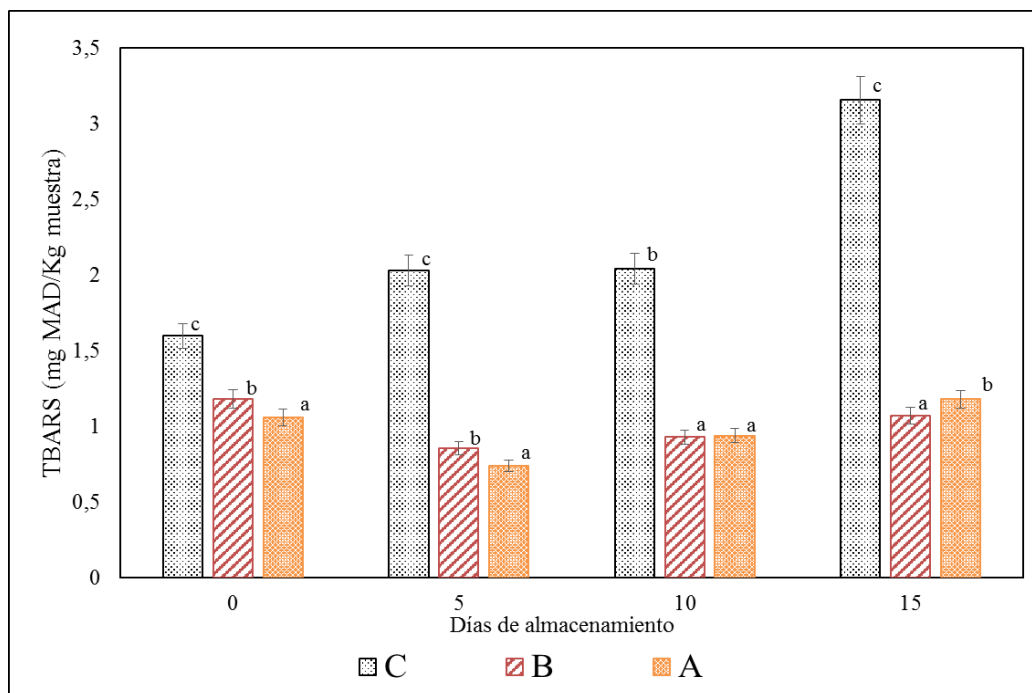


Figura 2: Evolución de las TBARS de las hamburguesas con y sin PD de frutas durante el almacenamiento. Diferentes letras en el mismo día de ensayo indican diferencia significativa ($p<0,05$).

Los componentes de color de las pulpas deshidratadas fueron $L^* 49.67 \pm 1.25$, $a^* 24.13 \pm 0.90$, $b^* 14.47 \pm 0.87$ para ñangapirí y $L^* 50.90 \pm 0.46$, $a^* 22.37 \pm 0.42$, $b^* 16.43 \pm 0.38$ para tuna naranja. El ñangapirí presentó un mayor valor del componente rojo (a^*) lo que podría estar relacionado al contenido carotenoides que presenta esta fruta [5]. Similares componentes de color fueron reportados para tunas naranja por Yahia y col., [16], quienes atribuyen que el color de los frutos se debe a los pigmentos presentes en los mismos, como las betalainas y betacianinas.

Diversos factores afectan el color de la carne y de los productos cárnicos como la concentración de mioglobina (que es el principal pigmento responsable del color en la carne), el pH, la procedencia de la carne, el contenido de grasa, los ingredientes añadidos y los tratamientos de preservación como la cocción [17]. La coordenada L^* es la más relacionada con la valoración visual del consumidor [18], y depende de en gran medida del grado de oxidación de los hemopigmentos [19]. La coordenada a^* (eje rojo-verde) está relacionada con el contenido de mioglobina, mientras que la coordenada b^* (eje amarillo-azul) ha sido relacionada con los distintos estados de oxidación de la mioglobina aunque su concentración no es un factor determinante sobre la misma [20].

La Tabla 1 muestra los resultados de la medición de color de las hamburguesas adicionadas con las pulpas deshidratadas, evidenciando que los aditivos utilizados influyeron en el color de los productos analizados. Las tres componentes de color del control son menores que las observadas en las formulaciones con antioxidantes ($p<0,05$). La incorporación de PD produjo un incremento de las componentes roja y amarilla, coincidiendo con lo informado por Hernández y col., [21] en salchichas adicionadas con harina de cáscara de naranja y con lo reportado por Chamorro-Ramírez y col., [22] en hamburguesas adicionadas con fibra de tuna, lo que se atribuye a los pigmentos presentes en los frutos.

Tabla 1: Color en hamburguesas elaboradas con las PD de frutas

Muestras	C	B	A
L*	44.88±0.74 ^a	45.25±0.96 ^{ab}	48.93±0.85 ^b
a*	3.30±0.14 ^a	4.4±0.29 ^b	6.33±0.17 ^c
b*	6.70±0.22 ^a	7.60±0.18 ^b	11.58±0.67 ^c

Los valores representan la media ± desviación estándar.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa (p<0,05).

La diferencia en el cambio de color total de las hamburguesas alcanzó un $\Delta E=1,99\pm0,22$ para la hamburguesa adicionada con tuna naranja y un $\Delta E=7,28\pm0,91$ para la hamburguesa adicionada con ñangapirí, lo que afectó en forma significativa la percepción del color total. Sin embargo dicha adición aumentó la rojosidad y la luminosidad, parámetros éstos reconocidos como deseable por los consumidores de los productos cárnicos [23].

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados del presente estudio mostraron que la incorporación de estos aditivos redujo satisfactoriamente la oxidación de los lípidos durante el almacenamiento en refrigeración.

Las pulpas deshidratadas de ñangapirí y de tuna naranja, ricas en componentes bioactivos tales como compuestos fenólicos y fibra, y colorantes naturales afectaron el color total de las hamburguesas adicionadas.

Si bien se observaron cambios en los parámetros de color en las muestras adicionadas con PD de frutas, investigaciones futuras se deberían enfocar en la evaluación sensorial y valor nutricional de los productos elaborados, para así analizar el efecto que estos cambios producirían en la preferencia de los consumidores.

5. Referencias

- [1] SATO, K.; HEGARTY, G. R. (1971). Warmed-over flavor in cooked meats. *Journal of Food Science*, v.36, p.1098–1102.
- [2] JAYASINGH, P.; CORNFORTH, D. P. (2003). Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. *Meat Science*, v.66, p.83–89.
- [3] BANERJEE, R.; VERMA, A. K.; DAS, A. K.; RAJKUMAR, V.; SHEWALKAR, A. A.; NARKHEDE, H. P. (2012). Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Science*, v.91, p.179-184.
- [4] SELANI, M. M.; MARGIOTTA, G. B.; DE S. PIEDADE, S. M.; CONTRERAS CASTILLO, C. J.; CANNIATTI BRAZACA, S. G. (2015). Physicochemical, sensory and cooking properties of low fat beef burgers with addition of fruit byproducts and canola oil. *5th International Conference on Biomedical Engineering and Technology (ICBET 2015)*. IPCBEE vol.81, p. 58-65.
- [5] BAGETTI, M.; FACCO, E. M. P.; PICCOLO, J.; HIRSCH, G. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KOBORI, C. N.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. (2011). Physicochemical characterization and antioxidant capacity of pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 31, n.1, p. 147-154.

- [6] FAGGI, G. M.; ROMERO, A. M.; DOVAL, M. M.; JUDIS, M. A. (2013). Capacidad antioxidante de tunas (*Opuntias ficus indica*) cultivadas en el oeste chaqueño. *Reunión de Difusión de la Labor Docente, Científica, Tecnológica y de Extensión*. Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina, p.70.
- [7] ROMERO, M. C.; FERNÁNDEZ, C. L.; FAGGI, G.; DOVAL, M. M.; ROMERO, A. M.; JUDIS, M. A. (2014). Efecto antioxidante de tuna (*Opuntia ficus indica*) en hamburguesas cocidas de carne enriquecidas con aceite de canola. *International Conference on Food Innovation, FOODINNOVA*. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- [8] BLIGH, E.G.; DYER, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, n.8, p.911-17
- [9] ROMERO, A. M.; DOVAL, M. M.; ROMERO, M. C.; SPUCH, A. R.; STURLA, M. A.; JUDIS, M.A. (2008). Antioxidant properties of soya sprout hydrophilic extracts. Application to cooked chicken patties. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry*. v.8, p.3196-3206.
- [10] AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. (2012). AMSA, Meat Color Measurement Guidelines. Champaign, Illinois USA, p.135.
- [11] TEETS, A. S.; WERE, L. M. (2008). Inhibition of lipid oxidation in refrigerated and frozen salted raw minced chicken breasts with electron beam irradiated almond skin powder. *Meat Science*, v.80, n.4, p.1326–1332.
- [12] SAYAGO-AYERDI, S. G.; BRENES, A.; GON, I. (2009). Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. *LWT - Food Science and Technology*, p.42, p. 971–976.
- [13] TAPP, N. W.; YANCEY, J. W. S.; APPLE, J. K.; DIKEMAN, M. E., GODBEE G. R. (2012). Noni puree (*Morinda citrifolia*) mixed in beef patties enhanced color stability. *Meat Science*, v.91, p.131-136.
- [14] REALINI, C. E.; GUÀRDIA, M. D.; DÍAZ, I.; GARCÍA-REGUEIRO, J. A.; ARNAU; J. (2015). Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. *Meat Science*, v.99, p.18–24.
- [16] YAHIA, M. E.; MONDRAGON-JACOBO, C. (2011). Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia spp.*). *Food Research International*, v.44, p. 2311-2318.
- [17] KING, N. J.; WHYTE, R. (2006). Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. *Journal of Food Science*, v.71, p.31-40.
- [18] MURRAY, A.C. (1989). Factors affecting beef colour at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science*, v.69, p.347-335.
- [19] PALOMBO, R.; WIJNGAARDS, G. (1990). Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. *Meat Science*, v. 28, p. 61-76
- [20] PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, M.E. & CARTAGENA-GRACIÁ, R. (1998). Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne*, n. 63, p.115-122.
- [21] HERNÁNDEZ GARCÍA, S.; GÜEMES VERA, N. (2010). Efecto de la adición de harina de cáscara de naranja sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de salchichas cocidas. *NACAMEH*, v.4, n.1, p.23-36.

- [22] CHAMORRO-RAMIREZ, F. H.; GONZALEZ-SANCHEZ, J. F.; MEDNA-GONZALEZ, O.; AZPE-FRANCO, A.; ARCE-JURADO, G. (2013). Desarrollo de hamburguesas adicionadas con fibra de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y cacao en polvo (*Theobroma cacao*), características nutritivas, fisicoquímicas y sensoriales. *NACAMEH*, v.7, n.2, p.97-108.
- [23] MORALES, R.; GUERRERO, L.; AGUIAR A.P.S; GUARDIA, M.D.; GOUB P. (2013) Factors affecting dry-cured ham consumer acceptability. *Meat Science*, v.95, n.3, p 652–657



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

APLICACIÓN DE COMPOST COMO ATENUANTE DEL EFECTO TÓXICO DEL PLOMO EN ETAPAS TEMPRANAS DE CULTIVOS HORTÍCOLAS

de los Ríos, Alejandra María, alerios02@yahoo.com.ar

Clozza, Mario Néstor, mclozza@agro.uba.ar

Garrido, Graciela Rosana, gracielargarrido@yahoo.com.ar

Leiva, Daniel Rodolfo, danielleiva26@yahoo.com

Amato, Alfredo, alfredoamato@hotmail.com

Ferrón, Teodoro, teoferron@yahoo.com.ar

Recondo, Verónica, vrecondo@agro.uba.ar

Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Buenos Aires. Argentina

Resumen

Es frecuente en las huertas la utilización de materiales compostados como enmienda orgánica en suelos y método para reciclar y favorecer la disponibilidad de nutrientes. Existen estudios acerca de su participación en la dinámica de los metales pesados a partir de las sustancias presentes en la materia orgánica, ya que proporcionan sitios para la adsorción de los mismos. Este trabajo tiene como propósito estudiar si el agregado de extracto acuoso de compost disminuye la fitotoxicidad producida por el plomo, así como analizar si las especies utilizadas son tolerantes a altas concentraciones del metal en etapas tempranas de desarrollo. La germinación y la elongación de la radícula constituyen indicadores para la evaluación de efectos tóxicos. Se llevaron a cabo bioensayos de toxicidad durante el período de germinación en dos especies hortícolas: tomate Platense (*Lycopersicum esculentum* L. var. Platense) y rabanito (*Raphanus sativus* L.), mediante tratamientos con 6 niveles de contaminación con plomo, con y sin adición de extracto de compost obtenido a partir de residuos vegetales, al cual se lo caracterizó a través de sus propiedades fisicoquímicas. El rabanito fue más sensible al plomo que el tomate, si bien la suplementación con el extracto mejoró significativamente los porcentajes de germinación, mientras que el crecimiento de la radícula se vio afectado en ambas especies, incluso ante bajas concentraciones de plomo.

Palabras clave: Germinación, bioensayos de toxicidad, elongación radical, tomate Platense, rabanito

1. Introducción

Es cada vez más frecuente en las huertas la utilización de materiales compostados como sustratos para los cultivos y enmienda orgánica en suelos. Además de consistir en un método para reciclar y liberar nutrientes, también existen estudios acerca de su participación en la dinámica de los metales pesados a partir de las sustancias presentes en la materia orgánica que proporcionan sitios para la adsorción de los mismos. La incorporación de compost sólidos o de sus extractos constituye una tecnología que se contrapone con el uso intensivo de fertilizantes químicos, buscando mitigar efectos adversos sobre el suelo, el agua y la salud vegetal, protegiendo en consecuencia el medio ambiente y la salud humana. El compostaje es

un tratamiento de residuos sólidos en el que diversas poblaciones microbianas (bacterias, hongos y actinomicetos) degradan secuencialmente los restos orgánicos en presencia de oxígeno, para transformarlos en dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada. Los metales pesados (elementos metálicos o metaloides, de mayor o menor densidad, que aparecen comúnmente asociados a problemas de contaminación) representan uno de los principales contaminantes a nivel global, y su toxicidad está determinada por su concentración en el medio, su biodisponibilidad y su esencialidad para la biota. La fitotoxicidad producida por la elevada concentración de metales pesados, afecta al crecimiento y desarrollo vegetal, y es debida tanto a la toxicidad intrínseca de los metales, como al carácter acumulativo de cada elemento. Durante la germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula ocurren numerosos procesos fisiológicos que son comunes a la mayoría de las semillas y que pueden verse alterados por la presencia de alguna sustancia tóxica. Esta es por lo tanto una etapa de gran sensibilidad a los factores externos adversos, ya que el éxito o aptitud de una plántula para establecerse en un ambiente determinado es relevante para garantizar la supervivencia de la especie y lograr buenos rendimientos. La evaluación del desarrollo de la radícula y del hipocótilo constituye un indicador subletal muy sensible para la evaluación de efectos biológicos en la capacidad de establecimiento y desarrollo de la planta, aportando información complementaria a la proporcionada al estudiar el efecto en la germinación. Estos bioensayos de toxicidad con semillas permiten evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar si el agregado de extracto de compost disminuye la fitotoxicidad producida por el plomo, así como analizar si se trata de especies tolerantes a altas concentraciones de plomo en el suelo y con potencial de fitorremediación.

2. Materiales y Métodos

El compost de residuos vegetales utilizado provino de la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (34° 35' LS 58° 29' LO). Para su caracterización se determinó el pH en agua (1:2,5) (adaptado del Método EPA 150.1) [1], la conductividad eléctrica (C.E.) en pasta (adaptado del Método EPA 120.1) [1], el porcentaje de materia orgánica (adaptado del Método EPA 160.4) [1], el contenido de Nitrógeno total (adaptado del Método EPA 351.3) [1], el contenido de Fósforo (adaptado del Método EPA 365.2) [1], el contenido de Potasio [2] y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) según el método de Chapman [3].

Se preparó un extracto acuoso a partir del compost analizado mezclando una parte de compost húmedo al 50% con dos partes de agua desionizada. Se dejó macerar y se centrifugó [4]. Se midieron sus propiedades fisicoquímicas de pH, C.E. y carbono orgánico soluble [5].

Se llevaron a cabo bioensayos de toxicidad durante la germinación en dos especies hortícolas: tomate Platense (*Lycopersicum esculentum* L. var. Platense) y rabanito (*Raphanus sativus* L.). Se condujeron tratamientos con 6 niveles de contaminación con Plomo (12,5, 25, 50, 100, 200 y 400 ppm de Nitrato de Plomo), en cada caso con y sin adición de extracto de compost (50% v/v) y un testigo con agua desionizada. A fin de analizar la posible incidencia del agregado de la sal, otros tratamientos consistieron en el agregado de Nitrato de Potasio (2,3, 4,9, 9,2, 18,2, 36,7 y 73,1 ppm). En todos los casos se realizaron 3 repeticiones por tratamiento.

Para el ensayo de germinación se utilizaron placas de Petri y discos de papel de filtro humedecidos con 14mL de los correspondientes tratamientos, colocando 20 semillas de cada

especie en sendas placas y a una temperatura promedio de 20°C. A los 10 días se evaluó el porcentaje de semillas germinadas y se midió la longitud de las radículas.

Los datos resultantes de los tratamientos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA). La existencia de diferencias significativas entre medias se evaluó a través del Test de Tukey ($\alpha=0,10$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat®.

3. Resultados y Discusión

3.1 Caracterización del compost

El compost utilizado presentó baja conductividad eléctrica y pH ligeramente ácido. Por su parte el extracto presentó condiciones ideales para su uso en el ensayo (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del compost utilizado

Propiedades	Valor
pH en agua (1:2,5)	6,70
C.E. en pasta (dS.m^{-1})	5,44
% Nitrógeno Kjeldhal	1,67
% Materia Orgánica	33,1
C/N	11,5
CIC (cmolc.kg^{-1})	80,6
Fósforo (mg.kg^{-1})	240
Potasio (cmolc.kg^{-1})	38,0

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas del extracto de compost utilizado

Propiedades	Valor
pH en agua (1: 2,5)	8,03
N – NO_3^- (ppm)	125,93
Fósforo reactivo soluble (ppm)	10,98
C.E. (dS.m^{-1})	0,55
Carbono orgánico soluble (mg.L^{-1})	326,43

Fuente: elaboración propia

3.2 Bioensayo de toxicidad

Las respuestas obtenidas en los ensayos realizados para evaluar la fitotoxicidad del plomo y las posibilidades de disminuir los efectos adversos con la aplicación de compost se describen en la Tabla 3. Es importante destacar que durante el período de germinación y los primeros días del ciclo ocurren numerosos procesos fisiológicos en los que la presencia de una sustancia tóxica puede interferir en la supervivencia y el desarrollo posterior normal de la planta [6], [7].

Tabla 3: Porcentaje de Germinación en rabanito y tomate. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,10$)

Tratamiento	Concentración (ppm)	% Germinación	
		Rabanito	Tomate
Nitrato de plomo	0	81,67 abc	93,33 a
	12,5	81,67 abc	90,00 a
	25	88,33 ab	98,33 a
	50	83,33 abc	91,67 a
	100	88,33 ab	85,00 ab
	200	81,67 abc	91,67 a
	400	83,33 abc	85,00 ab
Nitrato de plomo + Extracto	0	75,00 abc	93,33 a
	12,5	81,67 abc	98,33 a
	25	68,33 c	93,33 a
	50	81,67 abc	91,67 a
	100	81,67 abc	96,67 a
	200	80,00 abc	91,67 a
	400	78,33 abc	95,00 a
Nitrato de potasio	0	75,00 abc	93,33 a
	2,3	91,67 a	72,73 b
	4,9	88,33 ab	83,33 ab
	9,2	90,00 ab	84,84 ab
	18,2	73,33 bc	72,72 b
	36,7	83,33 abc	83,33 ab
	73,1	83,33 abc	86,36 ab

Fuente: elaboración propia

Las plántulas jóvenes son más susceptibles que las plantas ya desarrolladas a la toxicidad causada por diversas sustancias y/o factores ambientales. En bajas concentraciones no afectan la germinación pero disminuye el crecimiento de las raíces y la implantación del cultivo, aunque varía mucho entre especies e incluso entre cultivares.

Las especies ensayadas mostraron diferente sensibilidad frente a los tratamientos en sus porcentajes de germinación, si bien éstos fueron relativamente altos en todas las situaciones. El rabanito fue más sensible al plomo y nitratos que el tomate, mientras que la suplementación con el extracto mejoró significativamente los porcentajes de germinación en los tratamientos con plomo. En tomate las respuestas fueron más erráticas y no siempre se observaron diferencias significativas, si bien pequeñas concentraciones de nitratos mejoraron significativamente el porcentaje de germinación.

3.3 Longitud de radícula

La germinación es una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos [8], y junto a la elongación de la radícula constituyen indicadores para la evaluación de efectos biológicos en etapas iniciales del cultivo (Tabla 4).

Tabla 4. Longitud de radícula en rabanito y tomate. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,10$)

Tratamiento	Concentración (ppm)	Longitud de radícula (mm)	
		Rabanito	Tomate
Nitrato de plomo	0	76,40 abcd	52,96 bcd
	12,5	78,76 abc	34,55efg
	25	73,53 abcd	33,34 efg
	50	70,69 abcde	31,54 efg
	100	41,94 f	24,80 fgh
	200	20,10 g	22,49 gh
	400	6,82 g	11,56 h
Nitrato de plomo + Extracto	0	76,09 abcd	60,77 ab
	12,5	83,31 a	67,29 a
	25	67,66 bcde	57,04 abc
	50	79,41 abc	53,19 bcd
	100	72,45 abcde	52,78 bcd
	200	57,77 e	43,58 cde
	400	42,28 f	38,02 def
Nitrato de potasio	0	70,04 abcde	52,96 bcd
	2,3	72,78 abcd	50,98 bcd
	4,9	75,92 abcd	51,54 bcd
	9,2	81,37 ab	43,49 cde
	18,2	75,00 abcd	45,38 cde
	36,7	63,42 de	50,15 bcd
	73,1	66,78 cde	52,26 bcd

Fuente: elaboración propia

El crecimiento de la radícula fue altamente afectado por las concentraciones de plomo e incluso de nitrato en ambas especies, presentando una gran variabilidad de respuesta. El crecimiento de la radícula en rabanito y tomate mostró muy alta sensibilidad a la presencia de plomo, incluso a bajas concentraciones; la suplementación con extracto mejoró notablemente el crecimiento de las raíces, lográndose los mayores valores de largo de radícula en rabanito. En tomate, la elongación de la raíz mostró menor sensibilidad al plomo que el rabanito; podría afirmarse que la respuesta fue condicionada por la concentración del mismo: a altas concentraciones la suplementación con extracto no mejoró los valores de largo de raíz.

Asimismo, las radículas de tomate más largas se obtuvieron en los tratamientos con extracto o con bajas concentraciones de plomo o nitratos. Nuevamente, si bien se observaron diferencias altamente significativas, las respuestas fueron más heterogéneas, estableciendo diferencias entre estas especies.

Conclusiones

La ventaja de aplicar las pruebas de germinación y elongación radicular con diferentes especies permite la generación de bases de datos sobre fitotoxicidad en los que se obtienen valores de referencia. Los bioensayos de toxicidad con semillas permiten evaluar los efectos de distintos compuestos en el proceso de germinación y posterior desarrollo de las plántulas.

Por los resultados obtenidos, consideramos importante continuar en futuros trabajos sobre esta temática haciendo lo propio con otras especies hortícolas habitualmente cultivadas, y poder caracterizarlas a través de su susceptibilidad a la presencia en el suelo de compuestos como los ensayados.

Referencias

- [1] ALS Environmental. EPA Methods. <http://www.caslab.com/EPA-Methods/>
- [2] APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Ediciones Días de Santos, SA. XVII edición.
- [3] CHAPMAN, H.D. (1965). Cation-Exchange Capacity. In C. A. Black (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. Agron. Monogr. 9, ASA and SSSA, Madison, WI. p.891-901.
- [4] GARIGLIO N. F., BUYATTI M. A., PILATTI R. A., GONZÁLEZ RUSSIA D. E., ACOSTA M. R. (2002). Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix* sp.) sawdust New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 30: 135-139.
- [5] GOLTERMAN H., R. CLYMO, M. OHNDTAD. (1978). Methods for the physical and chemical examination of freshwaters. Oxford. Ed. Blackwell. 166p.
- [6] WANG X., SUN C., GAO SH., WANG L. Y SHOKUI H. (2001). Validation of germination rate and root elongation as indicator to assess phytotoxicity with *Cucumis sativus*. Chemosphere 44, p.1711-1721.
- [7] WHITE A.L., BOUTIN C., DALTON R.L., HENKELMAN B. Y CARPENTER D. (2008). Germination requirements for 29 terrestrial and wetland wild plant species appropriate for phytotoxicity testing. Pestic. Manage. Sci. 65, p.19-26.
- [8] SOBRERO M.C., RONCO A. (2008). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. En: Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. (P. Ramírez Romero y A. Mendoza Cantú, Comp.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México p.55-68.



EXTRACCIÓN DE ACEITE DE NUEZ (*JUGLANS REGIA L.*) POR COMPRESIÓN UTILIZANDO EQUIPO INSTRON. MODELADO CON VARIEDADES PROVENIENTES DE LA RIOJA (ARGENTINA)

Ana Carolina Peña Pollastri, Univ. Nac.de La Rioja, anacarolinapena1@gmail.com
Gerardo Alberto Calvo, Universidad Nacional de La Rioja, gerarcalvo@gmail.com
Celso Clemente Camusso, Universidad Nacional de Córdoba, camusso@agro.unc.edu.ar

Resumen

Las semillas de las nueces (*Juglans regia L.*) generalmente contienen alrededor de un 60% de aceite. Los ácidos grasos principales que se encuentran en el aceite de nuez son el ácido oleico, linoleico y linolénico en 16-20%, 57-62% y 10-15% respectivamente.

En este trabajo se realizó el estudio de un proceso de extracción del aceite de nuez por compresión de las semillas con un equipo INSTRON Modelo 3369. Se procesaron los datos de velocidad de carga para compresión y tiempos de compresión, usando un diseño experimental factorial midiendo las respuestas porcentaje de aceite obtenido y presión final de proceso.

Para los ensayos se utilizaron tres variedades de nuez provenientes de la Provincia de La Rioja (Argentina), variedades Davis (San Blas de Los Sauces), Chandler y Sundland (Chuquis).

El objetivo de este trabajo fue el modelado de las variables que influyen en la extracción de aceite de nuez para las tres variedades estudiadas. El análisis de varianza mostró que tienen un efecto significativo en el porcentaje de aceite obtenido y la presión final de proceso y los modelos de ajuste encontrados explican la interacción entre variables mayores a 94%. El valor óptimo de porcentaje de aceite extraído es mayor al 48% p/p para la tres variedades.

El modelado permitirá la optimización del proceso de prensado y posterior escalado a planta industrial.

Palabras Clave – nuez, aceite, prensado

1. Introducción

La nuez es el fruto en drupa (de 4-5 cm.de largo) del árbol de nogal (*Juglans regia L.*). El mesocarpio del fruto es verde y ennegrece rápidamente, encierra un hueso (la “nuez”) formado por el endocarpio leñoso y la semilla, con sus característicos cotiledones muy lobulados, casi cerebriiformes. Esta última es la parte comestible y es conocida y consumida desde tiempos prehistóricos, registrándose su origen en Asia Central. Los griegos la llamaban *kara*(cabeza) por su parecido con el cerebro humano. Los romanos la consideraban el alimento de los dioses mientras que todos los antiguos coincidían en asociar las nueces con salud y buena memoria.

Se hallaron referencias de su existencia ya a partir del año 7.000 a.C. En Argentina, las áreas tradicionales de cultivo se localizan en las provincias de Catamarca, La Rioja y Mendoza.

La semilla del nogal representa aproximadamente un tercio del peso del fruto entero y contiene alrededor de un 60% de aceite, pero puede variar entre el 52% y el 70% dependiendo del cultivar, localización y régimen de riego. Los ácidos grasos principales son el ácido oleico (18:1), el ácido linoleico (18:2) y el ácido linolénico (18:3) en porcentajes aproximados al 16-20%, 57-62% y 10-15% respectivamente. Martínez [1] considera que la variedad de nuez es la principal fuente de variabilidad para todos los ácidos grasos, aunque la influencia de la campaña de producción y su interacción con el genotipo también son significativas. Las relaciones entre sus valores son importantes para determinar el valor económico y alimenticio de la nuez. Crowe et al [2] consideran que la extracción cuantitativa de los lípidos pueden requerir condiciones de extracción específicos de la muestra para su optimización, tales como cambios en la temperatura de extracción, presiones y el tiempo. En un trabajo previo los autores [3] hemos correlacionado las variables que resultan significativas para el proceso de extracción del aceite de nuez por presión, utilizando prensa hidráulica.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Se utilizó un equipo INSTRON Modelo 3369, con celda de carga de 50.000 N (Imagen 1) y procesamiento con software Bluehill 2 (Imagen 2).

La probeta de ensayo fue diseñada al efecto y consta de dos módulos construidos en acero inoxidable: un módulo ciego (de 33,8 mm. de alto y 33,6 mm. de diámetro) y otro módulo con un lado hueco y otro lado cribado (de 32,6 mm. de alto y 33,6 mm de diámetro, con 30 perforaciones de sección circular de 1,5 mm. de diámetro cada una). Ambos módulos se colocaron dentro de un dispositivo de sujeción, conformado por un caño de PVC de 55 mm de alto y 40 mm de diámetro y una base de PVC de 22,7 mm de alto y 45,8 mm de diámetro (Imagen 3).

Las variedades de nuez utilizadas fueron recogidas en 2015: Variedad Davis (localidad de San Blas de Los Sauces), Variedad Chandler y Variedad Sunland (localidad de Chuquis) de la Provincia de La Rioja (R. Argentina). Se cortaron en trozos de aproximadamente 5-6 milímetros (Imagen 4).

2.2. Métodos

Al inicio de cada ensayo se ajustó la precarga del equipo en 20N. Se realizaron tres series de ensayos con cada variedad de nuez en estudio. Cada serie estuvo conformada por cuatro ensayos, programando el equipo para mover la cruceta a dos velocidades (0,5 mm./min. y 1,0 mm./min.) y dos tiempos de prensado (650 seg. y 750 seg.).

Para el Diseño Experimental [4] se utilizó un diseño factorial 2^2 cuyos factores fueron velocidad de carga y tiempo, siendo las variables dependientes la presión aplicada (kg/cm^2) y el rendimiento de aceite obtenido (% p/p). Los ensayos se realizaron por duplicado. El orden de los experimentos fue al azar. Los datos obtenidos se procesaron con software de estadística. Se realizó un análisis de varianza y se evaluaron los modelos matemáticos.

3- Resultados y discusión

3.1. Análisis del porcentaje de aceite obtenido de la variedad Chandler

En la Figura 1 se presentan la superficie de respuesta y el porcentaje de aceite obtenido de la Variedad Chandler: la velocidad de carga tiene un valor-P menor que 0,05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95,0%. La ecuación del modelo ajustado para la variedad Chandler es:

$$\% \text{Aceite} = 52,25 - 0,117 * \text{tiempo} - 147,4 * \text{Velocidad} + 0,308 * \text{tiempo} * \text{Velocidad} \quad (1)$$

El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo, así ajustado, explica 95,1191% de la variabilidad en porcentaje de aceite. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 91,4585%. El estadístico de Durbin-Watson arroja un valor-P mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos. Los valores óptimos para maximizar el porcentaje de aceite obtenido arrojan un valor óptimo de 48,1% para 750 segundos y velocidad de 1 mm/min. El análisis de varianza para la presión final indica que no hay efectos significativos para la variedad Chandler.

3.2. Análisis de porcentaje de aceite obtenido y presión para la variedad Davis

En la Figura 2 se presenta el análisis de varianza para porcentaje de aceite obtenido de la Variedad Davis donde los tres efectos de velocidad, tiempo e interacción velocidad-tiempo son significativos con un nivel de confianza del 95,0%. La ecuación del modelo ajustado de porcentaje de aceite para la variedad Davis es:

$$\% \text{Aceite} = 151,95 - 0,263 * \text{tiempo} - 248,1 * \text{Velocidad} + 0,462 * \text{tiempo} * \text{Velocidad} \quad (2)$$

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 98,9732% de la variabilidad en %Aceite. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 98,2031%. Los valores óptimos para maximizar el porcentaje de aceite arrojan un valor óptimo= 53,1 para 750 segundos y velocidad de 1 mm/min. El estadístico de Durbin-Watson arroja un valor-P mayor que 5,0%.

En la Figura 3 se presenta el análisis de varianza para presión final de la variedad Davis. En este caso los tres efectos: velocidad de carga, tiempo e interacción son significativos con un nivel de confianza del 95,0%. La ecuación del modelo ajustado la presión final en función de los factores es:

$$\text{Presión} = 1429,89 - 2,21685 * \text{tiempo} - 2865,17 * \text{Velocidad} + 4,4506 * \text{tiempo} * \text{Velocidad} \quad (3)$$

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica el 94,9095% de la variabilidad en presión.

3.3. Análisis de porcentaje de aceite y presión para la variedad Sunland

En la Figura 4 se presenta el Análisis de Varianza para porcentaje de aceite de la variedad Sunland. En este caso los efectos velocidad y tiempo tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\% \text{Aceite} = 36,3 - 0,104 * \text{tiempo} - 106,9 * \text{Velocidad} + 0,266 * \text{tiempo} * \text{Velocidad} \quad (4)$$

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 99,1555% de la variabilidad en porcentaje de aceite. El estadístico R-cuadrada ajustada, es 98,5221%. Los valores óptimos para maximizar el porcentaje de aceite arrojan un valor de 50,9 %.

En la Figura 5 se presenta el Análisis de Varianza para presión final de la variedad Sunland. En este caso los tres efectos son significativos. La ecuación del modelo ajustado de la presión en función de la velocidad y el tiempo es:

$$\text{Presión} = 603,748 - 0,95385 * \text{tiempo} - 1222,62 * \text{Velocidad} + 1,9372 * \text{tiempo} * \text{Velocidad} \quad (5)$$

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97,9959% de la variabilidad en presión. Los valores óptimos para maximizar el porcentaje de aceite arrojan un valor 118,64 %.

4. Conclusiones y recomendaciones

Para la Variedad Chandler, la velocidad de prensado tiene un efecto significativo en el porcentaje de aceite obtenido y el modelo de ajuste explica la interacción entre variables en un 91,5%. El valor óptimo de porcentaje de aceite extraído es del 48,1%. La presión no es influenciada por la velocidad ni por el tiempo de prensado.

Para la Variedad Davis la velocidad, el tiempo y la interacción de ambos tienen un efecto significativo en el porcentaje de aceite obtenido y el modelo de ajuste explica la interacción entre variables en un 98,2%. El valor óptimo de porcentaje de aceite extraído es del 53,1%. La presión final tiene una influencia significativa en la velocidad y el tiempo de prensado. El modelo de ajuste de la presión es del 91,1%.

Para la Variedad Sunland la velocidad, el tiempo y su interacción influyen en la presión y el modelo de ajuste explica la interacción entre variables en un 98,5%. El valor óptimo de porcentaje de aceite extraído es del 50,9%. La presión es influenciada por la velocidad y el tiempo de prensado. El modelo de ajuste de la presión es del 96,5%, siendo el valor óptimo de presión 118,64 Kg/cm².

Los modelos de ajuste son adecuados para predecir las variables de tiempo y velocidad de carga en el prensado de nuez para extracción de aceite con un equipo INSTRON. Esto permitirá la optimización del proceso de prensado y posterior escalado a planta industrial.

3.4 Figuras y Tablas

<i>Fuente</i>	<i>Valor-P</i>
A:tiempo	0,0991
B:Velocidad	0,0058
AB	0,2087

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
tiempo	650,0	750,0	750,0
Velocidad	0,5	1,0	1,0

R-cuadrada = 95,1191 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 91,4585 por ciento
Estadístico Durbin-Watson = 2,42558 (P=0,6141)

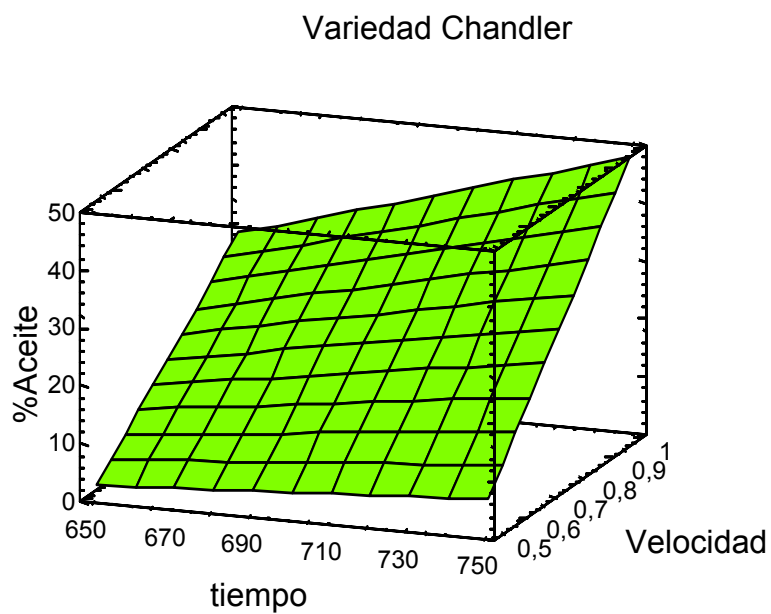


Figura 1. Superficie de respuesta y el porcentaje de aceite obtenido de la variedad Chandler
Fuente: elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Valor-P</i>
A:tiempo	0,0392
B:Velocidad	0,0005
AB	0,0167

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
tiempo	650,0	750,0	750,0
Velocidad	0,5	1,0	1,0

R-cuadrada = 98,9732 porciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98,2031 porciento
Estadístico Durbin-Watson = 1,42456 (P=0,1781).

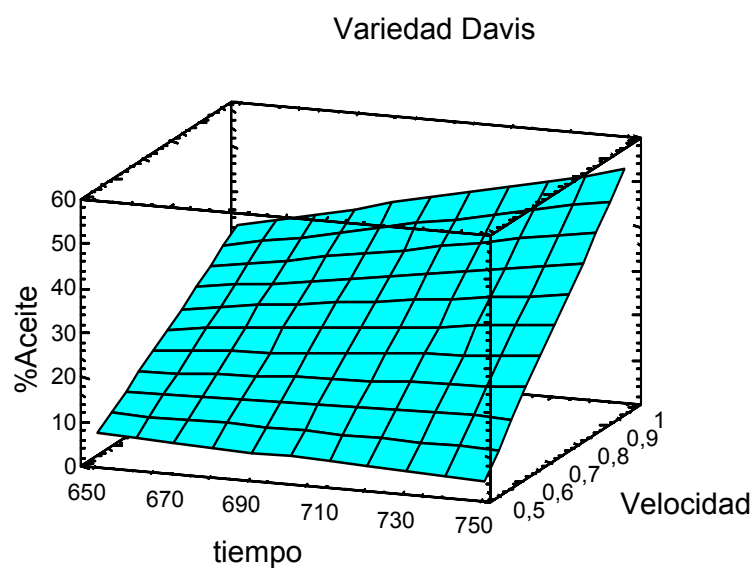


Figura 2. Análisis de varianza para porcentaje de aceite obtenido de la variedad Davis
Fuente: elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Valor-P</i>
<i>A: tiempo</i>	0,0257
<i>B: Velocidad</i>	0,0192
<i>AB</i>	0,0262

R-cuadrada = 94,9095 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 91,0916 por ciento
Estadístico Durbin-Watson = 1,41256 (P=0,1741)

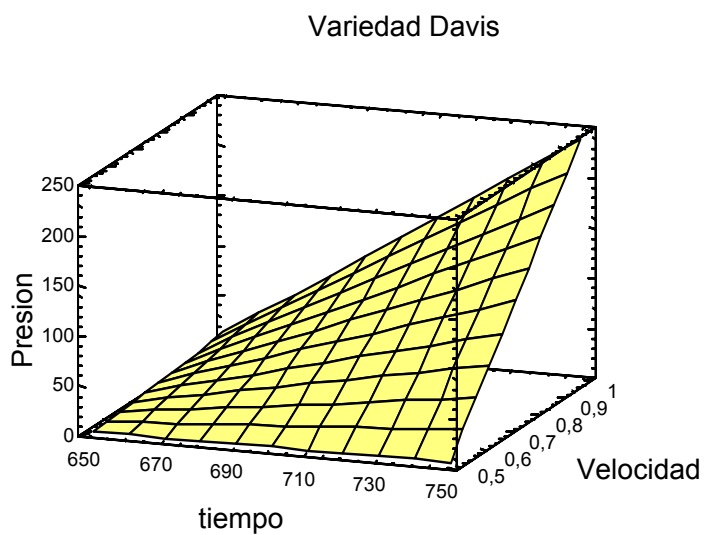


Figura 3. Aanalysis de varianza para presión final de la variedad Davis
Fuente: elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Valor-P</i>
A:tiempo	0,0228
B:Velocidad	0,0004
AB	0,0571

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
tiempo	650,0	750,0	750,0
Velocidad	0,5	1,0	1,0

R-cuadrada = 99,1555 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98,5221 por ciento
Estadístico Durbin-Watson = 2,31832 (P=0,5633)

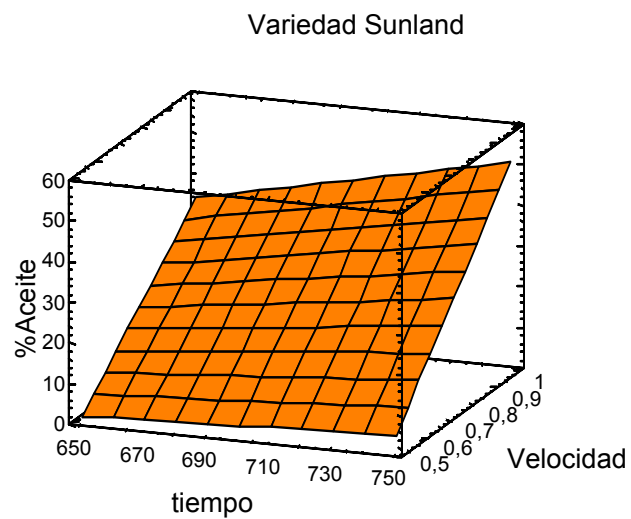


Figura 4. Análisis de Varianza para %Aceite de la variedad Sunland
Fuente: elaboración propia

<i>Fuente</i>	<i>Valor-P</i>		
A:tiempo	0,0084		
B:Velocidad	0,0037		
AB	0,0091		

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
tiempo	650,0	750,0	750,0
Velocidad	0,5	1,0	1,0

R-cuadrada = 97,9959 porciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96,4928 porciento
Estadístico Durbin-Watson = 3,32462 (P=0,9430)

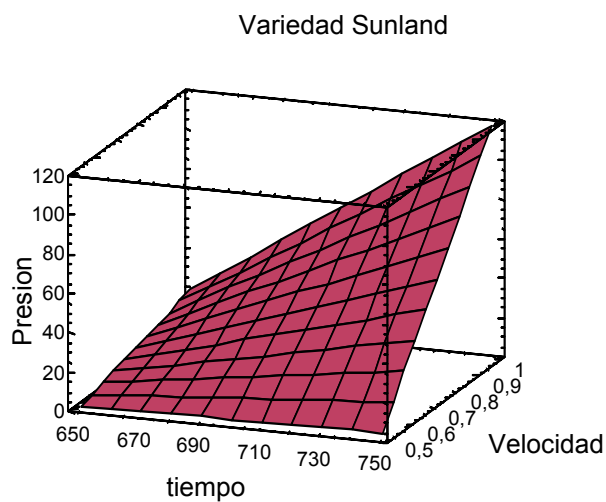


Figura 5. Análisis de Varianza para presión final de la variedad Sunland
Fuente: elaboración propia

a. Imágenes

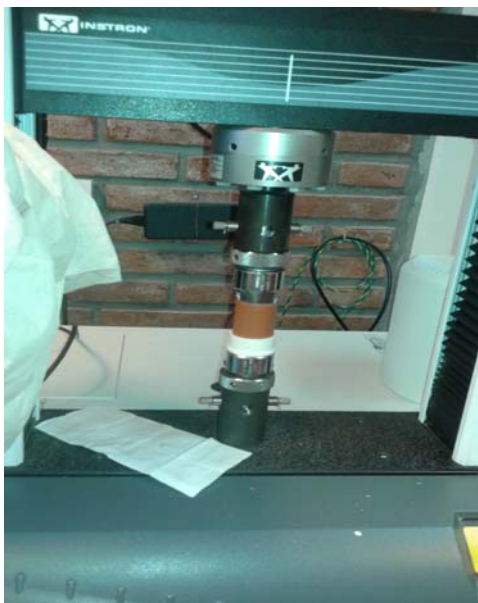


Imagen 1. Equipo de compresión INSTRON Modelo 3369
Localización: Laboratorio de Ensayo de Materiales UNLaR

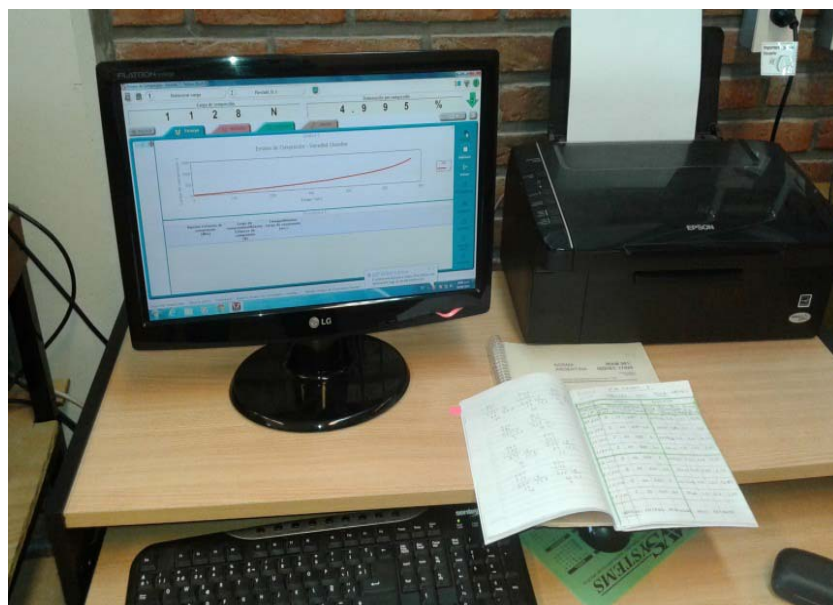


Imagen 2. Software Bluehill 2
Localización: Laboratorio de Ensayo de Materiales UNLaR



Imagen 3. Probeta de ensayos
Fuente: elaboración propia



Imagen 4. Muestras de nuez preparadas para ensayo de compresión
Fuente: elaboración propia

Referencias

- [1] Martínez, M. L. “Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Argentina, 2010.
- [2] Crowe, D; Crowe T.; Johnson L.; White, P. “Impact of extraction method on yield of lipid oxidation products from oxidized and unoxidized walnuts”, JAOCS Vol. 79, no. 5 (2002).
- [3] Calvo, G.; Peña, C.; Marotto, B.; Camusso, C. “Optimization of pressing on Walnut Oil Extraction”, Memorias de Ciencia y Tecnología. Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, EUDELAR-REUN, ISBN 978-987-1364-04-6, La Rioja, Argentina, 2007.
- [4] Montgomery, D.C.. “Diseño y Análisis de Experimentos”, Grupo Editorial Iberoamérica, ISBN 968-7270-60-8 2001).



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

SECADO DE YERBA MATE: SIMULACIÓN UTILIZANDO SISTEMAS DE COMBUSTION DIRECTOS E INDIRECTOS

Holowaty Santiago Alexi, UNaM - CONICET. saholowaty@fceqyn.unam.edu.ar

Schmalko Miguel Eduardo, Universidad Nacional de Misiones. mesh@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen— El objetivo del trabajo fue simular el secado de yerba mate comparando los cambios entre sistemas por contacto directo e indirecto. El procesamiento de yerba mate se realiza en una serie de etapas: zapecado, secado, molienda gruesa, estacionamiento y molienda fina. El secado, generalmente, se realiza en sistemas tipo cinta a flujo cruzado, dentro de edificios de mampostería, donde se mezclan gases de combustión y aire entre 90 y 120 °C pasando a través del lecho de ramas. La presencia de compuestos nocivos presentes en la combustión y una serie de regulaciones en la provincia de Misiones, han llevado a buscar alternativas en los sistemas de secado. El secado con aire caliente permitiría obtener productos libre de humo. Se han determinado condiciones de secado in situ de diferentes sistemas de secado que sirvieron para validar los modelos. Se han utilizado datos de la bibliografía y de trabajos anteriores para realizar la simulación. Se ha simulado el secado de yerba mate dentro de un secadero tipo cinta en dos hipotéticas condiciones de temperatura y humedad. Se determinó que la utilización de sistemas indirectos, permitiría alcanzar valores medios de humedad de yerba mate 13,6 a 10% menores en el mismo tiempo de secado y en las mismas condiciones de temperatura de entrada y caudal volumétrico de aire/gases.

Palabras clave— *Yerba mate, secado, procesos alternativos, simulación.*

1. Introducción

El procesamiento de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) comprende 5 etapas: zapecado, secado, molienda gruesa o canchado, estacionamiento y molienda fina. Las tres primeras se llevan a cabo en establecimientos denominados de “procesamiento primario” o “secaderos”.

El zapecador tradicional es un tambor rotatorio en el que las ramas se ponen en contacto con gases de combustión de leña en corriente paralela. El tiempo de residencia varía entre 2 y 4 minutos y en el mismo las hojas alcanzan temperaturas superiores a los 100 °C, lo que produce la inactivación de las enzimas presentes en ellas, que podrían producir su pardeamiento en la etapa de secado. También se produce en el zapecador una pérdida significativa de humedad, que se reduce en las hojas desde un 55% (base húmeda, bh) hasta un 20% (bh) aproximadamente; mientras que en los palos varía desde el 55% (bh) hasta el 50%(bh) [1]. Las ramas son luego introducidas al secadero, que generalmente son de tipo cinta y pueden tener 1 o 2 etapas. A su vez, las cintas se pueden ubicar en formas superpuestas una arriba de la otra. La temperatura del aire o gases de combustión que ingresa al secadero varía entre 90 y 120°C, siendo la más usual de 100°C [2,3].

Luego de la primera molienda, la yerba mate es colocada en bolsas de 40-50 kg y éstas son almacenadas en depósitos para su estacionamiento.

En los últimos tiempos, se han realizado estudios para modificar método tradicional de procesamiento [4, 5]. Dos fueron los motivos que llevaron a buscar procesos alternativos. En primer lugar, algunos mercados cuestionaron el consumo de yerba mate por el contacto directo de los gases de combustión de leña con el producto, detectándose niveles elevados de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) [6, 7, 8, 9, 10]. El segundo problema que se abordó en trabajos anteriores [11, 12, 13], fue el reemplazo de leña de monte nativo por leña de bosque implantado y la posterior implementación de cambios en los sistemas de combustión de hornos por quemadores de chip de madera. Años atrás, el uso de leña de monte en el procesamiento primario de la yerba mate, representaba menos del 5% del costo de producción, ya que la leña provenía del raleo en el reemplazo por araucarias, el cual era un cultivo subsidiado por el estado. Sin embargo, la deforestación y la progresiva escasez de leña de monte nativo en el territorio misionero, provocó un impacto significativo en los costos de producción, a su vez, una nueva ley vigente, Ley XVI N° 106 [14], dictó que a partir del año 2013 los establecimientos industriales dedicados a la producción de yerba mate, (y otras agroindustrias) deberían reducir en un 50% el consumo madera nativa, y a partir del año 2015, los secaderos deberían sustituir el consumo total por madera proveniente de bosque implantado (renovables) o bien con otras fuentes de energía como biomasa. Por esto, los secaderos buscaron alternativas de combustibles al no contar con redes de gas natural que permitirían la optimización del secado. La primera opción que se tomó como alternativa fue mantener los hornos y quemar leña de monte implantado, sin embargo, la falta de eficiencia de estos sistemas han llevado a modificar los sistemas de combustión para quemar los residuos de aserraderos, presentes en gran número en la provincia de Misiones, en forma de aserrín o chip de madera. En la provincia existen más de 230 secaderos de yerba mate, de los cuales el 35% han implementado sistemas de combustión que permiten utilizar chip como combustibles. La sustitución de hornos a leña por quemadores de chip permitió, a priori, desde el punto de vista técnico, lograr un mejor control del proceso, utilizar temperaturas menores de trabajo y evitar grandes oscilaciones térmicas e incompleta combustión que se producen generalmente en los sistemas anteriores de secado [11,15]. El problema del contacto con gases de combustión no ha sido solucionado, en la etapa de zapecado, se realizaron estudios que muestran la factibilidad técnica y de calidad fisicoquímica de procesos alternativos como el zapecado con agua o zapecado con vapor [11,16], aunque resta realizar un estudio económico que permita estimar el costo de estas modificaciones en el método tradicional. En la etapa de secado, se estudiaron alternativas [17] de secado por contacto directo con gas propano, con mejoras en la eficiencia, pero no se han estudiado los cambios o las posibles mejoras si se implementan sistemas de contacto indirecto, como intercambiadores de calor vapor-aire. En la actualidad existen unos 10 secaderos que adoptaron sistemas de secado indirecto, aunque el producto final no estaría libre de humo, ya que todavía los zapecadores son tradicionales.

El modelo matemático de un secadero permite conocer la evolución de la temperatura y el contenido de humedad del sólido en las diferentes posiciones del lecho. Este método es muy útil cuando el sólido se encuentra en movimiento (como en este caso) o cuando es muy pequeño y no es posible introducir en su interior el elemento de medición.

El objetivo del trabajo fue simular el secado de yerba mate comparando los cambios entre sistemas al secar por contacto directo e indirecto.

2. Materiales y Métodos

2.1 Material

Se utilizaron ramas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) provenientes de la etapa de zapecado. A la salida de esta etapa, las mismas eran transportadas por medio de una cinta a la alimentación al secadero, reduciéndose en este tramo apreciablemente su temperatura. El contenido de humedad de las hojas variaba entre 0,14 kg de agua/kg ss y 0,22 kg de agua/kg ss y el de los palos entre 1,10 kg de agua/kg ss y 1,35 kg de agua/kg de ss. El contenido de humedad del sólido a la entrada se determinó utilizando Norma IRAM 20503, pérdida de masa a 103 ± 2 °C, durante 6 horas. Los valores se expresan en base seca. Se tomó un valor medio de 10 muestras de diferentes días en un secadero de la provincia de Misiones [18].

Las características físicas de las ramas son las siguientes [19, 20, 21]

- Tipos: ramificadas y sin ramificar
- Peso medio: 10,97 g (Valores extremos: 2,5g y 30g)
- Diámetro medio ponderado de los palos: 0,0034 m
- Espesor medio ponderado de las hojas: 0,00036 m

2.2 El equipo

El secadero tenía paredes de mampostería con una dimensión de 35 m de largo por cuatro metros de ancho y 7 m de altura. La alimentación se realizaba en un extremo del mismo por medio de una cinta transportadora cuyo extremo se desplazaba de tal forma que la misma fuera uniforme en todo el ancho de la cinta, formando un lecho de ramas de 1 m de altura.

La cinta tenía dos tramos de 15 m de longitud y 4 m de ancho, con perforaciones que permitían el paso del aire. El aire caliente se obtenía de un intercambiador de calor de tubos aleteados, introduciéndose por debajo de la cinta por medio de tubos con 5 bocas en cada sección. Para el caso de contacto directo, se utilizaron gases de combustión generados por chip de madera mezclados con aire, que ingresaban con el mismo sistema al secadero. Las corrientes gaseosas de salida se expulsaban al exterior por medio de 7 chimeneas ubicadas en el techo del secadero. Los sólidos salían en el extremo opuesto a la entrada, sobre una cinta transportadora que los llevaba a una segunda etapa de secado. La primera etapa de secado duraba 1,5 horas.

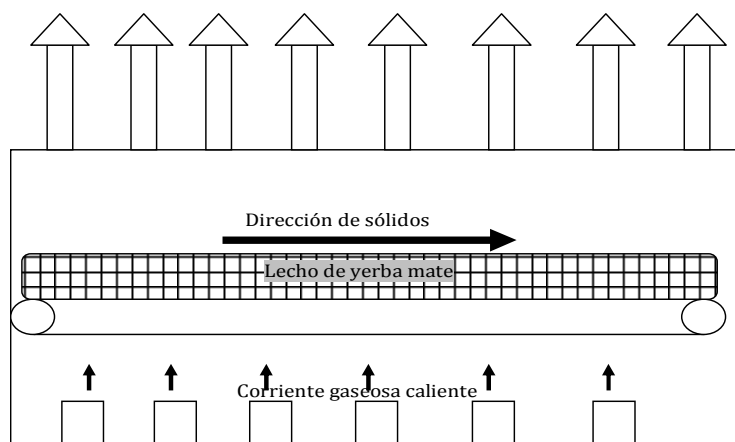


Figura 1: Diagrama de un secadero de yerba mate tipo cinta, con las corrientes de sólidos y corrientes gaseosas (Fuente: Elaboración propia).

2.3 Condiciones operativas

El modelado se realizó en dos condiciones hipotéticas de temperatura (a 90 °C y a 120°C) manteniendo las demás condiciones sin variar, a excepción del contenido de agua de la corriente gaseosa (aire limpio o mezcla de gases de combustión).

El contenido de agua de las corrientes de entrada para cada tipo fue 0,011 kg agua/kg aire seco para la corriente de aire caliente, y 0,034 kg agua/kg aire seco para los mezcla de gases de combustión.

Las condiciones operativas como caudales, velocidades de flujo, rango de temperaturas operativas se tomaron de trabajos anteriores sobre eficiencia térmica en secaderos de yerba mate [16].

2.4 Modelado matemático

Para aplicar el modelo, se realizaron las siguientes suposiciones:

- 1) No existía perfil térmico dentro de los sólidos (hojas y palos).
- 2) Los palos eran considerados como un material compuesto (xilema y corteza) y se calculó un coeficiente de difusión efectivo considerando estos dos materiales.
- 3) Los gases eran considerados ideales.
- 4) Las propiedades termofísicas y de transporte eran calculadas como la suma de los aportes individuales (gases y H₂O).
- 5) Se consideraba el efecto de contracción que produce la pérdida de humedad en los sólidos sobre sus áreas de transferencia.

Las ecuaciones básicas fueron obtenidas realizando los balances de masa y energía en cada nodo. De esta forma se obtuvieron las ecuaciones que describen la variación de la temperatura en forma diferencial en función del tiempo para los sólidos y el aire (mezcla entre el aire húmedo de entrada, productos de combustión y agua que se evapora de los sólidos). Las pérdidas de humedad se calcularon utilizando las ecuaciones integradas de la 2° ley de Fick, planteándose resistencia externa a la transferencia de calor y materia.

Para la resolución de estas ecuaciones, se utilizó el método de las diferencias finitas hacia delante y una hoja de cálculo. El secadero fue dividido en 1080 nodos: 120 divisiones longitudinales y 9 divisiones de alto.

2.5 Propiedades

Las propiedades y coeficientes de la fase gaseosa se obtuvieron del Perry y Green [22] y Kreith y Bohn [23]. Las propiedades del sólido (densidad, conductividad térmica, calor específico, calor latente e índice de contracción) se obtuvieron de trabajos previos realizados. [24,25,26]. Las ecuaciones presentadas para determinar el coeficiente de difusión del agua en las hojas fueron estimadas a partir de datos experimentales obtenidos entre 70 y 120 °C [25,26], mientras que en los palos se trabajó con valores experimentales obtenidos entre 70 y 100 °C [3,15].

3. Resultados y Discusión

El desarrollo de modelos matemáticos en los secaderos de yerba mate ha sido utilizado para determinar perfiles térmicos y de humedad a manera de conocer el comportamiento del mismo durante el secado [1], sin embargo, la hipótesis del presente trabajo consideró la posibilidad de secar con aire caliente generado por contacto indirecto a menor temperatura que el secado con gases de combustión, ya que el contenido de agua de los gases de combustión medio determinado en planta fue de 0,034 kg agua/ kg aire seco, cerca de tres

veces mayor al contenido de agua del aire, con ello se permitiría un menor valor de temperatura de aire para lograr valores similares de contenido de humedad en las hojas al final de la primera etapa de secado. Sin embargo, se ha considerado solamente el efecto del aumento de temperatura y el tipo de secado (indirecto o directo) para este trabajo.

3.1 Humedad de la yerba mate

Se simularon dos condiciones de trabajo para cada temperatura. La Tabla 1 presenta las condiciones operativas y los contenidos de humedad promedio a partir del aporte de palos y hojas que tendría el sistema al final del secado en las condiciones estudiadas. El caudal volumétrico medio (y medido en planta) fue de 40000 m³/h o bien 11,11 m³/s. El caudal másico (G's, en kg aire seco/s) es función del volumen húmedo (vh, en m³/kg aire seco), el cual se modifica según las propiedades de las corrientes gaseosas.

Se determinó que en condiciones de 90 °C, utilizando aire caliente se alcanzó un contenido de humedad promedio de 0,102 kg agua/kg de sólido seco (ss), el cual fue 10,13 % más bajo que al utilizar gases de combustión (0,113 kg agua/kg ss). Al modelar el secado en condiciones extremas de 120 °C, el contenido de humedad de las ramas fue de 0,028 kg agua/kgss cuando se utilizaron condiciones de aire caliente y 0,032 kg agua/kgss cuando se utilizó el secado con gases de combustión, es decir, la utilización de aire caliente mejoró 13,6 % el contenido de humedad medio en las ramas.

Tabla 1: Condiciones de secado utilizadas para modelar el contenido de humedad de la yerba mate en el secadero tipo cinta

T °C		Aire		Gases	
90		Y'aire	0,011	Y'gas	0,034
		vh	1,04	vh	1,08
		G's	10,68	G's	10,29
		X	Xmed	X	Xmed
	Palos	0,251	0,102	0,262	0,113
	Hojas	0,022		0,032	
120		Y'aire	0,011	Y'gas	0,034
		vh	1,132	vh	1,182
		G's	9,82	G's	9,40
		X	Xmed	X	Xmed
	Palos	0,076	0,028	0,085	0,032
	Hojas	0,002		0,003	

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 muestra el perfil de humedades en el lecho de yerba mate, en función de la longitud de la cinta de secado, a diferentes alturas de lecho, las líneas consecutivas indican un aumento de la altura del lecho de 0,1 (líneas inferiores) a 0,9 m (líneas superiores). En los

mismos las diferencias son solamente apreciables al cambiar los valores de temperatura y no según el tipo de corriente de secado (aire o gas).

En trabajos anteriores se estudió la influencia de la aplicación de tiempos de reposos durante el secado sobre el contenido de humedad [27] con resultados favorables desde el punto de vista de disminución del tiempo de secado en la búsqueda de mejorar la eficiencia energética. En el presente trabajo, se simuló el comportamiento del secadero al modificar las propiedades del aire. Se encontró que los gases de salida en las chimeneas no tienen diferencias apreciables de temperaturas y se estimaron en torno a $62,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando el ingreso fue de $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ (con aire y con gas) y valores promedio de 55°C al ingresar con $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sin embargo la diferencia significativa se dio al analizar la humedad de las corrientes de salida. Se determinó que la corriente a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con aire caliente, contiene a la salida $0,028\text{ kg agua/kg aire seco}$ mientras que con gases de combustión fue de $0,052\text{ kg agua/kgas}$. Cuando se simuló con la corriente a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ y aire caliente, la humedad del aire a la salida fue de $0,033\text{ kg agua/kgas}$, contra $0,057\text{ kg agua/kgas}$ utilizando gases de combustión. En las dos condiciones, los valores de salida de las corrientes con aire caliente fueron menores a las corrientes de entrada de los gases de combustión. Esto permitiría, al menos, con las temperaturas de salida mayores a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, reutilizar un porcentaje de esta corriente para precalentar o mezclar con las corrientes de entrada, donde aún no se ha planteado esta posibilidad a nivel industrial.

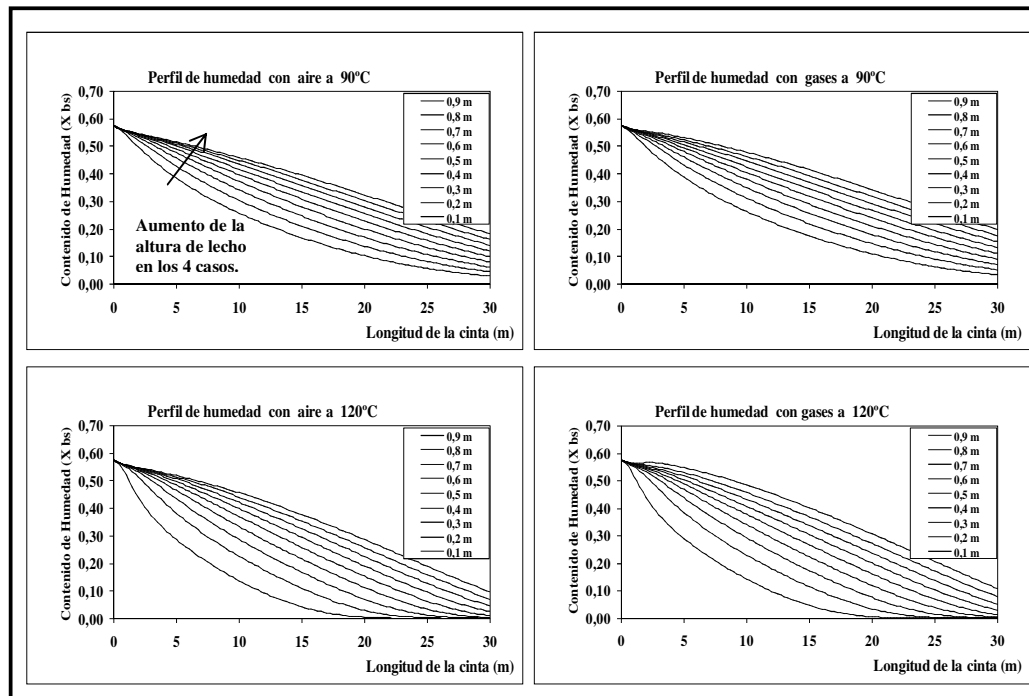


Figura 2: Perfiles del contenido de humedad de yerba mate en función a la longitud de la cinta de secado y a diferentes alturas de lecho en las dos condiciones de temperatura. (Las sucesivas curvas corresponden a espesores de lecho de yerba mate que va desde $0,9\text{ m}$ hasta $0,1\text{ m}$). (Fuente: elaboración propia).

4. Conclusiones y recomendaciones

Se simuló el secado de yerba mate en un secadero tipo cinta. Se utilizaron dos condiciones de temperatura y humedad de aire a fin de simular el comportamiento del secado con gases de

combustión o con aire caliente. Los valores son dos puntos extremos que generalmente utilizaron industrias yerbateras de la región.

Se determinó que el secado con aire caliente mejora entre 10,1 % y 13,6% las condiciones de salida de la yerba mate. Es decir, el secado con aire caliente permitiría una disminución de la temperatura de secado para alcanzar los valores de humedad de producto que actualmente se logran con el secado por contacto directo con gases de combustión.

Las humedades de salida de las corrientes gaseosas cuando se utilizó aire caliente fueron menores que los valores de humedad de entrada de los gases de combustión a las dos temperaturas elegidas. Esto abriría la puerta a la implementación de sistemas de recirculación de aire caliente o precalentamiento, los cuales no son utilizados en la industria yerbatera.

La siguiente etapa del estudio se focalizará en la optimización a fin de evaluar cual será la temperatura de aire caliente entre 90 y 120 °C que permitirá alcanzar valores cercanos al secado por contacto directo a 120°C, cuáles serán los requerimientos energéticos necesarios para alcanzar esas condiciones y la correlación o validación del modelo adoptado con datos reales.

5. Referencias

- [1] SCHMALKO, M., Y ALZAMORA, S. (2005). Modeling the drying of a Twig of “Yerba Maté” considering as a composite material: Part I: Shrinkage, Apparent density and Equilibrium moisture content. *Journal of Food Engineering* 66, pp. 455-461.
- [2] SCHMALKO, M.E. Y ALZAMORA, S.M. (2001). Color, chlorophyll, caffeine and water content variation during Yerba Maté processing. *Drying Technology* 19, p. 599-610.
- [3] SCHMALKO, M., Y ALZAMORA, S. (2005). Modeling the drying of a Twig of “Yerba Maté” considering as a composite material: Part II: Mathematical model. *Journal of Food Engineering* 67, pp. 267-272.
- [4] XANDER, C.G., ACOSTA, L.M., SCIPIONI, G.P., Y ARGÜELLO, B. (2000). Inactivación térmica de peroxidasas en *Ilex paraguariensis* St. Hil. y *dumosa*. *Anales del 2° Congreso Sul-Americano da Erva-Mate*, Encantado 19 al 23/11/00, Brasil, 366-369.
- [5] PASARDI, L., SCHVEZOV, C., SCHMALKO, M., Y GONZÁLEZ A. (2006). Drying of *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire by Microwave Radiation. *Drying Technology* 24: 1437-1442.
- [6] CAMARGO, L., TOLEDO, M. (2002). Chá mate e café como fontes de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA's) na dieta da população de Campinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22, pp. 49-53.
- [7] GOLOZAR A., FAGUNDES R., ETEMADI A., SCHANTZ M. KAMANGAR F., ABNET C., DAWSEY S. (2012). Significant variation in the concentration of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in yerba maté samples by brand, batch and processing method. *Environmental Science Technology*, 46(24), pp. 13488-13493.

-
- [8] KAMANGAR, F., SCHANTZ, M., ABNET, C., FAGUNDES, R., DAWSEY, S. (2008). High levels of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in mate drinks. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 17(5), pp. 1262-68.
- [9] ZIEGENHALS, K., JIRA, W., SPEER, K. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in various types of tea. *European Food Research and Technology*, 228, pp. 83-91.
- [10] THEA, A., FERREIRA, D., BRUMOVSKY, L., SCHMALKO, M. (2014). Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en infusiones preparadas con yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hillarie), Memorias del VI Congreso Sudamericano de la yerba mate y II Simposio Internacional de yerba mate y salud. ISBN: 978-9974-0-1085-7. (en CD).
- [11] HOLOWATY S.A., THEA A.E., BOHAZCENKO E.A., SCHMALKO M.E. (2014). Efecto del combustible empleado en el procesamiento de la yerba mate sobre la calidad. Libro de resúmenes del V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Córdoba, Argentina. 17-19/11/2014. CP:71 ISBN: 978-987-45738-5-8.
- [12] HOLOWATY S.A. y SCHMALKO M.E. (2015). Efecto del cambio de combustible sobre la eficiencia térmica en un secadero de yerba mate. IX Jornadas Científicas y Tecnológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Museo de Bellas Artes Juan Yaparí- Posadas. 28-30/10/2015.
- [13] MARTÍNEZ MIRTA C., HOLOWATY SANTIAGO A., BRIGNARDELLO ADRIANA E., SCHMALKO, MIGUEL E. (2015). Costos comparativos para el zapecado y secado tradicional de yerba mate: leña de bosque implantado vs chip. IX Jornadas Científicas y Tecnológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Museo de Bellas Artes Juan Yaparí- Posadas.
- [14] Ley XVI N° 106. (2007). www.diputadosmisiones.gov.ar/digesto.../mostrar_archivo.php. (Consulta 03/16).
- [15] SCHMALKO, M., LOVERA, N., KOLOMIEJEC, G. (2011). Moisture migration during a tempering time after the heat treatment step in yerba maté processing. *Latin American Applied Research*. Vol. 41, No. 2, 153-156.
- [16] HOLOWATY S.A., ALEGRE C.A., BOHAZCENKO E.A., SCHMALKO M.E. (2014). Influencia de distintos tipos de zapecado en las propiedades fisicoquímicas de la yerba mate. Libro de resúmenes del V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Córdoba, Argentina. CP:68 ISBN: 978-987-45738-5-8.
- [17] SCHMALKO, M. (2005). Estudio y Modelado del procesamiento Primario de la Yerba Mate. Tesis para acceder al Doctorado de la Universidad de Buenos Aires – Área Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Dirigida por la Dra. Stella Maris Alzamora.
- [18] HOLOWATY S.A., AGUERRE Y. S., SCHMALKO, M.E. (2014). Eficiencia térmica en el secado de yerba mate. Memorias del VI Congreso sudamericano de la yerba mate y II Simposio internacional de yerba mate y salud. Universidad de la República, Montevideo Uruguay. ISBN: 978-9974-0-1085-7.
- [19] COELHO, G.C., ARAUJO, M.J.E. AND SCHENKEL, E.P. (2002). Population diversity on leaf morphology of Maté (*Ilex Paraguariensis* St.-Hil., Aquifoliaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(1) : 47-51.

-
- [20] CROTTI, L.C., SCHMALKO, M.E. AND SURKAN, S.A. (2002). Influencia de las características físicas de las ramas en el tiempo de residencia en secaderos rotatorios. IX Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Buenos Aires, 7-9 de Agosto, 4.29.
 - [21] PILATTIA, D., JOHANNB, G., PALÚA, F., DA SILVA, E.A. (2015). Evaluation of a concentrated parameters mathematical model applied to drying of yerba mate leaves with variable mass transfer coefficient. Applied Thermal Engineering. In Press. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.02.139.
 - [22] PERRY, R.H. AND GREEN, D.W. (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition, McGraw Hill.
 - [23] KREITH, F. AND BOHN, M. (1997). Principles of Heat Transfer, 5th Edition, West Publishing Company.
 - [24] SCHMALKO, M.E., MORAWICKI, R.O. AND RAMALLO, L.A. (1997). Simultaneous determination of specific heat and thermal conductivity using the finite-difference method. Journal of Food Engineering, 31: 531-540.
 - [25] SCHMALKO, M.E., RAMALLO, L.A AND MORAWICKI, R.O. (1996). A comparison of the diffusion model and the response surface method (RSM) in estimating the drying time of *Ilex Paraguariensis*. Latin American Applied Research, 26: 215-220.
 - [26] RAMALLO, L.A., POKOLENKO, J.J., BALMACEDA, G.Z. AND SCHMALKO, M.E. (2001). Moisture diffusivity, shrinkage, and apparent density variation during drying of leaves at high temperatures. International Journal of Food Properties, 4(1): 163-170.
 - [27] HOLOWATY, S.A., RAMALLO L. A., SCHMALKO, M. E. (2012). Intermittent Drying Simulation in a Deep Bed Dryer of Yerba Maté. Journal of Food Engineering 111, pp 110-114. ISSN: 0260-8774.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

HUMEDAD, CENIZAS Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN MIELES DE CATAMARCA

José Daniel Cordoba, Becario CIN 2015, UNCa, daniel-cr@outlook.com

Jorge Luis Molina, UNCa, toromol602@gmail.com

Susana Beatriz Molina, FACEN UNCa, susamolina@hotmail.com

Viviana del Valle Quiroga, FACEN UNCa, vquirogadb@gmail.com

Susana Beatriz Fiad, FACEN UNCa, susanafiad502@hotmail.com

Resumen— La miel es un alimento producido por las abejas que liban el néctar de las flores, transforman, combinan, almacenan y dejan madurar en los panales de la colmena. El principal cambio en este proceso es la pérdida de agua: del 80-85% de humedad en el néctar hasta la miel que no debe superar el 20%. El contenido en agua de una miel es una de sus características más importantes, influye en la viscosidad, conservación y peso específico. La variedad de composición de la miel se refleja también en su contenido mineral o cenizas (máximo 0,6%) que guarda relación con el tipo de miel, contenido en polen de la misma y sólidos insolubles. Se encontró una correlación entre la conductividad eléctrica de la miel y su contenido en cenizas. Los tres parámetros humedad, cenizas y conductividad hacen referencia al grado de madurez de la miel, su procedencia y la manera de extracción. El objetivo fue establecer la calidad de la miel según su grado de madurez y limpieza. Se trabajó con 10 mieles de Catamarca cosecha verano 2015-2016. Se empleó metodología oficial. Los valores de humedad oscilaron entre 16,21 y 17,20; cenizas entre 0,13 y 0,38 y conductividad entre 3,01 y 4,08.

Palabras clave— *miel-madurez- limpieza.*

Introducción

La miel se define como la sustancia dulce elaborada por las abejas a partir del néctar de las flores, [1]. La transformación del néctar a miel se produce debido a cambios físicos (un proceso de evaporación donde el néctar pierde 1/3 de su contenido de humedad durante su almacenamiento en la colmena), y químicos (acción de enzimas que las obreras adicionan al néctar, como es la invertasa), hidrolizando la sacarosa presente en el néctar a glucosa y fructosa, [2], conocido como proceso de maduración que está influenciado por la temperatura interna del panal y la aireación provocada por el aleteo constante de las abejas, permitiendo que la miel alcance el porcentaje de humedad adecuada, es decir menor a 20% [3], indicando que la miel está lista para ser cosechada [4]. Cuando el proceso de elaboración ha finalizado, las abejas sellan las celdillas con la miel mediante una fina capa de cera que hay que eliminar para su extracción (desoperculado). Se considera que un panal está maduro, listo para la extracción de la miel, cuando al menos el 75% de sus celdillas se encuentran selladas, porcentaje que se eleva a 100% en las regiones húmedas [5]. Tras el desoperculado la extracción se realiza mediante procedimientos más o menos mecanizados según la producción de cada apicultor y que van

desde un simple escurrido de los panales hasta el empleo de centrifugadoras manuales o con motor, pasando por el prensado y filtrado posterior. Los distintos métodos de extracción influyen en la miel y en concreto en lo que a su contenido en cenizas se refiere. La influencia del método de extracción se acentúa cuanto mayor es la viscosidad de la miel y por lo tanto se hace más difícil sacarla de los panales.

La miel es el único endulzante que puede ser almacenado y usado tal cual es producido en la naturaleza, no requiere purificación alguna. Es necesario conservar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales que caracterizan al producto a la salida de la colmena y garantizar su permanencia, a través de buenas prácticas en el proceso de extracción, envasado y comercialización [6].

El consumo de alimentos ha experimentado una serie de cambios, principalmente en lo que se refiere a la información que el consumidor demanda sobre su calidad, valor nutritivo y características sensoriales, que aumenta las exigencias en los controles de los alimentos [7]. La miel no escapa a esta demanda y se cotiza mejor en el mercado cuanto más detallada sea su información nutricional junto con las descripciones sensoriales su origen floral y sus propiedades fisicoquímicas.

Las principales características que definen una miel son: el color, el aroma, el flavour, grado de cristalización, cuerpo y composición química [8],[9]. La composición dependerá principalmente de dos factores: el néctar de origen y los factores externos como son las condiciones climáticas, los métodos de extracción, el tiempo y condiciones de almacenamiento, así como las características y tipo de suelo [10],[11]. Además las enzimas presentes en la miel (amilasa, invertasa y glucosa oxidasa), los ácidos orgánicos y otros componentes cambian sus características organolépticas y fisicoquímicas, [12].

Entre las propiedades fisicoquímicas de mayor influencia en la conservación de la miel, se encuentra el contenido de agua puesto que influye en la viscosidad, en el peso específico y color, condicionando así la conservación y cualidades organolépticas, [13]. También el peso específico y el color dependen del contenido de agua, condicionando así su conservación y sus cualidades sensoriales. Es importante la relación de este factor con la tendencia a la granulación de la miel puesto que esta última influye en su fermentación: la granulación aumenta el contenido de agua libre, haciendo a la miel más susceptible de ataques microbianos y fúngicos [14]. La humedad es un indicador de madurez en la miel [15]. Aún después de la cosecha, la miel puede aumentar su contenido de humedad debido a la característica de higroscopicidad que le permite absorber humedad del ambiente [16] o bien disminuirla por efecto de la temperatura en el proceso de descriptalizado.

La variedad de composición de la miel se refleja también en su contenido mineral o cenizas (0,1- 1%) que guarda relación con el tipo de miel, contenido de polen de la misma y sólidos insolubles, relacionado con el método de extracción [17]. El Reglamento Técnico del Mercado Común del Sur (MERCOSUR) y el Código Alimentario Argentino (CAA) [18] incluyen la determinación del contenido en cenizas como un parámetro relativo a su limpieza aceptando un máximo de 0,6% para mieles de flores. Si bien, el porcentaje de elementos minerales en la miel es bajo, algunos autores lo consideran importante desde el punto de vista alimenticio [19] [20]. El contenido de cenizas ha sido propuesto como parámetro indicador de adulteración de mieles con melazas [21]. El parámetro tradicionalmente utilizado para medir el contenido de minerales es la cantidad de cenizas presentes en las muestras de miel. Durante mucho tiempo, el contenido de minerales se ha determinado mediante el ensayo de cenizas por calcinación. Sin embargo, este método es muy inexacto puesto que el peso del crisol que se utiliza, es mucho mayor que el de las cenizas resultantes de la calcinación de la muestra. Además este procedimiento requiere un considerable tiempo de manipulación de la muestra, hasta la determinación

definitiva. Varios autores han propuesto la sustitución de este método por la medida de la conductividad eléctrica, de evaluación más rápida y sencilla con resultados que muestran buena repetitividad de los datos, (como parámetro indicador de la calidad de mieles [22], [23].

La miel puede considerarse un conductor eléctrico secundario, ya que contiene sales minerales, ácidos orgánicos y aminoácidos que le confieren esta propiedad. La conductividad eléctrica de la miel está relacionada con el contenido en sales minerales, ácidos orgánicos proteínas y polioles y también con el color, ya que algunas sales minerales pueden contribuir con este parámetro [24]. La conductividad que depende del contenido de minerales disueltos en el agua de miel permite una medición mucho más rápida y menos costosa que la de cenizas. La correlación descrita entre la conductividad eléctrica de la miel y su contenido en cenizas ha sido propuesta y aceptada entre los investigadores como el parámetro a medir y es el que se usa actualmente [25], [26]). Existe una relación lineal entre el contenido de cenizas y la conductividad eléctrica [27], dada por la ecuación (1)

$$C = 0,14 + 1,74.A \quad (1)$$

donde C es la conductividad eléctrica en Siemens/cm y A es el contenido de cenizas en %.

Los tres parámetros medidos en este estudio humedad, cenizas y conductividad hacen referencia al grado de madurez de la miel, su procedencia y la manera de extracción. El objetivo de este trabajo fue establecer la calidad de la miel según su grado de madurez y limpieza.

Materiales y Métodos

Se trabajó con 10 muestras de mieles de la región del valle central de Catamarca recolectadas en la temporada primavera-verano 2015-2016. Las muestras obtenidas fueron remitidas al laboratorio en envases plásticos de 100 ml con cierre hermético, conservándose a temperatura ambiente.

Para determinar el contenido de la humedad en la miel se empleó el método refractométrico que consiste en medir su índice de refracción a 20°C mediante un refractómetro ABBE, marca ATAGO y se calculó el porcentaje de humedad utilizando la tabla de Chataway [28]

El contenido de cenizas se determinó por calcinación según el método oficial AOAC [29] para lo cual a una muestra de miel de 5 g fue colocada en un crisol previamente calcinado y tarado. Se calcinó en mufla a 550°C y posteriormente se pesó el residuo, hasta valor constante y se calculó el porcentaje.

La determinación de la conductividad eléctrica se basa en la medición de la resistencia eléctrica, siendo la conductividad (γ) el valor recíproco de la resistividad [30]. Para el análisis, se utilizó una muestra de miel homogeneizada libre de impurezas, preparando con ella una solución de 20 g de miel anhidra en 100 mL de agua bidestilada y se utilizó un conductímetro específico para miel marca HANNA rango 1 μ S/cm.

Resultados y Discusión

Al analizar los resultados obtenidos para la humedad, tabla 1, puede verse que los porcentajes de humedad que presentaron las muestras se encuentran dentro de los valores permitidos tanto por el CAA, que acepta un máximo del 18%, como por el máximo establecido por el MERCOSUR que es de un 20%, destacándose que el valor máximo obtenido para el análisis de humedad (17,20%) está lejos de estos valores. Por otra parte, el 90 % de las muestras presentan valores por debajo de 17,1 % indicado por Belitz [31] como límite de riesgo de fermentación ya que los valores de actividad acuosa, en las mieles con ese porcentaje de humedad. permiten el desarrollo de microorganismos osmofílicos.

El contenido de agua en las muestras analizadas manifiesta una tendencia poco variable, figura 1. El contenido de humedad es el único criterio de composición de la miel, que debe ser cumplido como parte de los estándares de la miel de abejas para su comercialización, ya que mieles con mayores contenidos de humedad que los establecidos por la normativa vigente podrían inducir procesos de fermentación.

Tabla 1. Valores obtenidos para el índice de refracción y humedad

Muestra N°	Índice de Refracción	Humedad %
m1	1,4942	16,81
m2	1,4962	16,23
M3	1,4858	16,21
m4	1,4855	16,36
m5	1,4858	16,21
m6	1,4961	16,28
m7	1,4929	17,20
m8	1,4958	16,31
m9	1,4962	16,87
m10	1,4912	17,07

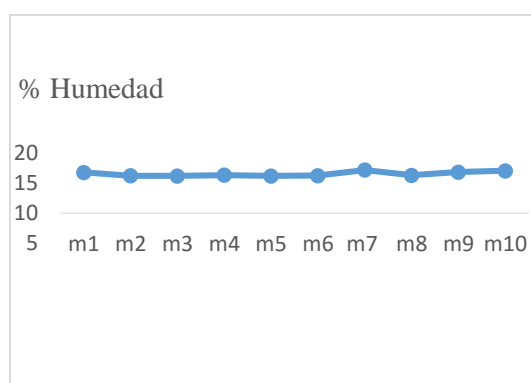


Figura 1. % de humedad en las mieles analizadas
Fuente: elaboración propia

El contenido de cenizas no sobrepasó en ningún caso el 0,6 % y la conductividad de todas las muestras arrojaron valores menor a 0,8 mS/cm, tabla 2, en ambos casos dentro de los límites establecidos tanto por el CAA como por el Reglamento Técnico del MERCOSUR para mieles de flores.

Tabla 2. Valores de cenizas y conductividad de las muestras

N° de Muestra	Cenizas %	Conductividad mS/cm
1	0,09	0,325
2	0,08	0,223
3	0,22	0,431
4	0,06	0,210
5	0,11	0,263
6	0,07	0,221
7	0,05	0,205

8	0,14	0,342
9	0,06	0,208
10	0,05	0,205

Los valores medidos y calculados por la ecuación 1, para la conductividad eléctrica se aprecian en la tabla 3, advirtiéndose que para las mieles analizadas se cumple con la relación lineal descrita por Piazza [27].

Tabla 3. Valores de conductividad medido y calculado

Muestras	Conductividad medida mS/cm	Conductividad calculada mS/cm
1	0,325	0,2966
2	0,223	0,232
3	0,431	0,428
4	0,210	0,244
5	0,263	0,281
6	0,221	0,241
7	0,205	0,209
8	0,342	0,356
9	0,208	0,210
10	0,205	0,212

Con respecto a la correlación obtenida entre contenido de cenizas (%) y la conductividad (mS/cm), se evidencia una relación lineal (figura 2) expresada por el modelo:

Conductividad eléctrica (mS/cm)= 0,1345 +1,3844 cenizas (%), con un $R^2=0,8772$, coincidiendo con lo expresado por Bianchi [25].

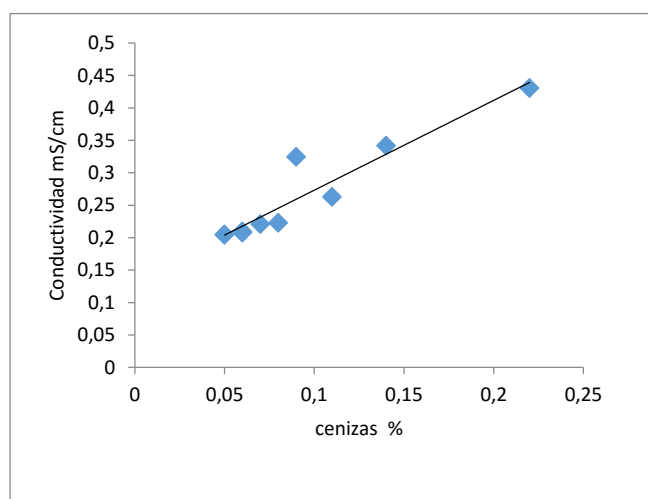


Figura 2. Correlación% de humedad en las mieles analizadas
Fuente: elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

A partir de los resultados se puede decir que las muestras de mieles del valle central de Catamarca, cosecha primavera verano de 2015-2016, muestran valores de humedad que indican que su grado de madurez es óptimo y que tienen baja tendencia a la fermentación, de acuerdo a los límites establecidos tanto por el CAA como por .

Se aprecia que los valores de los contenidos de cenizas y los de la conductividad son muy bajos lo que indicaría que, por una parte una pequeña cantidad de elementos minerales están presentes en las mieles analizadas y por otra, una buena manipulación por parte del apicultor en cuanto a la limpieza en el momento de la extracción y que todas son muestras que corresponden a mieles de flores.

Para establecer una conclusión definitiva acerca las mieles de Catamarca se debería tener más datos de los parámetros fisicoquímicos y realizar el estudio palinológico para determinar el origen floral de las mismas.

Referencias

- [1] Crane, E. (1980). *Abook of honey*.Oxford Univ Press.308p
- [2] Dustmann J. (1993) *Honey, quality and its control*. Ame Bee J, n 9, p. 648-651.
- [3] *Comisión del CODEX Alimentarius*. (1995).Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Normas revisadas del CODEX para los azúcares y la miel., CL 1995/5-
- [4] Bradbear, N. 2005. Folleto de la FAO sobre diversificación v 1. La apicultura y los medios de vida sostenibles. Roma s. e. 70 p.
- [5] Cervera, S. S., y Cervera, M. M. S. (1994). Valores de acidez (libre lactónica y total) y pH de las mieles de La Rioja. Zubía, n. 12, p. 193-204.
- [6] Caporgno J. (2010). Una experiencia para imitar en el agro argentino. Manual de procedimientos de BPM correspondientes al sistema de calidad de producción de miel. Disponible: <http://www.infogranjas.com.ar/index.php/publicaciones-institucionales/287>, consultado diciembre de 2014
- [7] Nascel L.(2011). El mercado de la miel: una paradoja de complejidad y simpleza. Libro de Resúmenes Apimondia ,n 57.
- [8] White J. (1979).Composición y propiedades de la miel. Mc Gregor SE. Mexico. Limusa.
- [9] Francis C. y F. Gontier. (1983). El libro de la Miel. Madrid.Edaf.
- [10] Crane, E. (1975). The World honey Production. In «Honey. A Comprehensive Survey» Ed. Heinemann, London, p. 141-153.
- [11] Haydee L. (1989). Análisis de calidad de miel. Alimentos, v.14,n.4, p.55-60.
- [12] Acquarone C.A.(2004) Parámetros fisicoquímicos de mieles relación entre los mismos y su aplicación potencial para la determinación del origen botánico y/o geográfico de mieles argentinas. Tesinas de ciencias Exactas y Naturales de Belgrano
- [13] Piana G. Ricciardelli G. Isola A. (1989). La miel. Ediciones Mundi-Prensa .Madrid, p. 21-45
- [14] Baldi, B. (2010). La miel: una mirada científica. Entre Ríos. Eduner
- [15]. Corbella E., D. Cozzolino, G. Ramallo y M. Maidana. (2002). Calidad de mieles de Uruguay. El país agropecuario, p. 25-28.
- [16] Suescún, L. y P. Vit. (2008). Control de la calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. Fuerza farmacéutica v.12, n.1, p. 6-15.
- Vit, P., M.G. Gutiérrez, A. J. Rodríguez Malaver, G. Aguilera, C. Fernández Díaz y A.E. Tricio. 2009. Comparación de mieles producidas por la abeja yateí (*Tetragonisca fiebrigi*) en Argentina y Paraguay. La plata 43(2).
- [17] Piana G. Ricciardelli G. Isola A. (1989). La miel. Ediciones Mundi-Prensa .Madrid, p. 21-45
- [18] Código Alimentario Argentino (1995). Reglamento Técnico del Mercado Común del Sur (MERCOSUR) de identidad y calidad de miel.GMC.Res.N015/94 incorporada por Resolución MSyAS N°003, Boletín Oficial 11701/95.

- [19] Francis C. y F. Gontier. (1983). El libro de la Miel. Madrid.Edaf.
- [20] Pros J. (1987). Virtudes curativas de la miel y el polen, Barcelona.
- [21]. Serra J., Gomez A. Gonell J. (1987). Composición, propiedades físico-químicas y espectro polínico de algunas mieles monoflorales de España. Alimentaria, n. 185, p. 61-84.
- [22] Balanza M.E.(2003). Parámetros Físicos y Químicos de Relevancia para la tipificación de la miel producida en la provincia de Mendoza (Argentina). Tesis Doctoral
- [23] Persano Oddo L. Piro R. (2004). European unifloral honeys: descriptive sheets. Basilea: Technical Report from the international Honey Commission.
- [24] Colosimo J. ; Galetti V. (2012) Evaluación de la conductividad eléctrica y otros parámetros fisicoquímicos en mieles monoflorales de lotus y eucalipto. V Jornadas CyTAL UNT Facultad Regional de Villa María, Córdoba argentina.
- [25] Bianchi E.M.(1989).Determinación del contenido de sustancias minerales (% cenizas) en la miel por conductimetría. Publicaciones de la Universidad de Santiago del Estero. Buenos Aires.
- [26] Sancho M.T., Muniategui S. Huidobro J.F., Simal J. (1991). Miel del país Vasco III: agua y azúcares. Anales de la Bromatología, XLIII-1p. 101-112.
- [27]Piazza, M.G., Accorti, M. y Persano Oddo, L. (1991). Electrical conductivity, ash, colour and specific rotatory power in Italian unifloral honeys. Apicultura n. 7, p. 51-63.
- [28] Chataway H. (1932). *Canadian Journal Research* n.6, p.532-547.
- [29] AOAC(1995). Official Methods of Analysis (16th ed). Ch.44, p 20-40, MD: AOAC international.
- [30] IRAM 15945: 1999. Miel. Determinación de la conductividad eléctrica. Editado por Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.
- [31] Belitz, H.A. y Grosch,W.(1998). Química de los alimentos. Acribia. Zaragoza.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE FILTRACIÓN DE CERVEZA

Nancy M. J. Martínez Amezaga, Grupo UTN QuiTEx (Química Teórica y Experimental), IQUIBA-NEA- UNNE, CONICET, Facultad Regional Resistencia UTN, jimena@frre.utn.edu.ar

Elisa I. Benítez, Grupo UTN QuiTEx (Química Teórica y Experimental), IQUIBA-NEA- UNNE, CONICET, Facultad Regional Resistencia UTN, ebenitez@frre.edu.ar

Nélida M. Peruchena, IQUIBA-NEA- UNNE, arabeshai@yahoo.com.ar

Gladis L. Sosa, Grupo UTN QuiTEx (Química Teórica y Experimental), IQUIBA-NEA- UNNE, CONICET, Facultad Regional Resistencia UTN, glsoa@frre.utn.edu.ar

Jorge E. Lozano, PLAPIQUI (UNS-CONICET), jlozano@plapiqui.edu.ar

Resumen

A pesar del desarrollo de nuevos métodos, la filtración tradicional con kieselguhr como ayuda filtrante, continúa siendo el principal método para la clarificación de cerveza. Sin embargo, a nivel mundial, la disposición final del kieselguhr utilizado presenta cada vez más controles, dificultando esta práctica. Teniendo en cuenta esta dificultad se requiere optimizar la cantidad de ayuda filtrante en función de la filtrabilidad. Se modeló la filtrabilidad en función de las variables turbidez y viscosidad de la cerveza filtrada, por ser las más influyentes. Se encontró el punto máximo de filtrabilidad donde los valores de turbidez y viscosidad optimizan la velocidad de filtración que corresponde a 1 NTU y 1,63 mPa.s para una cantidad de tierra de diatomea de 0,0354 g/cm². Se pretende que los datos obtenidos sirvan para repetir la experiencia a escala industrial y con distintos tipo de ayudas filtrantes y diferentes granulometrías, permitiendo analizar la influencia de cada variable sobre el flujo de filtrado.

Palabras clave

Cerveza, Filtración, Viscosidad, Turbidez.

1. Introducción

La cerveza, previo a su filtración, contiene una concentración significativa de partículas en suspensión que incluyen levaduras, restos celulares y otros agregados tales como los formados por proteínas y polifenoles, tan pequeños que cuentan con tamaños inferiores a un micrón. Tanto las partículas visibles a simple vista como las de menor tamaño deben ser eliminadas por filtración, puesto que, en caso contrario, las últimas formarán una turbidez conocida como velo postenvasado. Estos factores dificultan y limitan las tecnologías adecuadas para la filtración de cerveza.

El método tradicional de filtración con ayudas filtrantes, particularmente con tierra de diatomeas o kieselguhr, presenta una gran presión para ser eliminado del proceso de cervecería que seguirá creciendo por motivos ambientales [1]. La eliminación del kieselguhr usado para este fin es considerado un problema, principalmente por el costo que implica. La disposición del mismo como relleno sanitario tiene cada vez más controles, dificultando esta práctica. En Alemania, por ejemplo, se lo toma como un desecho químico, lo cual encarece aún más su utilización [2]. Por ello resulta necesario plantear una manera de relacionar la composición de la cerveza con la reducción de flujo de filtrado para una dada cantidad de ayuda filtrante, con suficiente información como para ser utilizada en la industria. Se busca encontrar un modelo tal que permita predecir el comportamiento del flujo de filtrado para una

determinada cantidad de ayuda filtrante y reducir o aumentar esa cantidad de manera de utilizar una concentración óptima en cada caso.

A partir de la ecuación de la ley de Darcy [3], se sabe que el flujo de filtrado a través del filtro es inversamente proporcional a la viscosidad del fluido permeado, en este caso, la cerveza filtrada, por lo cual esta variable es un factor evidentemente importante en este diseño. Por otro lado, la turbidez está relacionada con la cantidad de partículas dispersas en el líquido. Estudios similares a este trabajo han analizado la influencia de los diferentes polisacáridos sobre la viscosidad, pero no así, su influencia sobre la filtrabilidad. Por lo tanto, es posible formular un modelo de ajuste de los datos en función de las dos variables más influyentes, turbidez y viscosidad de la cerveza filtrada, y predecir la filtrabilidad para una cierta cantidad de tierra de diatomeas.

2. Materiales y Métodos

2.1- Equipo para el análisis de filtrabilidad

Para poder filtrar con tierra de diatomeas se requiere de un filtro a presión, que es un equipo que tiene en su interior varios discos o platos horizontales cubiertos con telas, por las cuales pasa el líquido a filtrar. La filtración consiste en cubrir dichas telas con una capa de ayuda filtrante, haciendo circular por el filtro, por medio de una bomba, una suspensión de tierra de diatomeas en agua. Una vez formada la “precapa”, con la misma bomba se comienza a pasar cerveza a través de la misma.

El equipo de filtración utilizado se esquematiza en la Figura 1, el cual imita una etapa de un filtro de hojas horizontal. Está compuesto de 2 embudos büchner de polipropileno superpuestos, de manera tal que el flujo de cerveza circule a través del filtro. En el modelo final (Fig. 2) se utilizaron bridas y cierres de goma para mantener los cambios en la presión a medida que se formaba la capa de sólidos filtrados y disminuyendo el flujo de filtrado, y a su vez, para evitar pérdidas de cerveza.

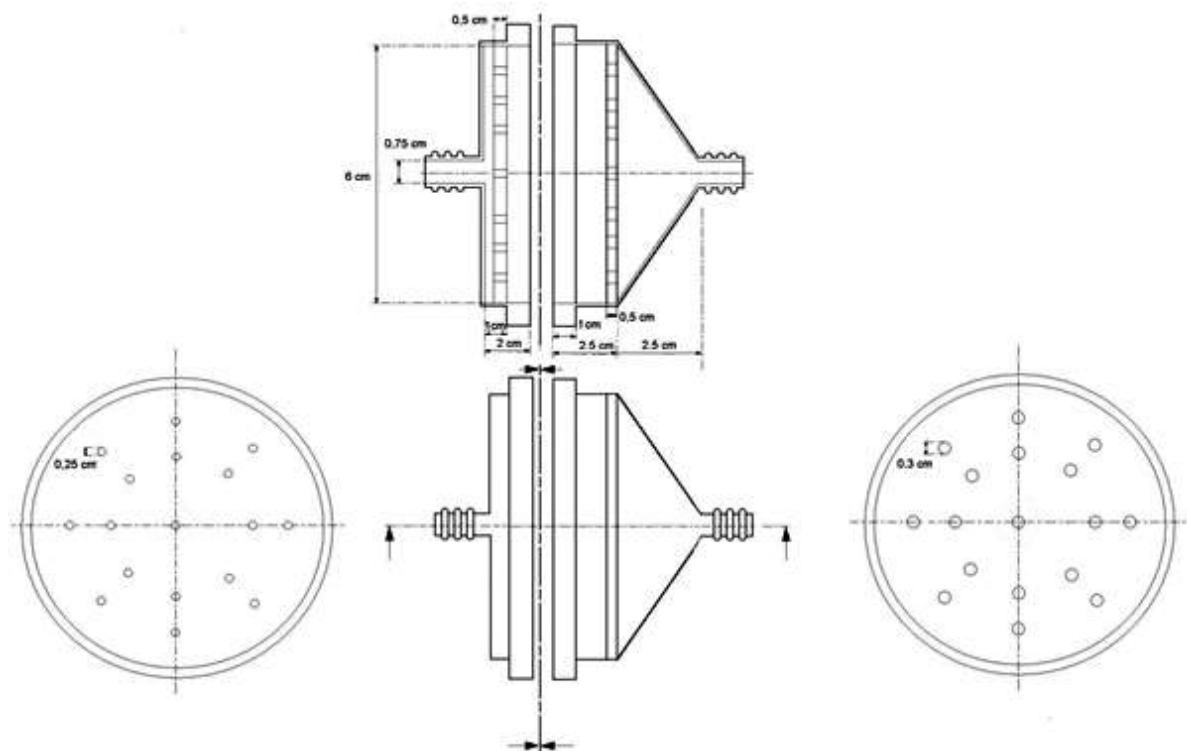


Figura 1- Modelo del equipo de filtración a escala piloto diseñado, cuenta con un soporte sobre el cual se colocar la precapa de tierra de diatomeas.

Para la preparación de la precapa (Fig. 3) se utilizaron tierras de diatomeas (Standard Super-Cel, porosidad media = $3,5\ \mu\text{m}$, permeabilidad = $2,8 \times 10^{-13}\ \text{m}^2$, Refil, Argentina) sobre soporte de tela de 6 cm de diámetro. La misma se formó haciendo circular una solución de agua destilada con 1 gramo de tierras, a través del soporte, utilizando una bomba de vacío Marca Waterlink, Modelo ACM 5R, Caudal de $5\ \text{m}^3/\text{h}$ y un vacío de $0,03\ \text{kPa}$.



Figura 2 - Equipo de filtración escala Piloto.



Figura 3 - Precapa de Tierra de diatomeas.

2.2- Preparación de las muestras

Para la preparación de las muestras a evaluar se siguió el proceso representado en la Figura 4. Dado que fue necesario conseguir una cerveza con una viscosidad y turbidez mayor, con el objetivo de evaluar desde mayores valores de flujo de filtrado a los esperados, se utilizó la mitad del agua necesaria en el proceso global de elaboración de cerveza y un fermentador más pequeño. Se preparó un volumen total de 10 L de cerveza. La turbidez alcanzada luego del reposo, descrito en el proceso global fue de $99,0 \pm 0,4$ NTU. La concentración de levaduras, de $16,25 \times 10^3$ cel/mL, es decir, se mantiene inferior a 2×10^5 cel/mL. Por debajo de este último valor debe encontrarse una cerveza para poder realizar una filtración en condiciones óptimas [4]. Las partículas coloidales fueron aisladas en primer lugar por centrifugación y las restantes fueron recuperadas sobre membranas de microfiltración, dado que, según describe Buttrick [5] el proceso de microfiltración se requiere de una centrifugación previa, caso contrario las membranas se obstruyen.

Para precipitar y separar las partículas que luego se utilizaron para agregar a las muestras hasta alcanzar la turbidez deseada se utilizó una centrífuga de mesa, marca Zelian, modelo Tyfon II (ZTO-2415, industria Argentina) a una velocidad de 3600 rpm en 24 tubos de 15 ml de capacidad.

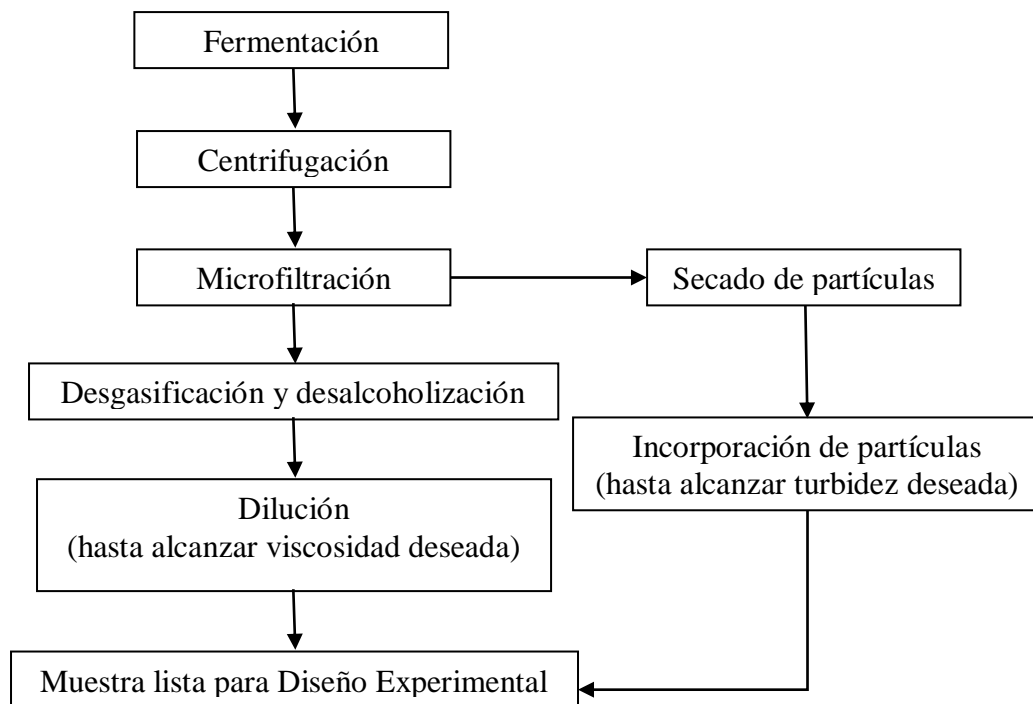


Figura 4- Representación esquemática de la preparación de las muestras.

Una vez aisladas las partículas, fueron secadas al vacío a 60 °C y redisueltas en las muestras de viscosidades conocidas. Estas muestras fueron obtenidas como sigue: la cerveza microfiltrada, luego de la separación de las partículas fue desgasificada y desalcoholizada por calentamiento de la muestra a 60 °C durante 2 horas. La viscosidad de esta muestra fue de 1,91 mPa.s. Se prepararon las muestras para el diseño de experimento reduciendo esta viscosidad con agua destilada. Una vez alcanzada la viscosidad requerida por el diseño se resuspendieron en las muestras las partículas coloidales aisladas hasta obtener las turbideces reportadas en el diseño de experimentos. Los valores de viscosidad utilizados están entre 1,45

y 1,91 mPa.s, ya que son los valores que pueden ser encontrados en cerveza a temperatura ambiente [6]. Se formularon 9 modelos de cerveza de 200 ml por triplicado.

2.3- Evaluación de la Filtrabilidad

Los datos de velocidad de filtración fueron calculados a partir de los valores de volumen de cerveza que atravesaba el filtro en función del tiempo, datos que fueron recogidos a partir de la primera gota de filtrado. Se tomaron los valores de tiempo (Δt) cada 10 ml de cerveza filtrada (ΔV), para un volumen total de 200 ml. Se representaron, para cada ensayo de filtrabilidad, la velocidad de filtración definida como la relación $\Delta V/\Delta t$ en función del tiempo. Esta variable, a medida que transcurre la filtración, aumenta y luego de un cierto tiempo comienza a descender debido al ensuciamiento de la torta. El punto en el cual se registra la máxima variación del volumen en función del tiempo se denomina velocidad máxima de filtración (V_F) y se toma este valor como representativo del proceso de filtración, para cada ensayo de filtrabilidad [7].

Luego del ensayo de filtración se controlaba el estado de la torta, ya que en caso de que se encontrara rota o con alguna falla, las lecturas no serían representativas de la filtrabilidad de la muestra.

3. Resultados y Discusión

3.1- Diseño experimental

Los experimentos fueron realizados al azar a fin de minimizar la variabilidad debida a factores no controlables durante la realización del experimento. La Tabla 1 muestra los niveles de las variables independientes y la matriz del diseño experimental junto a sus respuestas. Se realizaron 14 experimentos de filtrabilidad (V_F) variando la viscosidad y la turbidez.

Tabla 1- Valores de viscosidad y turbidez junto a los valores experimentales de filtrabilidad.

Nº de experimento	Orden de Corrida	Variables del proceso		Filtrabilidad
		Viscosidad η (mPa.s)	Turbidez τ (NTU)	V_F (mL/min)
1	9	1,55	20,00	265,77
2	13	1,85	20,00	243,49
3	10	1,55	80,00	223,38
4	7	1,85	80,00	212,05
5	11	1,49	50,00	244,11
6	3	1,91	50,00	218,38
7	12	1,70	7,57	265,91
8	5	1,70	92,43	212,77
9	6	1,70	50,00	253,83
10	8	1,70	50,00	245,99
11	2	1,70	50,00	253,39
12	14	1,70	50,00	247,69
13	4	1,70	50,00	253,56
14	1	1,70	50,00	252,49

3.2- Interpretación gráfica de las interacciones del modelo

Las figuras 5 y 6 contienen las gráficas de las respuestas para la viscosidad y la turbidez frente a la respuesta de la V_F , respectivamente. En ellas se muestran claramente los efectos de estos parámetros en la respuesta y sus interacciones. En la figura 5 pueden observarse que los valores de filtrabilidad obtenidos para valores bajos de viscosidad, aquí la filtrabilidad máxima se encuentra en un punto posterior al valor mínimo de viscosidad. Este hecho podría explicarse teniendo en cuenta la energía de interacción entre agregados. Cuando las partículas se encuentran en baja concentración los choques entre ellas por el movimiento Browniano son menos frecuentes y se encuentran dispersas en el medio líquido. A medida que la concentración de partículas aumentan y por lo tanto la frecuencia de choques aumenta se comienzan a agregar y a medida que sucede la filtración bloquean los poros del medio filtrante. Para los valores menores de filtrabilidad, por baja viscosidad, es probable que las partículas aisladas generen resistencia dentro de los poros de la ayuda filtrante y por ello la filtrabilidad se reduzca, en este caso no alcanzándose a formar agregados coloidales. Sin embargo, mayores estudios se requieren para verificar esta posible hipótesis.

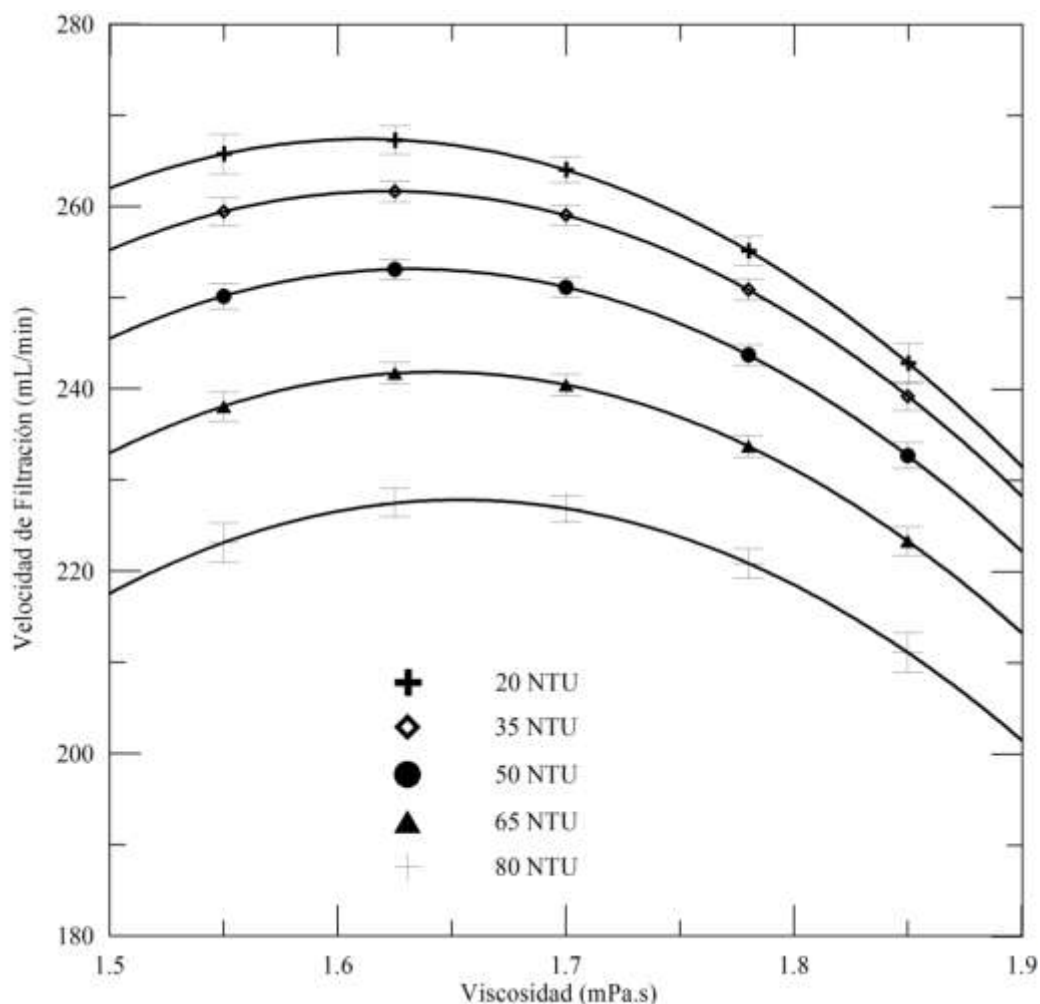


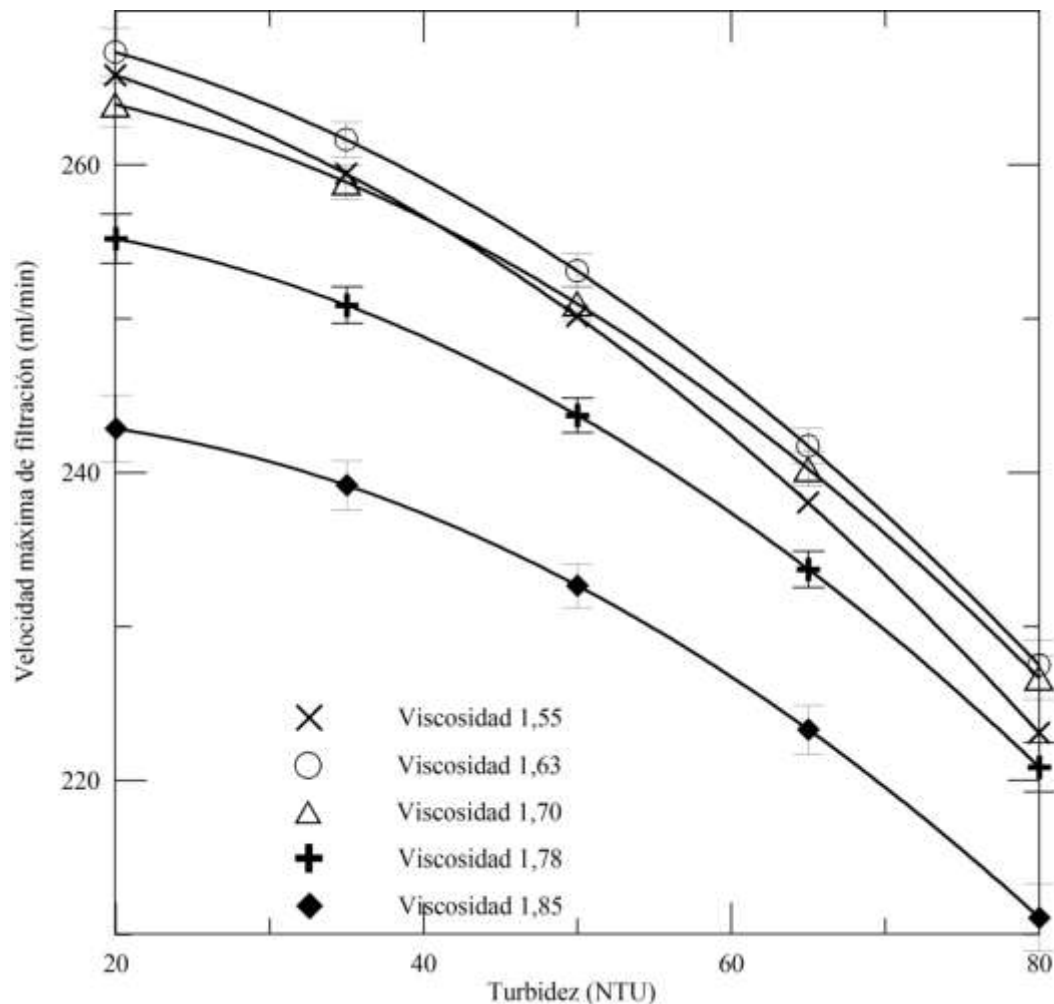
Figura 5- Velocidad de filtración vs Viscosidad para valores crecientes de turbidez.

En la Tabla 2 y en la Figura 5, se puede observar cómo cae la filtrabilidad a medida que los valores de Turbidez aumentan. Para una viscosidad de 1,55 mPa.seg, la V_F decae en un 16,07%, para una viscosidad de 1,7 mPa.seg decae un 14,10% y para una viscosidad de 1,85 decae un 13,08%, todos para el rango 20 a 80 NTU. Es decir, a menor viscosidad es más importante el efecto de la turbidez sobre la filtrabilidad.

Tabla 2- Variación de la velocidad de filtración (mL/min) a diferentes valores de turbidez, a viscosidad constante.

Viscosidad (mPa.s)	Turbidez (NTU)				
	20	35	50	65	80
1,55	265,84 ± 2,19	259,43 ± 1,58	250,17 ± 1,41	238,07 ± 1,58	223,12 ± 2,19
1,63	267,33 ± 1,56	261,65 ± 1,16	253,12 ± 1,12	241,75 ± 1,16	227,53 ± 1,56
1,70	264,09 ± 1,41	259,05 ± 1,12	251,16 ± 1,13	240,42 ± 1,12	226,85 ± 1,41
1,78	255,20 ± 1,60	250,88 ± 1,18	243,72 ± 1,13	233,72 ± 1,18	220,87 ± 1,60
1,85	242,87 ± 2,19	239,19 ± 1,58	232,67 ± 1,41	223,31 ± 1,58	211,10 ± 2,19

De estas gráficas se observa que a mayores valores de turbidez, mayor es la curvatura de la V_F para los diferentes valores de viscosidad. Por otro lado, a medida que aumenta la viscosidad aumenta la V_F , como puede ser observado en la Figura 5, al encontrar en la zona de turbidez igual a 80 NTU los menores valores de V_F .

**Figura 6-** Velocidad de filtración vs Turbidez para valores crecientes de viscosidad.

Ahora bien, teniendo en cuenta ambas variables, la turbidez podría convertirse en un factor controlable, a diferencia de la viscosidad, teniendo en cuenta los posibles tratamientos previos a la filtración, que en este caso se optaron por evitar con el fin de mantener valores altos de

turbidez, se concluye que, en el caso de la industria sería aconsejable manejar los períodos de reposo y realizar una operación de centrifugación, de manera de disminuir estos valores hasta que se logren las mejores condiciones de operación, reduciendo la obstrucción de la torta a valores razonables.

3.3- Localización del punto máximo

Existe un punto donde los niveles de viscosidad y turbidez optimizan la respuesta predicha (V_F). Este punto se encuentra donde las derivadas parciales de las ecuaciones, obtenidas a partir de las gráficas 5 y 6, se hacen cero [8].

$$\frac{\partial \text{Filtrabilidad}}{\partial \eta} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \text{Filtrabilidad}}{\partial \tau} = 0 \quad (2)$$

Como se observa en la figura 5 la filtrabilidad máxima no se encuentra a valores bajos de viscosidad, seguramente por el tamaño de las partículas que se espera encontrar debido al movimiento browniano a dichas viscosidades, como se explica anteriormente. De la Figura 5 se obtiene un valor máximo promedio de las curvas de filtrabilidad vs viscosidad igual a 1,63 mPa.s. Es por ello, que este valor teórico obtenido de 1,63 mPa.s es un valor esperado, pues concuerda con lo obtenido experimentalmente (y observado en dicha gráfica). De la Figura 6 se obtiene un valor máximo promedio de las curvas de filtrabilidad vs turbidez igual a 1 NTU. Dado que el Código Alimentario Argentino prevé valores de turbidez menores 3 FTU (o 3 NTU) para la cerveza filtrada, una turbidez de entrada a la etapa de filtración de 1 NTU sería ilógica y fuera del rango de trabajo, por lo cual se lo toma sólo como un máximo teórico.

4. Conclusiones y recomendaciones

El modelo aquí planteado ha permitido modelar el flujo de filtrado identificando las influencias de las variables más representativas del proceso. Asimismo el diseño constituye un punto de partida para comprender la influencia de las variables más importantes en el proceso de filtración: la turbidez y la viscosidad. Con este diseño fue posible obtenerse un valor máximo de filtrabilidad a un valor de teórico de turbidez de 1 NTU, que se encuentra fuera del rango de trabajo, por lo cual, por cuestiones de practicidad sería conveniente trabajar a valores de turbidez mayores, evaluando de este modo el comportamiento de la filtrabilidad respecto de los valores ideales esperados. Por otro lado, se encuentra un valor de viscosidad superior al mínimo, 1,63 mPa.s, para el cual la filtrabilidad es máxima. Este hecho podría explicarse teniendo en cuenta la energía de interacción entre agregados y podría indicar un cambio en el mecanismo ensuciamiento de la torta filtrante.

Sería conveniente evaluar este modelo a mayores volúmenes de muestra filtrándolas durante un tiempo mayor, de manera de poder analizar el comportamiento de la filtrabilidad en el tiempo y poder evaluar mejor los porcentajes de la reducción de velocidad de filtrado. Otro factor que también debería analizarse es el uso de diferentes espesores y permeabilidad de la torta. Por lo cual, este modelo constituye un punto de partida para realizar futuras evaluaciones sobre el proceso de filtración con el proceso convencional. También podría utilizarse este modelo con otros tipos de tecnologías de filtración, realizando una comparación con el método convencional.

5. Referencias

- [1] FREEMAN, G.J. (2015). Reducing microbial spoilage of beer using filtration. *Brewing Microbiology. Food Science, Technology and Nutrition*. Woodhead Publishing Series. Campden BRI, Nutfield, Surrey, UK, v.11, p. 241–251.
- [2] BUTTRICK, P. (2007). Filtrarion – the facts: a survey of systems and methods. *The Brewer and Distiller International*, V. 3, Issue 12, p. 12–19.
- [3] BERK, Z. (2013). Filtration and Expression. *Food Process Engineering and Technology* (2nd Ed.). C. 8, P. 217–240
- [4] BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A. Y STEVENS, R. (2004). Beer Maturation and Treatments. *Brewing Science and Practice*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge (UK). p 881.
- [5] BUTTRICK, P. (2010). Choices, choices: beer processing and filtration. *Brewer and Distiller International*, V 6, p. 10–16.
- [6] JONKOVA G., SURLEVA A. (2013). Impact of Polysaccharides of Malt on Filterability of Beer and Possibilities for their Reduction by Enzymatic Additives. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. V. 48, Issue 3, P. 234-240
- [7] SADOSKY, P.; SCHWARZ P. B. y HORSELY R. D. (2002). Effect of arabinoxylans, b-glucan, and dextrans on the viscosity and membrane filterability of a beer model solution. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, V 60, p. 153–162.
- [8] MONTGOMERY, D. C. (2001). Design and Analysis of Experiments. 5th ed. Wiley, New York. P. 427-430.

DISEÑO Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE GRANOS

Sampallo Guillermo Manuel, UTN - FRRe, gsampallo@gmail.com

Rodrigues Da Fonseca Claudio, UTN - FRRe, dafonseca@gmail.com

Aquino Dominga, UTN - FRRe, domyaquino@yahoo.com.ar

Liska Diego Orlando, UTN - FRRe, diegoorlandoliska@gmail.com

Cleva Mario Sergio, UTN - FRRe, clevamario@hotmail.com

Resumen— En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de una plataforma para analizar la calidad de granos. La plataforma está compuesta por dos componentes principales: un montaje electromecánico y un software. Ambos componentes trabajan en forma sincronizada. En la plataforma se distribuyen los granos sobre una cinta transportadora con un vertedor hasta completar la superficie de la banda superior de la misma, entonces la cinta se detiene y se registra una imagen color de la muestra de granos, este proceso se repite hasta completar la muestra contenida en el vertedor.

El montaje electromecánico consiste de un vertedor de granos calibrado, una cinta transportadora, un sistema de iluminación y una cámara digital, se emplea una placa Arduino para sincronizar los elementos del montaje.

El software permite controlar el funcionamiento de la plataforma y procesa las imágenes empleando técnicas de visión artificial, y un sistema experto identifica y evalúa las características que definen la calidad de los granos. El software se desarrolló en JAVA, permite flexibilidad en el montaje, es amigable y genera dos tipos de informes, uno de tipo individual por grano y otro global de la muestra.

Palabras clave— *plataforma, visión por computadora, granos, calidad.*

1. Introducción

Usualmente el análisis de los granos se hace por inspección visual de un operador experto. Debido a lo tedioso y repetitivo de la tarea, el operador tiene altas posibilidades de cometer errores de distintos tipos. La forma convencional de medir las longitudes que definen el tamaño del grano (largo y ancho) es utilizando un calibre. La medición se realiza grano por grano en una muestra representativa y, en general, no quedan registros individuales del proceso, es decir, a tal grano le corresponde estas medidas de largo y ancho. Para hacer una evaluación de los porcentajes de granos defectuosos, éstos son extraídos de una muestra de control en forma manual y comparados con los porcentajes máximos admitidos según la calidad.

La determinación de la forma, tamaño y aspecto se puede realizar empleando un sistema de visión artificial (SVA) que permite a través de un sistema experto clasificar en forma automática la calidad, en forma rápida y eficiente, evitando las subjetividades de un operador humano. Los sistemas de visión artificial actualmente se emplean en diferentes áreas. Básicamente están constituidos por una cámara, PC y un software que permite adquirir y procesar la imagen con el fin de obtener información de los objetos contenidos en ella.

La técnica de procesamiento digital de imágenes (PDI) es tratada en la bibliografía especializada [1], [2], [3] y [4]. Su aplicación al análisis y control de la calidad de alimentos está en crecimiento constante. El desarrollo de algoritmos que conducen a obtener descriptores característicos y a partir de ellos hacer una clasificación de la calidad es un tema de permanente estudio, revisión y aplicación en el área de alimentos agrícolas.

En el análisis de granos el uso de los SVA es frecuente para el caso de granos de arroz. Qing Yao, Jianhua Chen, Zexin Guan, Chengxiao Sun, Zhiwei Zhu [5], emplean una cámara CCD de resolución 1280 x 1021 pixel, lente (16mm, F1.4) y una disposición geométrica fija para analizar muestras de aproximadamente 50 granos de 21 variedades de arroz. Determinaron el alto y ancho promedio de cada muestra empleando el método de “minimum enclosing rectangle”. Este método define una región rectangular que contiene a cada grano, con lo cual se pierde información del verdadero contorno del grano. También determinaron el porcentaje de granos yesosos, empleando la entropía máxima del histograma de nivel de gris de cada grano, pero no discriminaron entre granos panza blanca y yesoso. No hacen una integración de estos resultados para definir la calidad de los granos. Sampallo et al. [6] y [7] analizan la morfología de los granos de arroz empleando la firma de los contornos de los granos y presentan un esquema de control de calidad para granos de arroz pulidos.

En el mercado específico está disponible un analizador de arroz (S21) desarrollado por Suzuki [8] que vierte los granos sobre un plano inclinado y emplea SVA para analizar los granos de arroz.

En este trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma que realiza el control de calidad de varios tipos de granos empleando SVA. La plataforma está compuesta por un vertedor de granos, una cinta transportadora, un sistema de iluminación y una cámara digital. Todos estos elementos están sincronizados para permitir hacer registros sucesivos de imágenes de fracciones de una muestra de granos contenida inicialmente en el vertedor. Este conjunto de imágenes es el insumo de una aplicación que procesa las imágenes de los granos sobre la cinta y determina las características morfológicas de los granos. Con estas características se determina la calidad de la muestra.

2. Materiales y Métodos

La plataforma está compuesta por los siguientes componentes principales: montaje electromecánico, sistema de sincronización y Software de Procesamiento Digital de Imágenes (SPDI).

2.1 Montaje electromecánico.

El montaje electromecánico está compuesto por cuatro partes fundamentales: una cinta transportadora, un vertedor de granos, un sistema de iluminación y una cámara digital.

La cinta transportadora está soportada por una estructura metálica en la cual está fijo en un extremo un eje de 30 mm de diámetro. En el otro extremo hay un eje móvil de 25 mm de diámetro, lo que facilita el intercambio de la cinta. Como elemento de transporte se empleó

goma EVA de 3 mm espesor y como elemento motor se utilizó un motor paso a paso modelo pm551-048-hpb7. El eje motor es el eje fijo. La cinta tiene además dos interruptores de posición marca Saia modelo XCH9-81-S4.

El vertedor de granos se construyó en base a un validador de teléfono. Se agregó una rampa de carga y otra de descarga móviles, las cuales permiten el ajuste del ángulo que forman con el plano de la cinta. El accionamiento del vertedor se realiza a través de una bobina de núcleo móvil de 3.5 W. El vertedor se encuentra integrado a la estructura de la cinta transportadora a través de una plataforma regulable en altura. La capacidad del mismo es de 50 gramos.

Como sistema de iluminación se utiliza un tubo fluorescente circular de 23W, luz día, ubicado a una altura adecuada respecto del plano de la cinta.

Para la adquisición de la imagen se utiliza una cámara web Genius eFace 2025. La cámara está ubicada de modo que toda la superficie útil de la cinta quede expuesta.

Como fuente de alimentación del sistema se utiliza una fuente que entrega 24V 5A y 5 V 2A.

La vista del montaje puede verse en la Figura 1.

El esquema de conexión eléctrico de los diversos elementos se muestra en la Figura 2.

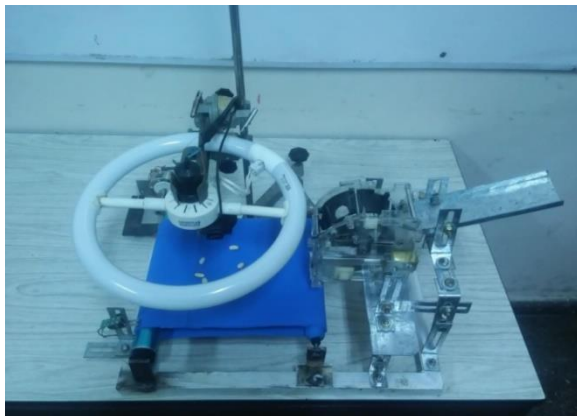


Figura 1. Montaje Electromecánico

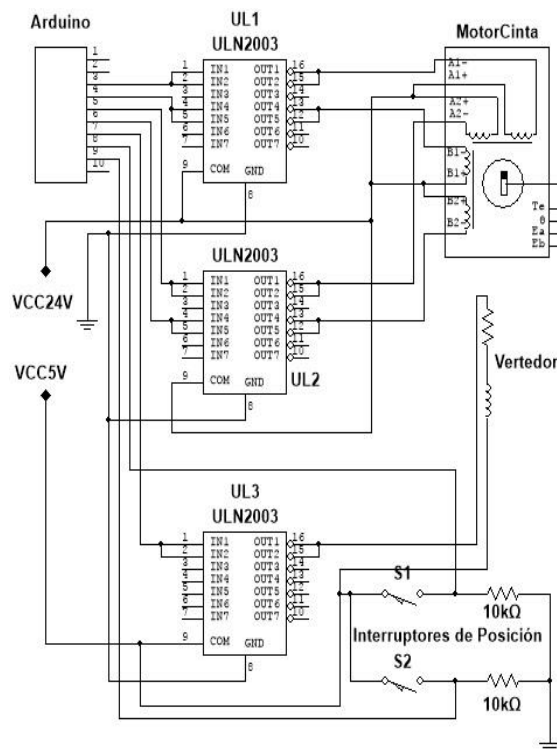


Figura 2. Esquema de Conexiones Eléctricas

2.2 Sistema de Sincronización.

El sistema de sincronización está compuesto por un módulo de control de componentes y un módulo de comunicación serial con el SPDI. Ver Figura 3.

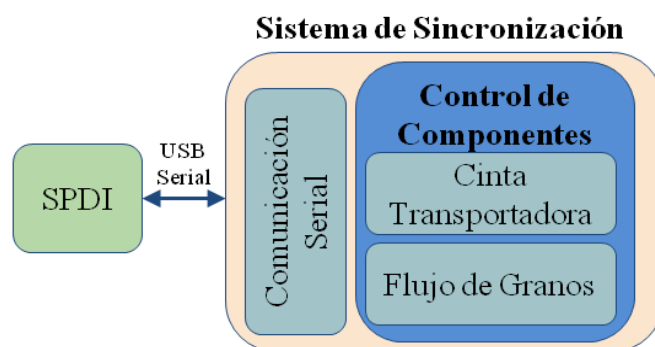


Figura 3. Módulos del Sistema de Sincronización

La sincronización se realiza por medio de un programa en lenguaje nativo que se ejecuta en una placa Arduino Mega 2560 [9].

2.2.1 Módulo de comunicación serial.

El módulo de comunicación serial se usa para lograr la integración entre el módulo de control de componentes y el SPDI. Emplea instrucciones nativas del Arduino para recibir y enviar señales, desde y hacia el SPDI.

En la Tabla 1 se detallan las señales de integración necesarias.

Tabla 1. Señales de Integración

Nombre	Función
Iniciar Ciclo	Es la orden que se recibe desde el SPDI para iniciar un ciclo de análisis.
Ciclo Completo	Es la señal que se envía al SPDI para indicar que la cinta ha realizado un ciclo completo y que se puede capturar la imagen.

2.2.2 Módulo de control de componentes.

El módulo de control de componentes tiene dos funciones principales: (a) el manejo de las piezas mecánicas para el movimiento de la cinta transportadora y, (b) el control del flujo de granos.

El programa maneja un motor paso a paso que mueve la cinta transportadora hasta recibir una señal digital, indicando que se avanzó la cinta hasta la posición deseada para obtener la imagen de los granos sobre ella.

El motor paso a paso está conectado al eje motor y se utiliza una secuencia del tipo medio paso para lograr mayor precisión [10]. La velocidad de la cinta transportadora está dada por el retardo entre los pasos de activación de las bobinas del motor.

El flujo de granos se controla a través del envío de una señal digital desde el Arduino al vertedor, el cual gira vertiendo los granos sobre la cinta transportadora en movimiento, hasta que se reciba otra señal digital indicando que se detenga.

2.2.3 Ciclo de análisis.

El ciclo de análisis se inicia cuando se recibe la orden desde el SPDI (señal Iniciar Ciclo) para que comience a desplazarse la cinta, luego cuando se recibe una señal digital del montaje electromecánico se activa el vertedor para que comience a distribuir los granos sobre la cinta transportadora. La cinta se desplaza con los granos hasta que se recibe otra señal digital del montaje electromecánico indicando que tanto la cinta como el vertedor de granos deben parar.

A continuación, el programa del Arduino debe enviar una señal al SPDI (señal Ciclo Completo), indicando que la cinta se encuentra en la posición deseada para que el SPDI capture la imagen. Este ciclo de análisis continúa mientras el SPDI envíe una señal de Iniciar Ciclo.

La secuencia de estados válidos que se tienen en cuenta en el sistema de sincronización son los que se muestran en la Figura 4.

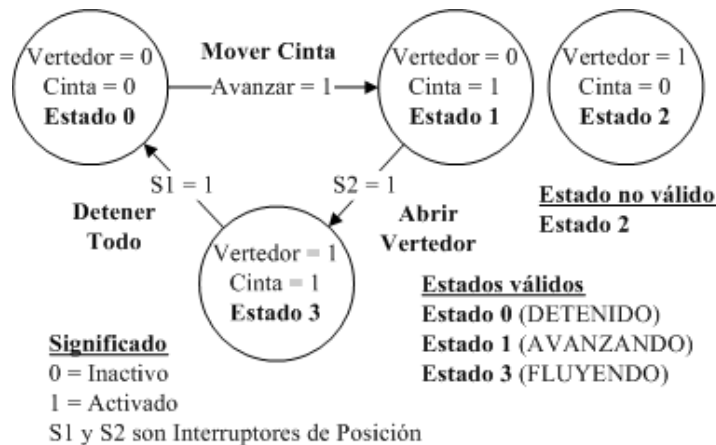


Figura 4. Secuencia de estados del sistema de sincronización.

2.3 Software de Procesamiento Digital de Imágenes.

Es una aplicación para PCx64 y su desarrollo está basado en la plataforma Java. Además se integran otros componentes a modo de librerías de terceros, las cuales se utilizan como están (“as is”) debido a que son reconocidas en la comunidad por su calidad y fiabilidad. A continuación se detallan las librerías en la Tabla 2.

Tabla 2. Librerías del SPDI

Nombre	Función en el Sistema
Open Source Computer Vision (OpenCV) versión 3.0 [12]	Captura las imágenes desde la cámara conectada a la computadora donde se ejecuta SPDI.
JFreeChart versión 1.0.19 [13]	Presentación gráfica de los datos para el usuario (Histogramas, tabular, en coordenadas cartesianas o polares, etc.)
Java Simple Serial Connector (JSSC) versión 2.7.0 [14]	Gestión de la comunicación serial para la transmisión de las señales entre el SPDI y el sistema de sincronización.

El SPDI es la parte del sistema que realiza el procesamiento de las imágenes de la muestra de granos. Su misión principal es la de generar informes sobre la calidad de la muestra de granos. Ha sido diseñado con tres módulos: (a) Interfaz Humano-Máquina, (b) Coordinación con el sistema de sincronización, y (c) Procesamiento de Imágenes. Ver Figura 5.

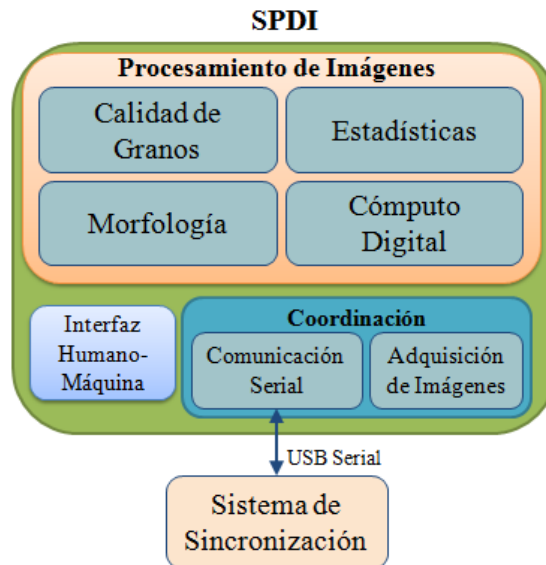


Figura 5. Módulos del SPDI

2.3.1 Interfaz Humano-Máquina

El SPDI está diseñado para que el operador utilice el software a través de pantallas interactivas. La Figura 6 muestra la pantalla principal del sistema con un menú para acceder a las operaciones que se pueden realizar sobre las imágenes de granos. Mediante la opción “Análisis de Muestra” el operador inicia el proceso de análisis de una muestra de granos (más detalles en sección 2.4).

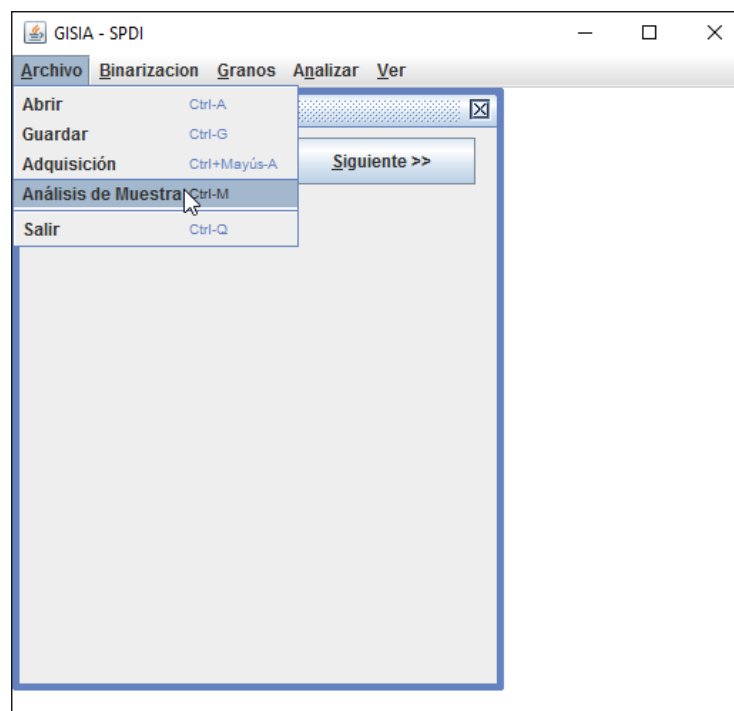


Figura 6. Interfaz Humano-Máquina

2.3.2 Coordinación con el sistema de sincronización

La coordinación con el sistema de sincronización se logra a través de un conjunto de funciones para integrar el montaje electromecánico con el procesamiento de las imágenes.

Estas funciones proveen los datos para visualizar en pantalla el estado del proceso de análisis y de los componentes, tales como la cámara y la placa Arduino. Ver Figura 11.

2.3.3 Procesamiento de Imágenes

El módulo procesamiento de imágenes incluye las funciones necesarias para analizar en detalle cada imagen capturada. La Figura 7 muestra la secuencia del proceso que se realiza cada vez que se recibe la señal Fin de Ciclo. Como última etapa se almacenan los resultados de la imagen. Estos resultados parciales son utilizados para generar el informe final una vez finalizado el análisis de la muestra.

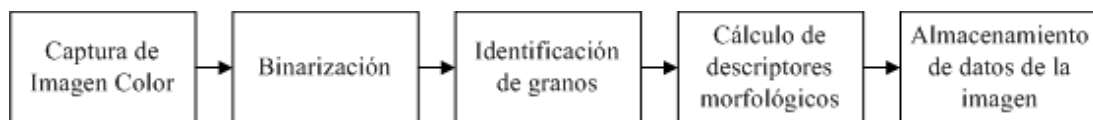


Figura 7. Secuencia de pasos para el procesamiento de las imágenes

2.4 Proceso de Análisis de la Muestra

En el diagrama de flujo de la Figura 8 se detalla la secuencia completa del proceso de análisis de la muestra.

- 1°. **Inicio:** el proceso se inicia cuando el usuario inicia la aplicación SPDI.
- 2°. **Selección del Tipo de Grano:** el usuario selecciona el tipo de grano que desea procesar. Esta selección determinará las condiciones físicas para el procesamiento adecuado de las imágenes. Ver Figura 9.
- 3°. **Acondicionamiento para el adecuado flujo de granos:** es una presentación por pantalla de las indicaciones, según el tipo de grano, para que el operador configure los elementos físicos, tales como la cinta, el vertedor, la iluminación y la cámara. Ver Figura 10.
- 4°. **Inicio del Proceso:** una vez que el operador da la orden de inicio del proceso (Ver Figura 11) se inicia una secuencia automática de:
Envío de la orden Iniciar Ciclo → Captura de la imagen → Procesamiento de Imágenes
- 5°. **Envío de la orden Iniciar Ciclo:** es la orden (señal) que se envía al sistema de sincronización para iniciar un ciclo de análisis de una muestra de granos.
- 6°. **Captura de la Imagen:** al recibir la señal Ciclo Completo, la cual indica que la cinta se encuentra en la posición deseada, se captura la imagen. Ver Figura 12.
- 7°. **Determinar fin de la muestra:** se analiza la imagen del ciclo actual buscando la presencia de granos. Si en la imagen hay granos presentes, se emite una señal para iniciar un nuevo ciclo en la cinta transportadora (5° paso) y se continúa con el 8° paso. En caso contrario, se realiza el 9° paso.
- 8°. **Procesamiento e informe del Ciclo de análisis:** Si la muestra no ha finalizado, se realiza el procesamiento detallado de la imagen capturada, se almacenan dichos resultados y se genera un informe de los granos analizados.
- 9°. **Procesamiento e informe Final de la Muestra:** si en el 7° paso no se encuentran granos en la imagen analizada, se realiza el procesamiento final de la muestra y se presenta por pantalla el informe final de la misma.

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran las pantallas del SPDI que dan soporte al proceso descripto anteriormente.

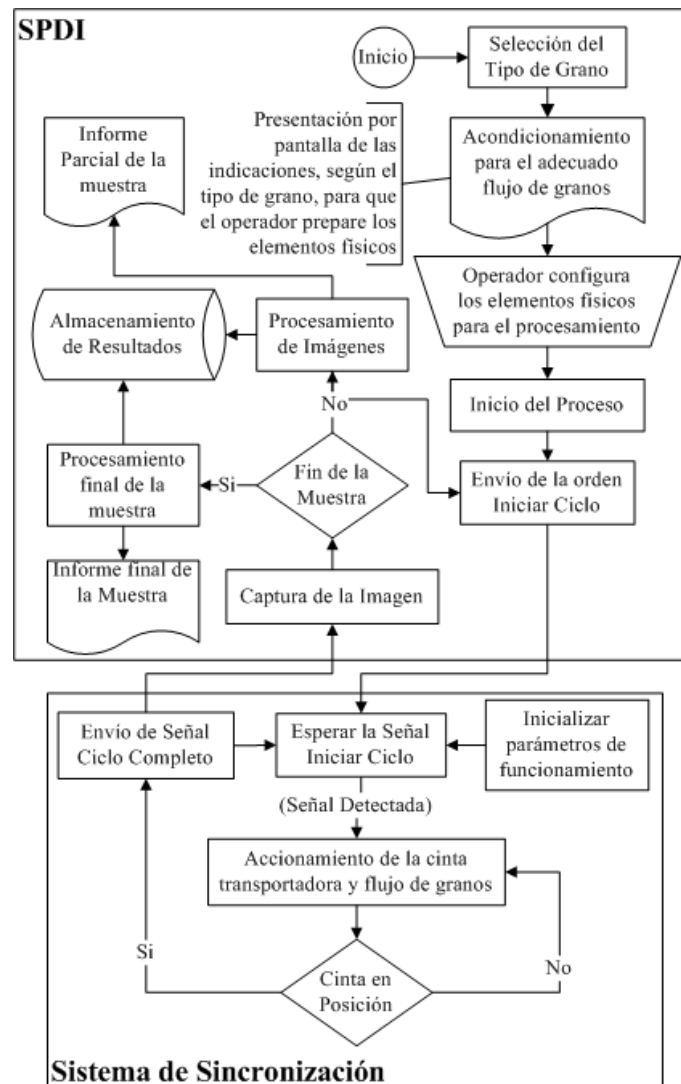


Figura 8. Proceso de Análisis de la Muestra

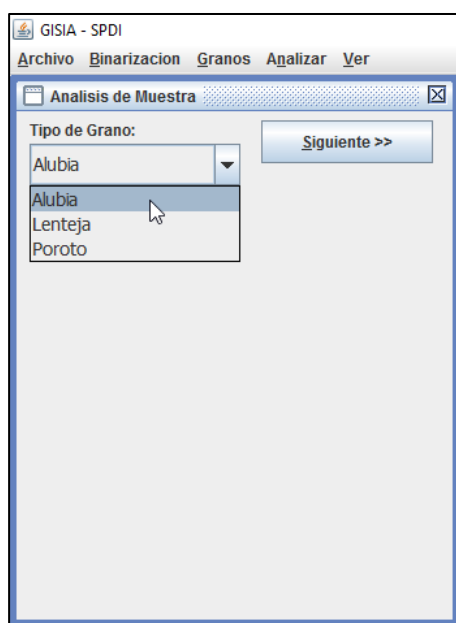


Figura 9. Selección del tipo de grano

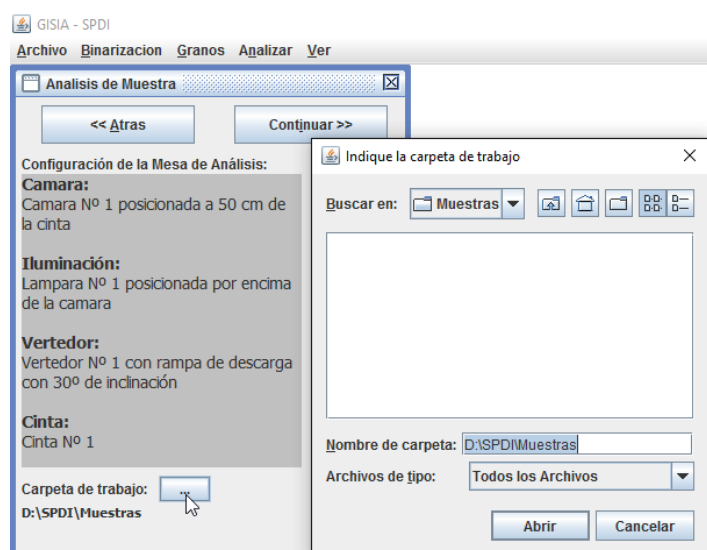


Figura 10. Configuración de los elementos físicos

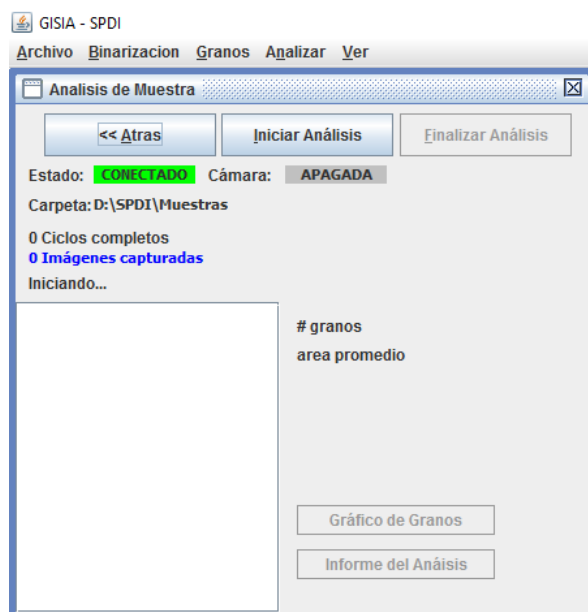


Figura 11. Inicio del ciclo de análisis

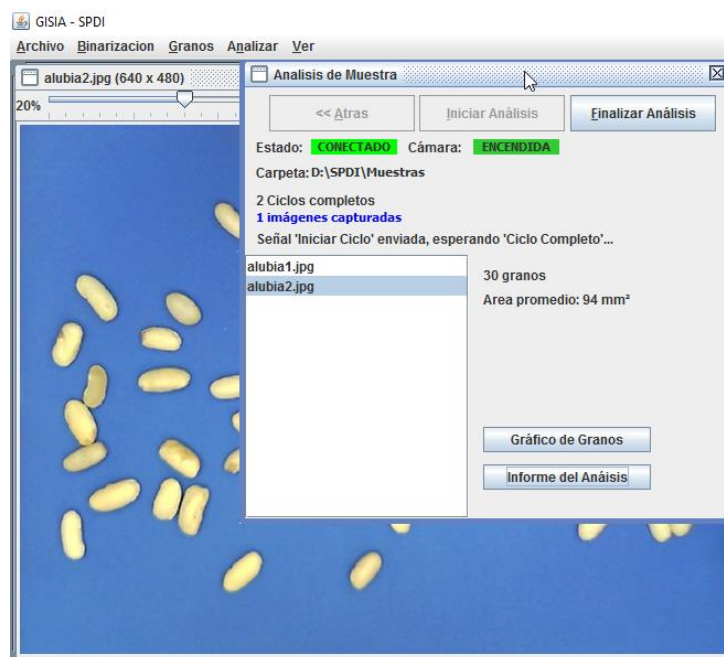


Figura 12. Resultados del ciclo de análisis

3. Resultados y Discusión

El sistema se probó para analizar dos tipos de granos: alubia y poroto manteca. Se consideraron estos tipos de granos por ser de tono claro y formas diferentes.

Para el grano de alubia, la Figura 12 presenta la pantalla del SPDI luego de haber finalizado el ciclo completo. En ella se observa que al seleccionar una imagen de la muestra de granos, el sistema calcula automáticamente el número de granos presentes y el área promedio de los mismos.

Luego haciendo clic en el botón **Gráfico de Granos**, se accede a la pantalla mostrada en la Figura 13. En ella se presenta en forma de gráfico de barras la información morfológica individual de los granos de la muestra, obtenida de la secuencia de imágenes capturadas.

En el gráfico **Area (mm²)**, la altura de la barra representa el área proyectada de cada grano y en el eje de las abscisas se indica el número de grano analizado.

De manera similar, en los gráficos **Ancho (mm)** y **Largo (mm)** se representan el ancho y el largo que posee cada grano, respectivamente.

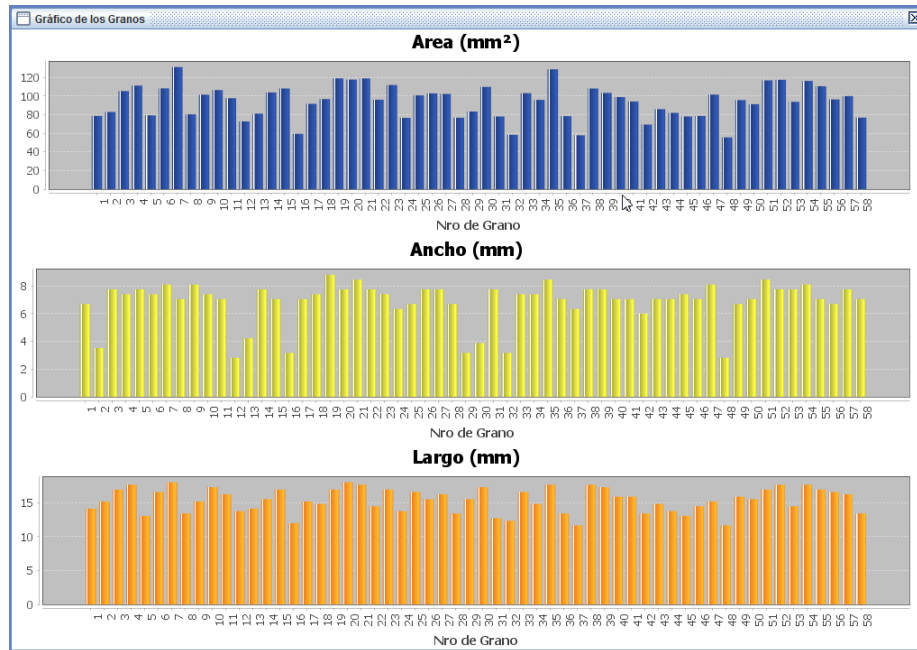


Figura 13. Gráfico de los granos

La Figura 14 presenta el informe del análisis de la muestra de los granos de alubia. Dicho informe se genera al hacer clic en el botón **Informe del Análisis**. Ver Figura 12.

En el informe se presenta el número total de granos, los valores promedios del área, ancho, alto y perímetro de los granos analizados. Además, los valores del factor de forma 1 definido en (1) y los valores del factor de forma 2 definido en (2).

$$\text{Factor de Forma 1} = 4\pi \frac{\text{área}}{\text{perímetro}^2} \quad (1)$$

$$\text{Factor de Forma 2} = \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \quad (2)$$

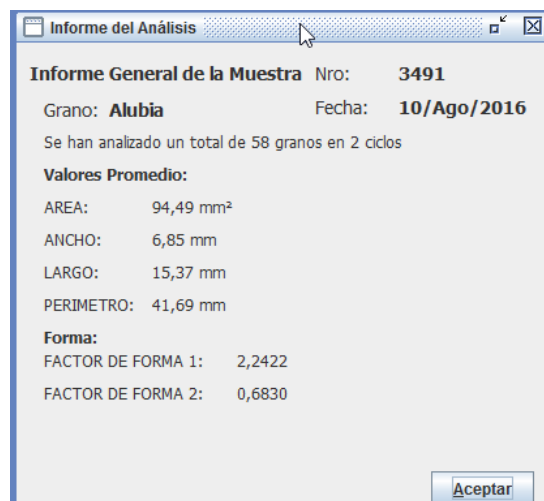


Figura 14. Informe de una muestra analizada

En las Figuras 15 y 16 se presenta similar información correspondiente al análisis de los porotos manteca.

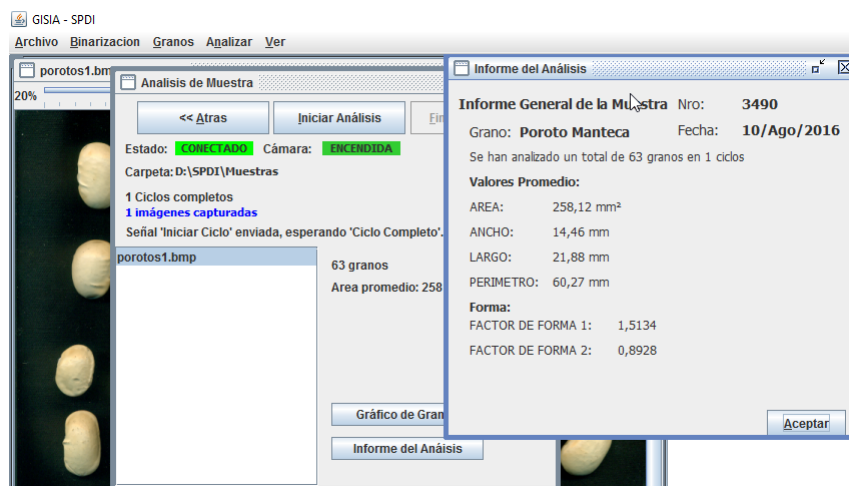


Figura 15. Informe de una muestra analizada de porotos manteca

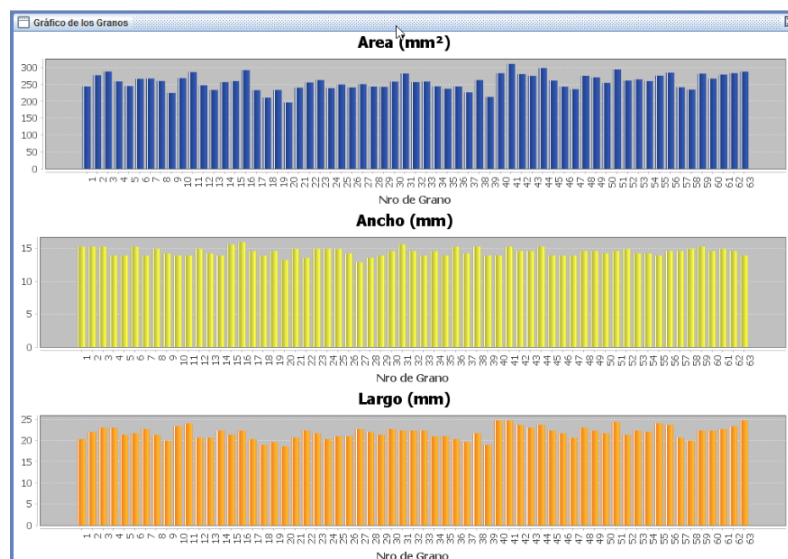


Figura 16. Gráfico del análisis de los porotos manteca

4. Conclusiones y recomendaciones

En la construcción del montaje electromecánico prototipo se utilizaron materiales reciclados de otros equipos. El uso de estos materiales permitió un montaje de bajo costo.

En el desarrollo del sistema de sincronización se utilizó una placa Arduino a fin de preservar el bajo costo de la implementación. El software del Arduino se realizó en open software.

Todo el desarrollo del SPDI se realizó en software libre al igual que las librerías utilizadas, esto permitió que el costo del proyecto sea reducido.

El SPDI realizó un análisis de muestras de granos de alubia y poroto manteca, obteniéndose resultados morfológicos satisfactorios. Queda pendiente la implementación y análisis de muestras de otros granos.

En el diseño del SPDI se consideró que el perfil del operador del sistema no era experto en sistemas informáticos, más bien un experto en granos por lo tanto su manejo es intuitivo y sencillo.

El sistema actualmente permite obtener información morfológica de muestras de granos a partir de un conjunto de imágenes, con la cual es posible generar un informe global de la muestra y otro particular de cada ciclo de análisis.

El desarrollo presenta los resultados sobre los granos de alubia y poroto manteca, reconfigurando el hardware es factible extender a otros granos.

5. Referencias

- [1] GONZÁLEZ, R. Y WOODS R. Tratamiento Digital de Imágenes. Prentice Hall. 3era edición (2007)
- [2] PARKER J.R. Practical Computer Vision. Editorial J. Wiley & Sons Inc (N.Y.- USA) 1994
- [3] CASTLEMAN, K. Digital image processing. Ed Prentice Hall (1996)
- [4] DUDA, R., HART, P. Y STORK, D. Pattern Classification. 2ª ed. John - Wiley & Sons. (2001)
- [5] QING YAO, JIANHUA CHEN, ZEXIN GUAN, CHENGXIAO SUN, ZHIWEI Zhu. Inspection of rice appearance quality using machine vision. Intelligent Systems. GCIS'09. WRI Global Congresson (Volume:4). 19-21 May 2009. ISBN: 978-0-7695-3571-5
- [6] SAMPALLO GUILLERMO, GONZÁLEZ THOMAS ARTURO, ACOSTA CRISTIAN, CLEVA MARIO. Medida de las Característica morfológicas de granos de arroz empleando procesamiento de imágenes. La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - en el Nordeste Argentino – N.E.A. Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia. Editorial Edutecne ISBN N° 978-987-27897-0-1 (2011).
http://www.edutecne.utn.edu.ar/investigacion_fr_res/investigacion_fr_res.html
- [7] SAMPALLO GUILLERMO, GONZÁLEZ THOMAS ARTURO, ACOSTA CRISTIAN, CLEVA MARIO Sistema de control de calidad de granos de arroz pulidos empleando visión por computadora. Pág. 326. XIV Workshop de Investigadores en Ciencia de la Computación 2012: WICC 2012. Compilado por Horacio Daniel Kuna. - 1a ed.- Posadas: Universidad Nacional de Misiones, E-Book. 30/03/2012. ISBN 978-950-766-082-5
- [8] <http://www.conarroz.com/pdf/10Herramientasdigitales.pdf> Consulta 6/06/2016
- [9] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560> Consulta 9/05/2016

[10] <http://www.todorobot.com.ar/tutorial-sobre-motores-paso-a-paso-stepper-motors/>
Consulta 22/05/2016

[11] Java SE <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html> Consulta 3/05/2016

[12] OpenCV <http://opencv.org/> Consulta 3/05/2016

[13] JFreeChart <http://www.jfree.org/jfreechart/> Consulta 3/05/2016

[14] JSSC <https://code.google.com/archive/p/java-simple-serial-connector/> Consulta 3/05/2016

OBTENCIÓN Y MODELADO DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DE CARAMELOS “GUMMY” DE BATATA.

Verónica Fátima Cerviño, UTN-FRRe, vfcervino@gmail.com

Carola Andrea Sosa, UTN-FRRe, carolas4@hotmail.com

Liliana Edith Vergara, UTN-FRRe, levergara@frre.utn.edu.ar

Miguel Eduardo Schmalko, UNAM, mesh@fceqyn.edu.ar

Sonia Cecilia Sgroppo, UTN-FRRe, sonia.sgroppo@hotmail.com

Resumen— El objetivo del presente trabajo fue obtener las isotermas de sorción de gummies de batata y explicar su comportamiento por medio de la aplicación de diferentes modelos matemáticos. Para la obtención de las curvas de sorción, se utilizó el método gravimétrico isopiástico que consistió en alcanzar el estado de equilibrio de una masa conocida de muestra con una atmósfera de humedad relativa estándar, dada por soluciones salinas de a_w conocidas (en un rango de 0.13 - 0.97), a tres temperaturas diferentes 4, 20 y 30°C. A partir de los resultados obtenidos se aplicaron los modelos de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer), BET (Brunauer, Emmett y Teller), y Halsey, utilizando el programa Statgraphics Centurion XV, Statpoint Technologies, Inc. Warrenton VA, U.S.A. La calidad del ajuste de los modelos propuestos se evaluó por medio del coeficiente de correlación (R^2).

Las isotermas de sorción obtenidas fueron de tipo II o sigmoideas, características de alimentos con un alto contenido de azúcares. Las ecuaciones de GAB y BET no exhibieron un buen ajuste, sin embargo la ecuación de Halsey fue la que mejor explicó el comportamiento de los datos experimentales ($R^2=97.07$), en un rango de $0.1 < a_w < 0.9$, a una temperatura de 30°C. La magnitud de los parámetros A y R del modelo que caracterizan el tipo de interacción entre el vapor y el sólido, estuvieron comprendidos entre 0.0294-0.0409 y 1.084-0.2640, respectivamente.

Palabras clave— *isotermas, gummies, a_w , modelado.*

1. Introducción

Los productos de confitería son ampliamente consumidos por niños y adultos, siendo los caramelos y chicles los mayormente ingeridos por casi el 50% de la población [1]. En esta categoría se pueden mencionar a las gummies, jellies o caramelos “tipo gomitas”, y aunque se las puede adquirir de diferentes formas, colores y sabores, hay una demanda creciente por texturas, sabores y apariencias cada vez más atractivas. La elaboración de estas confituras consiste en mezclas de altas cantidades de jarabes de sacarosa-glucosa combinadas con agentes gelificantes, (comúnmente gelatina), y con ácidos, saborizantes y colorantes [2]. Los caramelos de gelatina o gummies son muy populares en Europa y EEUU, y en Argentina su consumo es de alrededor del 11.2% [3].

Las gummies poseen una textura particular, caracterizada por su elasticidad o rebote y cierta masticabilidad conferidas por los geles de gelatina, almidón o pectina incluidos en su elaboración [4], además del contenido de agua que es un factor determinante de la textura típica de estas confituras. El porcentaje de humedad es relativamente bajo comparado con

otros alimentos, variando desde un 30% en confituras a base de jarabe de azúcar, hasta un 1 ó 2% en caramelos duros [5].

Si bien, el contenido de agua es un factor importante durante la manufactura de los caramelos, no es un indicador suficiente para determinar la calidad y vida útil, ya que no brinda información acerca de la naturaleza del agua contenida en ellos, o sea, si la misma se encuentra unida o libre, inherente u ocluida, etc.

Un parámetro que relaciona la naturaleza del agua presente en los alimentos, es la actividad de agua (a_w), definida como el cociente de presiones de vapor del agua en el alimento con respecto a la presión de vapor del agua pura, a la misma temperatura (Ecuación 1). Está relacionada con la humedad relativa de equilibrio (HRE) a través de la Ecuación 2.

$$a_w = (P_v \text{ confitura}) / (P_v \text{ agua pura}) \quad (1)$$

$$a_w = HR / 100 \quad (2)$$

Desde el punto de vista físico, la a_w es la fuerza impulsora de la migración de humedad desde y entre componentes o capas en una muestra. La medida y el control de este parámetro facilitan el desarrollo y la producción de confituras de alta calidad, seguras y estables, por lo es de gran utilidad para describir la estabilidad microbiológica, textura y migración de agua durante el almacenamiento. Típicamente, la a_w es usada para predecir una humedad relativa de equilibrio a la cual el caramelo ni pierde ni gana agua del aire circundante. En el caso de las gummies, la estabilidad está relacionada con la humedad relativa del ambiente que la rodea, lo cual depende naturalmente del medio en que se las conserve. En general, la humedad relativa de equilibrio es del orden de 75 a 85% [5].

Numerosos métodos han sido utilizados para cuantificar la a_w en los alimentos: por medida directa de la presión del vapor de agua, por técnicas isopiéticas y por medio de diferentes instrumentos electrónicos [6]. El método isopiético es uno de los más sencillos para obtener la a_w de solutos no volátiles. Es esencialmente gravimétrico y se basa en obtener el equilibrio termodinámico entre las soluciones de referencia (sales de a_w conocidas) y la muestra problema. Las soluciones saturadas de sales de referencia producen una presión de vapor constante en la atmosfera a una temperatura constante [7].

Para tener en cuenta el comportamiento de un producto alimenticio en todo el rango de humedades relativas en las cuales puede someterse durante el procesamiento, almacenamiento y distribución, es necesario establecer las isotermas de sorción, preferentemente a las temperaturas correspondientes.

La isoterma de sorción muestra, a una temperatura constante, la relación entre el contenido de agua del producto y la humedad relativa del aire circundante. La presencia de diferentes regiones en la curva de sorción sugiere la existencia de distintos tipos de agua [8]. El agua de la monocapa o “agua ligada” (región I), la cual es muy estable y se la puede considerar como parte constituyente del alimento, ya que no es congelable a ninguna temperatura. Luego, el agua de la región II y III de la isoterma, llamadas “agua débilmente ligada” y “agua libre”, respectivamente. El agua libre está contenida en los macroporos del alimento y se encuentra disponible para las reacciones metabólicas y de crecimiento microbiano. Es la primera que se libera en los procesos de secado y congelación. Por otra parte, el agua débilmente ligada se

halla unida a componentes como proteínas y carbohidratos y actúa como agente plastificante, promoviendo el hinchamiento de la matriz sólida [9].

Las isotermas de sorción son importantes por más de una razón. Desde el punto de vista termodinámico, brindan información sobre las entalpías de sorción y desorción, y el tipo de uniones entre el agua y la materia seca. En un nivel estructural, ayudan a comprender el rol del tamaño de la partícula, estado amorfo o área específica en la sorción del vapor de agua. En un aspecto tecnológico, son útiles en la predicción de la vida útil, en el control durante el proceso de secado, en la elección de material de empaque, entre otros [10]. Son una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de nuevos ingredientes y alimentos, la estimación de la vida útil y entender la influencia de la humedad en la integridad del producto final [11].

Para predecir el comportamiento de las isotermas de sorción en alimentos se han propuesto varios modelos matemáticos, muchos de ellos empíricos, semiempíricos y teóricos, desarrollados con más de dos, tres o cuatro parámetros. Debido a la naturaleza compleja de los productos alimenticios, un solo modelo no es suficiente para representar todas las isotermas de sorción. Las ecuaciones de GAB (Guggenheim, Anderson, de Boer) BET (Brunauer, Emmet y Teller) y Halsey son las más comúnmente usadas, especialmente para vegetales (pimientos) y granos [12, 13].

En el presente trabajo se determinaron las isotermas de sorción de caramelos “tipo gummy”, elaborados con puré de batata (*Ipomoea batatas*, L), gelatina, agua, sacarosa y glucosa. Para tal fin, se utilizó el método isopiéstico gravimétrico. Se aplicaron las ecuaciones de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer), BET (Brunauer, Emmett y Teller), y Halsey, para ajustarlas a los datos experimentales y determinar las constantes características del proceso de sorción (parámetros del modelo).

2. Materiales y Métodos

2.1. Elaboración de las gummies

Para la elaboración de las gummies, se seleccionaron tubérculos de batata (*Ipomoea batata*, L), se lavaron y pelaron. Luego, se cortaron en rodajas de 1 cm de espesor y se sanitizaron con una solución de hipoclorito de sodio 10 ppm, durante 3 minutos. A continuación, las rodajas se expusieron a una corriente de vapor agua durante 15 minutos, hasta ablandamiento del tejido. Posteriormente, las mismas se trituraron con un molino de alta velocidad de desintegración, 24000 rpm (Marca Arcano), obteniendo un puré homogéneo. El mismo se mezcló con los siguientes ingredientes: miel, solución de glucosa-sacarosa y gelatina sin sabor. La mezcla se moldeó y gelificó a temperatura de refrigeración.

2.2. Recubrimiento comestible

El recubrimiento comestible se basó en la siguiente formulación: 2,5% de almidón de mandioca marca “Ranchito”, (Misiones, Argentina), adicionado con 0,2% de sorbato de potasio y 2,5% de glicerol. Dichos componentes se solubilizaron a 75°C, con agitación continua. La aplicación del recubrimiento a las gummies se realizó por inmersión de las mismas en dicha solución, a una temperatura de 37.5°C.

Finalmente, el producto se secó en un secadero de bandejas con convección forzada de aire, a una temperatura de 20°C, durante 10 horas.

2.3. Determinación de las isotermas de sorción

Se aplicó el método gravimétrico estático, estandarizado por el “European Cooperative Project Cost 90” [14]. Para ello, se pesaron 5 gramos de caramelo (por triplicado), utilizando balanza analítica (0,1 mg de precisión, Denver Instrument), y se lo dispuso en recipientes herméticamente cerrados, conteniendo soluciones saturadas de sales de a_w conocidas (Tabla 1). A las soluciones de mayor valor de a_w se les adicionó un recipiente con tolueno para evitar la proliferación de microorganismos.

Las muestras se almacenaron a temperaturas constantes de 4°C, 20°C y 30°C, en una incubadora de temperatura constante, y se registró la variación de peso cada 3 días de almacenamiento, hasta alcanzar el equilibrio (ausencia de variación de peso).

2.4. Contenido de agua

El contenido de agua, inicial y de equilibrio de las muestras se determinó siguiendo en método de la AOAC N° 934.06, para lo cual se utilizó una estufa con vacío marca Arcano, DZF Modelo 6020 U.S.A., a 70°C y presión reducida de -100 mm Hg. Se pesaron 5 gramos de muestra (por triplicado) y se las dispuso en la estufa bajo las condiciones anteriormente mencionadas, hasta peso constante. Los resultados se expresaron como g de agua/100 g de muestra fresca.

2.5. Modelado de las isotermas de sorción

Los datos experimentales se modelaron con las ecuaciones de GAB, BET y Halsey (Tabla 2). La calidad del ajuste de los modelos propuestos se evaluó por medio del coeficiente de correlación lineal (R^2). Se utilizó el programa Statgraphics Centurion XV, Statpoint Technologies, Inc. Warrenton VA, U.S.A.

Tabla 1: Compuestos Químicos estándares de a_w conocida

Nomenclatura	Compuesto	a_w
LiCl	Cloruro de Litio	0.133
MgCl ₂ *6H ₂ O	Cloruro de Magnesio sexta hidratado	0.324
K ₂ CO ₃	Carbonato de Potasio	0.432
NaCl	Cloruro de Sodio	0.750
KCl	Cloruro de Potasio	0.834
KNO ₃	Nitrato de Potasio	0.923
K ₂ SO ₄	Sulfato de Potasio	0.970

Fuente: Labuza y col., 1976. [6]

Tabla 2: Ecuaciones utilizadas para el modelado de las isothermas de sorción.

Modelo	Ecuación	Parámetros
GAB	$X_w = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w) [1 + (C - 1) K a_w]}$	<p>X_w: humedad del producto</p> <p>X_m: humedad del producto cuando los puntos de adsorción primarios están saturados por moléculas de agua</p> <p>C: constante de Guggenheim relacionada con el calor de sorción de la monocapa</p> <p>K: factor de corrección relacionado con el calor de sorción de la multicapa</p>
BET	$X_w = \frac{X_m C a_w}{(1 - a_w) [1 + (C - 1) a_w]}$	<p>X_m: humedad del producto correspondiente a una capa molecular de agua adsorbida.</p> <p>C: constante característica del material relacionada con el calor desprendido en el proceso de sorción</p>
HALSEY	$X_w = \left(\frac{A}{\ln\left(\frac{1}{a_w}\right)} \right)^{1/R}$	<p>A y B: constantes del modelo.</p> <p>B: caracteriza el tipo de interacción entre el vapor y el sólido</p>

Fuente: Gálvez y col., 2006. [13]

3. Resultados y Discusiones

3.1. Contenido de humedad de equilibrio.

El porcentaje de humedad inicial de las gummies de batata fue de 26.02 ± 0.33 g de agua/100 g de muestra fresca, ligeramente mayor al recomendado para este tipo de productos (24%) [15]. Según autores la mayoría de las confituras presentan un contenido de agua entre 0 al 22%, siendo el mismo dependiente de la formulación de las mismas [16]. Por ejemplo, para caramelos elaborados con gelatina, agua y distintas concentraciones de jarabe de glucosa, isomaltosa y fructosa, se registraron porcentajes de humedad en un rango del 16% al 31%, exhibiendo el valor máximo de humedad aquellas que contenían jarabe de glucosa y fructosa como ingredientes [17].

3.2. Obtención de las isotermas

Las isotermas de sorción de las gummies de batata se obtuvieron a partir de las gráficas del contenido de humedad de equilibrio, en función de la humedad relativa del ambiente, a cada una de las temperaturas ensayadas 4, 20 y 30°C (Figura 1).

Como se puede observar, la forma de las isotermas resultantes fueron de Tipo II, sigmoideas o de Tipo S (según lo establecido por Van der Waals), características de alimentos con alto contenido de hidratos de carbono. Sin embargo, productos similares como caramelos duros adicionados de sorbitol e isomaltosa, y pastas de confitería a base de sacarosa, gomas y agua, exhibieron isotermas de Tipo III, demostrando la tendencia típica de alimentos ricos en componentes solubles en agua, como azúcares [18, 19].

El comportamiento mostrado por las gummies de batata frente a atmósferas de diferente humedad relativa, puede atribuirse en parte, a los estados físicos de la sacarosa utilizada en la preparación (cristalinos, amorfos o ambos) y, por otra parte a la interacción del agua con los demás ingredientes. La sacarosa en estado cristalino exhibe una isoterma Tipo III (o en forma de J), mientras que en el estado amorfo tiene un comportamiento tipo II [19]. Generalmente, las confituras son matrices amorfas complejas y la mayoría de los caramelos soft ó blandos, contienen azúcares en estado no cristalizados (amorfo), contenidos en una solución muy viscosa [5]. Además, en los sistemas constituidos por gomas ó gelatina y agua es muy frecuente encontrar isotermas del Tipo II.

La a_w obtenidas para las gummies de batata fue de 0,9 (correspondiente al contenido inicial de agua) encontrándose este valor dentro del rango informado para la mayoría de las confituras ($a_w = 0,2-0,9$) [16]. Datos publicados indican que gummies y jellies en general, pueden exhibir valores de a_w entre 0.50-0.75, con porcentajes de humedad entre el 8 y 22% [20]. Por otra parte, se han informado valores de a_w para gummies y jellies a base de gelatina, agua y sacarosa, comprendidos entre 0.71-0.72 [21].

Se debería tener en cuenta que un valor de a_w próximo a 0.9 es óptimo para el desarrollo de algunos microorganismos, especialmente hongos xerófilos y levaduras osmofílicas, los cuales pueden crecer también a a_w cercanas a 0.6 [22]. Además, los caramelos con una elevada a_w son más susceptibles a las reacciones de pardeamiento no enzimático (Maillard) que aquellos con a_w menor, especialmente durante el almacenamiento [16].

Según lo expuesto y para asegurar la calidad microbiológica de las gummies de batata, se debería recurrir a un almacenamiento en una atmósfera de humedad relativa próxima al 70%, a temperaturas de 4 o 20°C. Según las isotermas y en estas condiciones, el producto estudiado alcanzaría una humedad final de equilibrio del 10%, encontrándose dentro de los valores típicos mencionados anteriormente.

3.3. Modelado de las isotermas.

Los datos experimentales obtenidos para las isotermas de sorción fueron ajustados a tres modelos diferentes: GAB, BET y Halsey. En la Tabla 3 se presentan los resultados, con sus respectivas constantes y los valores de R^2 .

Los modelos de sorción de agua son ecuaciones matemáticas usadas para la predicción de las propiedades de sorción y para analizar los mecanismos y las posibles interacciones entre el sustrato y el agua. En algunos casos, los parámetros involucrados tienen un significado físico y pueden proveer información útil acerca de las posibles interacciones entre el producto y el agua, o sobre el estado físico del sustrato (amorfo-cristalino), o la interacción solvente-polímero [23].

La Ecuación de GAB es uno de los modelos más aceptados para las isotermas de sorción, ya que no solo brinda el valor de humedad de la monocapa (X_m), sino que también se puede conocer las energías de interacción entre la primera capa y las moléculas más lejanas a los sitios individuales de sorción (constantes C y K del modelo) [24]. En este trabajo se aplicó un procedimiento de correlación lineal y no lineal para dicho modelo, a las tres temperaturas ensayadas (Tabla 3). En todos los casos, se obtuvo un escaso ajuste, con $R^2 < 96.21\%$. Además, los valores de las constantes C y K fueron negativos y mayores a 1, indicando algún error inesperado involucrado con los datos experimentales.

Por su parte, la ecuación de BET representa un hito fundamental en la interpretación de la sorción en multicapas, particularmente de la isoterma tipo II y III. Provee una estimación del valor de la humedad de la monocapa adsorbida sobre la superficie, parámetro relacionado con la estabilidad física y química de alimentos deshidratados. A pesar de algunas limitaciones, ésta ecuación ha sido útil en la definición el contenido de humedad óptimo para secado y estabilidad durante el almacenamiento de alimentos.

Para el caso de las gummies, la ecuación de BET se aplicó para todo el rango de a_w de la isoterma, con valores de $R^2 < 78.12\%$. Sin embargo, para valores de $a_w < 0.5$ (rango de aplicación aconsejado), se obtuvo un $R^2 > 99\%$, indicando un mejor ajuste para una temperatura de 30°C . No obstante y al igual que el modelo de GAB, la constante C de dicha ecuación presentó valores negativos, en todos los casos.

Por su parte, la ecuación de Halsey se aplica ampliamente en el modelado de los datos experimentales de alimentos con un alto contenido de azúcares. Este modelo provee una expresión para la condensación de multicapas a una distancia relativamente grande desde la superficie. Se asume que la energía potencial de las moléculas varía con la inversa de la potencia de su distancia a la superficie. La magnitud del parámetro R caracteriza el tipo de interacción entre el vapor y el sólido. Es una buena representación de los datos de adsorción que conforman las isotermas de Tipo I, II o III [25].

Para las gummies de batata, la ecuación de Halsey fue la que mejor se ajustó a los datos experimentales, en un rango de $0.1 < a_w < 0.9$, especialmente a 30°C para la cual se obtuvo el mayor valor de R^2 (97.07). El parámetro A, estuvo comprendido entre 0.0294 y 0.0409, disminuyendo con el aumento de la temperatura, al igual que los valores de la constante R, que exhibió valores en un rango de 1.084-0.2640.

4. Conclusiones

La a_w y las isotermas de sorción se consideran herramientas poderosas para comprender el impacto del agua en los caramelos de batata.

El método gravimétrico isopiéstico fue útil para obtener las isotermas de sorción del producto, a distintas temperaturas (4, 20 y 30°C). Por medio de estas gráficas, fue posible obtener los valores de a_w frente a diferentes condiciones de humedad relativa del ambiente. Además, se pudo inferir en la estabilidad microbiológica del producto, como así también predecir los posibles cambios físicos químicos que pueden ocurrir durante su almacenamiento.

Las ecuaciones para ajustar las isotermas de sorción resultaron de especial interés para evaluar las funciones termodinámicas del agua adsorbida en las gummies, siendo el modelo de Halsey el que mejor explicó el comportamiento de los datos experimentales obtenidos.

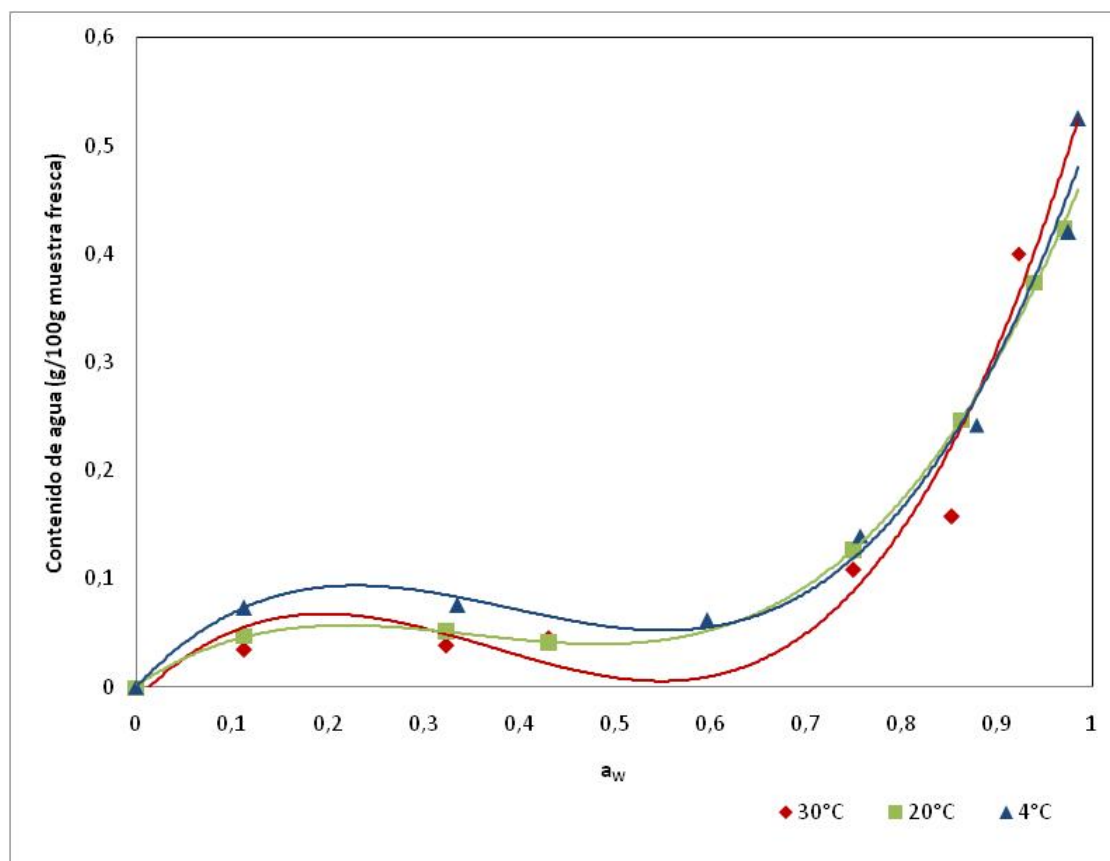


Figura 1: Isotermas de sorción de las gummies de batata a 4, 20 y 30°C.

Tabla 3: Valores de las constantes y estadísticos obtenidos de cada modelo propuesto para las isotermas de sorción.

Modelo	Parámetros	Rangos de a_w	Temperatura					
			4°C		20°C		30°C	
			lineal	no lineal	lineal	no lineal	lineal	no lineal
GAB	X_m	$0.1 < a_w < 0.9$	0.0398	0.0668	0.0281	0.0611	0.0262	0.0479
	C		-14.06	$-3.6 \cdot 10^{12}$	-24.68	1.728	-60.48	$3.13 \cdot 10^{13}$
	K		1.04	0.97	1.013	0.950	-1.021	0.989
	R^2		87.16	94.05	79.83	90.26	96.21	95.29
Halsey	A	$0.1 < a_w < 0.9$	0.0409		0.0294		0.0339	
	R		1.2640		1.238		1.084	
	R^2		93.27		92.33		97.01	
BET	X_m	$0.1 < a_w < 0.9$	0.0429		0.0263		0.0343	
	C		-15.52		-15.54		9.31	
	R^2		78.12		59.90		74.5	
	X_m	$a_w < 0.5$	0.0348		0.179		0.025	
	C		-9.93		-12.97		-46.53	
	R^2		78.12		90.46		99.01	

Fuente: elaboración propia.

5. Referencias

- [1] MARTÍNEZ, O. 2012. Report Spanish Confectionary association. Produce. Madrid, Spain.
- [2] MARFIL, P.; ANHÉ, A.; TELIS, V. 2012. Texture and microestructure of gelatine/corn starch based gummy confections. *Food Biophysics*, 7: 236-243.
- [3] MANZONI, C. 2012. “Las golosinas tienen sabor agrícolce”. En: Economía y Negocios. Diario “La Nación” del 01-04-2012.
- [4] BUREY, P.; BHANDARI, B.; RUTGERS, R.; HALLEY, P.; TORLEY, P. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12: 176-210
- [5] ERGUN, R; LIETHA, R.; HARTE, R.W. (2010). Moisture and Shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 50: 162-192
- [6] LABUZA T. P., LEE, R. Y., FLINK, J., MCCALL, W. (1976). Water activity determination: A collaborative study of different methods. *J. Food Science*. 42: 910-917.
- [7] BELL, L. N.; LABUZA, T. P. (2000). *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. 2nd Ed. American Association Cereal Chemistry. St. Paul, MN.
- [8] TROLLER, J. A.; CHRISTIAN, J. H. (1978). *Water Activity and Food*. Academic Press, NY.
- [9] FENNEMA, O. R. (1996). Water and Ice. In: *Food Chemistry*. 3rd Ed. Fennema, O. R., (Ed.) Marcel Dekker, New York. pp. 19–74
- [10] MATHLOUTHI, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12: 409-417.
- [11] FENNEMA, O. 1981. Water activity at sub-freezing temperatures. En: *Water activity. Influences on Food Quality*. Rockland, L. B. and G.F. Stewart (Ed.). New York: Academic Press.
- [12] SEID, R.M.; HENSEL, O. 2012. Experimental evaluation of sorption isotherms of chili pepper: an Ethiopian variety, Mareko Fana (*Capsicum annum*, L). *Agric. Eng Int*, 14: 163-171.
- [13] GÁLVEZ, A. V.; ARAVENA, E. L.; MONDACA, R.L. (2006). Isotermas de adsorción en harina de maíz (*Zea mays*, L.). *Cienc. Tecnol. Aliment*. 26: 821-827.
- [14] WOLF, W.; SPIESS, W.E.L.; JUNG, G. 1985. *Standardization of isotherm measurement. Properties of waters in Foods*. Simatos, D. and Multon, J.L. (Ed.) (Martinus Nijhoff, The Netherlands), pp 661-679.
- [15] EDWARDS, W. P. (2000). *The science of sugar confectionery*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry Publishing.
- [16] FONTANA, A. (2005). Water activity for predicting quality and shelf life. *Manufacturing Confectioner*, 85: 45-51.
- [17] PERICHE, A.; HEREDIA, A.; ESCRICHE, I.; ANDRÉS, A.; CASTELLÓ, M.L. (2014). Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*, 7: 37-44.
- [18] HADJIKINOVA, M.; MENKOV, N.; HADJIKINOV, D. (2003). Sorption Characteristics of Dietary Hard Candy. *Czech J. Food Sci*, 21: 97-99.
- [19] SPACKMAN, C.C.W.; SCHMIDT, S.J. (2010). Characterizing the physical state and textural stability of sugar gum pastes. *Food Chemistry*, 119: 490-499.
- [20] BUSSIERE, G.; SERPELLONI, M. (1985). Confectionery and water activity determination of aw by calculation. In: *Properties of Water in Foods in Relation to Quality and Stability*. pp. 627-645. Simato, D. and Multon, J. L. (Eds). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

- [21] DELGADO, P.; BAÑÓN, S. (2015). Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. *CyTA-Journal of Food*, 3: 329-335.
- [23] GUILLARD, V.; BOURLIEU, C.; GONTARD, N. (2013). Food Structure and Moisture Transfer: A Modeling Approach. *SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition*. Vol VII, pp 60.
- [24] ABDULLAH, M.; ALHAMDAN, B.; HASSAN, H. 1998. Water sorption isotherms of date pastes as influenced by date cultivars and storage temperatura.
- [25] AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. (2002). Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Trans Icheme*, 80: 118-128.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PROPÓLEOS EN RELACIÓN A SU PROCEDENCIA Y ORIGEN VEGETAL

Maidana José Francisco, Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Herrera Humberto Antonio, Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Mazzola Mariana del C., Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Rojas Rubén Ariel, Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Resumen— El presente trabajo tiene como objeto estudiar si las características físicas del propóleo, como aspecto, estructura, color, olor, sabor, consistencia y punto de fusión, tienen relación con su origen vegetal y/o con las características geográficas y climáticas de la región de procedencia. Para ello, se recolectaron 115 muestras de propóleos en bruto, procedentes de colmenas provenientes de 8 regiones fitogeográficas de Argentina. Como resultado, se pudo verificar que más del 60% de las muestras presentan un aspecto de “trozos irregulares opacos” y una estructura de tipo “homogénea”. Las muestras de propóleos de olor “resinoso aromático” y “muy aromático”, con colores asociados, fueron recolectadas de colmenas ubicadas en los boques de especies cultivadas de Salicaceae (*Populus sp.* y *Salix sp.*), Myrtaceae (*Eucalyptus sp.*), Rosaceae (*Prunus sp.*) y algunas especies nativas del monte (*Prosopis sp.*, *Cercidium sp.*, *Larrea sp.*, *Acacia visco*, etc.). Además, se pudo observar que las muestras de regiones altas son de consistencia “blanda” (a 25 °C) y menor punto de fusión, en cambio las muestras de regiones más bajas, son “duras” o poco blandas (a 25 °C) y de mayor punto de fusión.

Palabras clave— *propóleos, abeja, vegetación.*

1. Introducción

El propóleo es una sustancia elaborada por un grupo especializado de individuos dentro de la colmena. Los miembros de este grupo recolecta varios productos biológicos existentes en las yemas y ramas jóvenes de los árboles, así como también en los pecíolos de las hojas.

Las abejas realizan estas operaciones en los días calurosos, con temperaturas superiores a 20 °C y entre las 10 y 15 horas aproximadamente. La composición química del producto es compleja, reuniendo sustancias aromáticas, bálsamos, flavonas, sustancias minerales, etc.

Muchos componentes de la fórmula química del propóleo siguen aun sin determinar. En la existencia de las colonias de abejas, el propóleo desempeña un papel de vital importancia ya que asegura la perfecta pureza e higiene de la colmena o del hueco del árbol que la abriga. Los efectos de este producto pueden deducirse de los siguientes: si en la colmena penetra un cuerpo ajeno o un enemigo (ratones, lagartos, etc.) las abejas le inyectan veneno para matarlo y después envuelven los restos, con propóleo, cubierto a su vez con cera. El cadáver momificado de esta manera no se pudre y los tejidos resisten sin descomponerse durante años.

De este hecho, bien conocido por los apicultores, resulta que el propóleo tiene efecto antiproteolítico, bactericida y bacteriostático, sin equivalentes entre las sustancias naturales con acción farmacodinámica conocida hasta el día de hoy. El propóleo es uno de los

productos apícolas de mayor eficacia en lo que concierne a los principios activos transmitidos de la planta al hombre.

Por la presencia de numerosos principios activos en el propóleo, tomados de la planta de procedencia, la acción y los campos de empleos terapéuticos de esta sustancia resultan sumamente amplios. [1]

Debido a su contenido en aceites esenciales, el propóleo suele ser aromático, y en función a su origen botánico y la época de recolección, varía su color de amarillo claro a castaño oscuro, su sabor es amargo, ligeramente picante o insípido y su consistencia viscosa. [2] [3]

En las zonas templadas, la mayoría de los propóleos provienen de exudados de álamos (*Populus spp.*); en la zona septentrional de Rusia, de los brotes de Abedul (*Betula verrucosa*) y de alama (*Populus tremula*) [4] [5]; en Brasil, de las hojas de *Baccharis dracunculifolia* [2] [6]; en Cuba y Venezuela, de la resina floral de *Clusia spp.* [7]

Muestras en propóleos de Argentina que fueron analizadas, presentaron aspecto en forma de pelota, color verde-amarilloso y olor muy aromático. [8]

El objetivo fundamental de este trabajo de investigación es verificar si características físicas del propóleo tales como aspecto, estructura, color, olor, sabor y consistencia tiene alguna relación con el origen vegetal y o con las características geográficas y climáticas de la región de procedencia.

2. Materiales y Métodos

De las diez regiones fitogeográficas argentinas [9] excepto la estepa patagónica, se recolectaron 115 muestras de propóleos: 4 de la Selva misionera; 10 de la Selva tucumano boliviana; 32 del Parque chaqueño; 11 del Parque mesopotámico; 3 del Desierto andino; 27 del Monte occidental; 16 de la Estepa pampeana; 10 del Bosque pampeano y 2 de Bosques subantárticos.

Las muestras de propóleos en bruto (tal como se obtienen de la colmena) fueron obtenidas en el apiario por el apicultor según su propio método de recolección: por raspado de las distintas partes de la colmena (piquera, piso, cuadros, alza, techo, entretapa, etc.) o bien mediante el empleo de mallas plásticas ubicadas en la parte superior de la última alza. La recolección fue efectuada luego del flujo nectarífero y cosecha de miel. El muestreo se realiza en cada región al azar y en las zonas donde existen colmenas.

Las muestras obtenidas fueron colocadas en bolsas de polietileno y enviadas al laboratorio. Las muestras de propóleos en bruto fueron analizadas en el laboratorio y se registraron las siguientes determinaciones:

1. Aspecto, estructura y consistencia.
2. Caracteres organolépticos: color, olor y sabor.
3. Punto de fusión (Método del tubo capilar).

La evaluación del aspecto, estructura, consistencia, color, olor y sabor se realizó mediante un panel de degustación compuesto por cinco personas, las que completaron seis planillas correspondientes a cada aspecto sensorial mencionado. Las muestras fueron identificadas con un código alfanumérico.

El método del tubo capilar para determinar el punto de fusión del propóleo, consiste en colocar en el interior de un tubo capilar la muestra pulverizada y sujetarlo a un termómetro de 100 °C. Luego se lo introduce en un vaso de precipitación conteniendo agua destilada. Se somete a calentamiento y se registra la temperatura alcanzada al obtener la fusión de la

muestra. Para muestras que superan los 100 °C de punto fusión se reemplaza el agua destilada por glicerina.

3. Resultados y Discusión

Respecto al aspecto, se observó: masa redonda con brillo, masa irregular con poco brillo, trozos irregulares opacos, trozos irregulares con brillo, polvo y granulado.

Tabla 1. Porcentajes de propóleos obtenidos según su aspecto y región fitogeográfica

Aspecto Región	Masa redonda con brillo (%)	Masa irregular con poco brillo (%)	Trozos irregulares opacos (%)	Trozos irregulares con brillo (%)	Polvo (%)	Granulados (%)
Selva misionera	0	0	75	25	0	0
Selva tucumano boliviana	10	0	70	10	0	10
Parque chaqueño	18,75	9,37	65,31	6,25	0,32	0
Bosque pampeano	0	40	40	0	10	10
Parque mesopotámico	27,37	9	54,63	0	0	9
Estepa pampeana	6,25	12,75	68,25	12,75	0	0
Monte occidental	32,14	14,28	39,30	14,28	0	0
Desierto andino	66,67	0	33,33	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Referente a la estructura se registraron dos tipos: homogénea y heterogénea.

Tabla 2. Porcentajes de propóleos obtenidos según su estructura y región fitogeográfica

Estructura Región	Homogénea (%)	Heterogénea (%)
Selva misionera	100	0
Selva tucumano boliviana	90	10
Parque chaqueño	81,25	18,75
Bosque pampeano	60	40
Parque mesopotámico	63,63	36,37
Estepa pampeana	62,50	37,50
Monte occidental	10,71	89,29
Desierto andino	0	100

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la consistencia se registraron cuatro tipos: muy blanda, blanda, poco blanda y dura.

Tabla 3. Porcentajes de propóleos obtenidos según su consistencia y región fitogeográfica

Consistencia Región	Muy blanda (%)	Blanda (%)	Poco blanda (%)	Dura (%)
Selva misionera	0	25	25	50
Selva tucumano boliviana	10	40	50	0
Parque chaqueño	0	18,75	43,75	37,50
Bosque pampeano	0	40	40	20
Parque mesopotámico	0	18,18	45,46	36,36
Estepa pampeana	6,25	18,75	42,75	31,25
Monte occidental	7,15	50	39,28	3,57
Desierto andino	0	100	0	0

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las características geográficas y climáticas de cada región se observó en la confrontación de los resultados obtenidos con los datos climáticos regionales, una relación evidente entre la altura sobre el nivel del mar de la región y la consistencia de los propóleos: las regiones Monte occidental y Desierto andino poseen respectivamente el 50 % y el 100 % de sus muestras, consistencia blanda a 25 °C. Éstas dos regiones son altas; el Monte occidental llega hasta los 2000 m sobre el nivel del mar y el Desierto andino a más de 3000 m sobre el nivel del mar y cuya temperatura en enero y julio son las bajas en relación a las restantes regiones.

Las demás regiones poseen propóleos de consistencia que oscila entre dura y poco blanda a 25 °C; sus temperaturas medias de enero y julio son más altas y la altura sobre el nivel del mar menores en relación a las regiones Monte occidental y Desierto andino.

En las muestras de propóleos de las distintas regiones fitogeográficas, fueron observados los siguientes colores homogéneos: negro, marrón, marrón oscuro, marrón claro, verde oscuro, verde, verde claro, gris, amarillo, tintes castaños, tintes rojizos y tintes naranjas.

También se observaron colores combinados (mezclas): marrón verdoso, verde amarillento, tintes castaño rojizo, tintes castaño naranja, marrón amarillento, amarillo, rojizo, marrón verdoso amarillento. Además se observaron colores asociados; es decir mezclas de colores homogéneos y colores combinados. Ver tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes de propóleos obtenidos según su color y región fitogeográfica

Región \ Color	Colores definidos (%)	Colores combinados (%)	Colores asociados (%)
Selva misionera	100	0	0
Selva tucumano boliviana	70	20	10
Parque chaqueño	75	9,37	15,63
Bosque pampeano	50	15	35
Parque mesopotámico	54,55	9,09	36,36
Estepa pampeana	31,25	12,5	56,25
Monte occidental	3,58	10,71	85,71
Desierto andino	66,67	0	33,33

Fuente: elaboración propia

Con respecto al olor de las muestras, se registraron cinco tipos: inodoro, resinoso suave, resinoso, resinoso aromático, resinoso muy aromático.

Tabla 5. Porcentajes de propóleos obtenidos según su olor y región fitogeográfica

Región \ Olor	Inodoro (%)	Resinoso suave (%)	Resinoso (%)	Resinoso aromático (%)	Resinoso muy aromático (%)
Selva misionera	0	75	0	0	25
Selva tucumano boliviana	10	30	10	50	0
Parque chaqueño	3,12	56,25	15,63	25	0
Bosque pampeano	0	20	20	60	0
Parque mesopotámico	9,10	36,36	0	36,36	18,18
Estepa pampeana	0	12,50	0	75	12,50
Monte occidental	0	7,14	7,14	46,43	39,29
Desierto andino	0	0	0	0	100

Fuente: elaboración propia

En relación al tipo de vegetación existente en cercanía de las colmenas de las que se obtuvieron muestras de olor resinoso aromático y muy aromáticos con colores asociados, este comprende a las siguientes especies: Salicaceae (*Populus sp.* y *Salix sp.*), Myrtaceae (*Eucalyptus sp.*), Rosaceae (*Prunus sp.*) y algunas especies nativas del monte (*Prosopis sp.*, *Cercidium sp.*, *Larrea sp.*, *Acacia visco*, etc.)

Referente al sabor de los propóleos recolectados, se registraron cuatro tipos: picante, dulce, amargo e insípido.

Tabla 6. Porcentajes de propóleos obtenidos según su sabor y región fitogeográfica

Sabor Región	Picante (%)	Dulce (%)	Amargo (%)	Insípido (%)
Selva misionera	25	0	0	75
Selva tucumano boliviana	0	0	10	90
Parque chaqueño	9,37	18,76	12,50	59,37
Bosque pampeano	10	0	30	60
Parque mesopotámico	0	0	36,37	63,63
Estepa pampeana	25	0	31,25	43,75
Monte occidental	3,58	0	42,85	53,57
Desierto andino	0	0	100	0

Fuente: elaboración propia

Respecto al punto de fusión, los mayores valores fueron encontrados en la región del parque chaqueño donde se registran altas temperaturas. Y las de menor valor en la región Desierto andino de bajas temperaturas anuales.

Tabla 7. Análisis de los valores de punto de fusión (° C) obtenidos en las muestras de las distintas regiones fitogeográficas

N° de referencia	Región	\bar{x}	Mínimo	Máximo	Rango
1	Selva misionera	88,50	65	108	43
2	Selva tucumano boliviana	77,70	63	108	45
3	Parque chaqueño	104,34	11	200	184
4	Bosque pampeano	73,50	65	100	35
5	Parque mesopotámico	90,10	68	118	50
6	Estepa pampeana	87,19	64	125	61
7	Monte occidental	80,55	65	131	66
8	Desierto andino	70,33	68	73	5

Fuente: elaboración propia

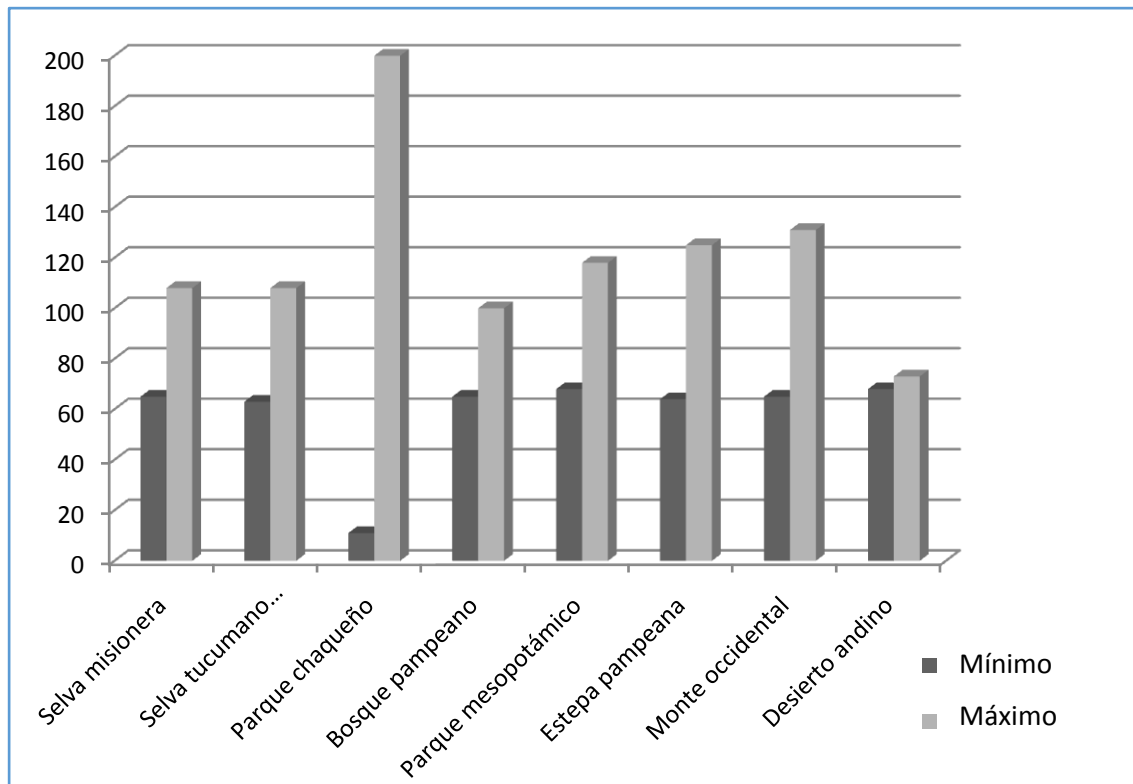


Figura1. Distribución de punto de fusión y región fitogeográfica

Fuente: elaboración propia

En la vegetación cercana a las colmenas, existen especies que debido a sus abundantes secreciones resinosas, son probables fuentes de propóleos. Estas incluyen Salicaceae (*Populus sp.* y *Salix sp.*), Myrtaceae (*Eucalyptus sp.*), Pinaceae (*Pinus sp.* y *Cedrus sp.*) y Cupressaceae (*Fitzroya sp.*, *Thuja sp.*, etc.), Rosaceae (*Prunus sp.*) y algunas especies nativas del monte (*Prosopis sp.*, *Cercidium sp.*, *Larrea sp.*, *Acacia visco*, etc.)

Tabla 7. Porcentajes de propóleos obtenidos según su origen vegetal y región fitogeográfica

Vegetación Región	Salicaceae	Myrtaceae	Pinaceae y Cupressaceae	Rosaceae	Nativas
Selva misionera	0 %	75	75	0	50
Selva tucumano-boliviana	30 %	30	20	0	50
Parque chaqueño	9,37	9,37	18,75	0	75
Bosque pampeano	0	60	50	0	100
Parque mesopotámico	36,36	45,45	45,45	0	27,27
Estepa pampeana	56	75	18,75	0	0
Monte occidental	69,23	3,84	7,69	26,92	3,85
Desierto andino	100	0	0	66,66	66,66

Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Respecto al aspecto, en el 75% de las regiones fitogeográficas el propóleo en bruto se obtiene como trozos irregulares opacos, a excepción de las regiones Bosque pampeano (40%) y Desierto andino (33,33).

Estructura: el 75% de las muestras de todas las regiones fitogeográficas, presentan una estructura de tipo homogénea, Monte occidental (89,29 %), Desierto andino (100 %), las muestras de propóleo presentan estructura heterogénea (25%).

Color: Como “Colores definidos” se observa un predominio en Selva misionera (100%) y Parque chaqueño (75%). Como “colores combinados” se observa un predominio de los mismos en Estepa pampeana (12,50 %), y en Monte occidental (10,71 %). Como “colores asociados” se observa un predominio de los mismos en Estepa pampeana (56,25 %) y en Monte occidental (85,71 %).

Olor: los distintos tipos de olor detectados predominan según la región: inodoro: Parque mesopotámico (9,10 %). Resinoso suave: Selva misionera (75 %). Resinoso: Parque chaqueño (15,63 %). Resinoso aromático: Estepa pampeana (75 %) y Bosque pampeano (60 %). Resinoso muy aromático: Desierto andino (100 %).

Sabor: los distintos tipos de sabores que se detectaron en las muestras de propóleo, predominan según la región: Insípido: Selva tucumano boliviana (90 %). Amargo: desierto andino (100%). Picante: Selva misionera y Estepa pampeana (25 %). Dulce: Parque chaqueño (18,76 %).

Consistencia: En la totalidad de las regiones fitogeográficas se detectó un predominio de los siguientes tipos de consistencia: dura y poca blanda, a excepción del Desierto andino (100 %) y Monte occidental (50 %) blando.

Por último, respecto al punto de fusión, no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos de las diferentes regiones fitogeográficas. Los valores mas elevados, corresponden a la región Parque chaqueño y los más bajos, a la región Desierto andino, con un rango mínimo respecto la resto de las regiones estudiadas.

5. Referencias

- [1] APIMONDIA. (1976). *Apiterapia Hoy*. Instituto Internacional de Tecnología y Economía Apícolas. Sector Medico de Apiterapia. Editorial Apimondia. Bucarest, Rumania. 171p.
- [2]. KUMASAWA, S.; YONEDA, M.; SHIBATA, I.; KANAEDA, J.; HAMASAKA, T.; NAKAYAMA, T. (2003) *Direct evidence of the plant origin of Brazilian propolis by the observation of honeybee behavior and phytochemical analysis*. Chem Pharm Bull. 51(6):740-742
- [3] ROOT, A. I. (2002). *ABC y XYZ de la Apicultura*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires
- [4] WOLLENWEBER, E.; BUCHMANN, S. L. (1997). *Feral honeybees in the Sonoran desert: Propolis sources other than poplars (Populous spp.)*. Z. Naturforsch; C. A. J. Biosci; 52(7-8):530-535.
- [5] BANKOVA, V. (2000). *Determining quality in propolis samples*. J. Am Aphiter Soc. Vol 7, N° 2.
- [6] BANKOVA, V.; POPOVA, M.; BOGDANOV, S.; SABATINI, A. (2002). *Chemical composition of European propolis. Expected an unexpected results*. Z. Naturforsch. 57c:530-533.

- [7] CUESTA RUBIO, O. FRONTANA-URIBE, B.; RAMÍREZ-APAN, T.; CÁRDENAS, J. (2002). *Polyisoprenylated benzophenones in cuban propolis. Biological activity of nemorosone*. Z. Naturforsch; 57c:372-378
- [8] GONZALES, M. (2010). Influencia de agentes externos, sobre algunos compuestos bioactivos, presentes en el propóleo. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Tucumán, Argentina.
- [9] PARODI, L.L. (1964). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería*. Buenos Aires. República Argentina. p.1-29.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

ESTUDIO COMPARATIVO DE POLEN DE DIFERENTE ORIGEN FLORAL Y GEOGRÁFICO

Maidana José Francisco, Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Herrera Humberto Antonio, Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Mazzola Mariana del C., Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Rojas Rubén Ariel, Centro de Investigaciones Apícolas – UNSE, cedia@unse.edu.ar

Resumen— En el presente trabajo, se han analizado 6 muestras de polen, procedente de Argentina (Santiago del Estero) de diferente origen floral, 2 muestras de Chile y 1 muestra de España. El trabajo tiene como objetivo determinar el contenido de nitrógeno, proteínas, minerales y potasio en estas muestras y compararlos entre sí. La metodología analítica para la cuantificación de las proteínas, se basó en la determinación del nitrógeno por microkjeldahl. La cuantificación de minerales se realizó por gravimetría, previa carbonización y calcinación de la muestra en mufla a 500°C. Finalmente, la cuantificación de potasio se realizó por fotometría de llama.

Los valores de media, desviación estándar, máximo y mínimo fueron: proteínas: 20,6 % \pm 2,494 (14,9 – 23,5 %); minerales: 2,8 % \pm 0,656 (1,83 – 4,34 %) y potasio: 7205,89 mg/kg \pm 2164,21 (4740 – 11980 mg/kg).

Los polenes monoflorales de *Schinus sp.* "molle" y *Schinopsis lorentzii* "quebracho colorado" tienen valores superiores en contenido de proteínas. El mayor contenido de minerales se registró en polen monofloral de *Schinus sp.*, mientras que el mineral potasio predomina en el polen multifloral proveniente de España. Los valores analíticos obtenidos, cumplen en general con las exigencias establecidas para polen en el Artículo 785, Capítulo X del Código Alimentario Argentino.

Palabras clave— polen, abeja, alimento.

1. Introducción

Santiago del Estero, se caracteriza por tener una flora nativa muy rica y variada, libre de aplicación de plaguicidas y muy apta para la práctica de la apicultura, que permite la obtención de miel y polen de excelente calidad y en cantidad suficiente. Nuestros apicultores cosechan polen multifloral con gránulos de diferentes colores y polen monofloral con gránulos de color uniforme, de quebracho, molle, balda, chilca, tusca, algarrobo, etc. que se caracterizan por su agradable aspecto, sabor y olor [1].

El polen es el elemento fecundante masculino de las flores y la abeja lo emplea principalmente como fuente de proteínas para el alimento larval. La abeja recolecta los microscópicos granos en su visita a cada flor, los mezcla con su saliva para hacer dos

pequeñas esferas que las coloca en las cestillas del par de patas posteriores. En cada vuelo, la abeja visitará las flores necesarias para completar su carga de acuerdo a su modalidad de trabajo de alta eficiencia. Su primera premisa será el polen con alto contenido proteico; desprecia pólenes de bajo valor, aunque abundantes, como el de pino. Su segunda premisa será economía de energía, por ello en cada vuelo visitará las flores más cercanas y de mayor valor nutritivo, sin importar a que especies pertenezcan. Con su carga completa, la abeja regresa a la colmena y entrega el polen a las abejas nodrizas que lo utilizarán para alimentar a las crías y el excedente lo depositarán en las celdillas. El polen se recoge con trampas cazapolen ubicadas en el ingreso a la colmena (piguera), a través de la cual pasará la abeja para ingresar a ella. Este polen recolectado de las trampas, será posteriormente secado, limpiado y luego envasado para su comercialización [2].

Para determinar el valor del polen como alimento, es importante saber que el polen de cada especie es diferente y ninguna puede contener el tipo de polen con todas las características que se le atribuyen a este producto en general. Los pellets de polen cosechados en una colonia de abejas, pueden ser de diferentes colores, formas y estructuras en la superficie. La mayoría de los granos de polen tienen una cubierta exterior muy dura (esporodermis), que es muy difícil o imposible de digerir, sin embargo, existen poros que permiten la germinación y también la salida o extracción de las sustancias del interior del grano.

El polen es frecuentemente llamado el “único alimento perfectamente completo”. La composición del polen se modifica de especie a especie. Los principales componentes son proteínas, azúcares y lípidos; los componentes minoritarios son enzimas, vitaminas, minerales, aminoácidos, flavonoides, etc.

Schmidt y Buchmann, comparan la media de proteínas, grasas, minerales y vitaminas de polen con otros alimentos básicos. El polen es rico en la mayoría de los ingredientes cuando se compara el peso o el contenido de calorías que poseen los alimentos tales como carne de res, pollo, frijoles, pan, manzana, repollo y tomates. Aunque comparable en contenido de proteínas y minerales con el de la carne y los frijoles, las medias de polen tienen más de diez veces tiamina y riboflavina o varias veces el contenido de niacina [1].

Es más rico en proteínas que la mayor parte de los alimentos como la carne, pescado, huevos, queso, etc. 100 gramos de polen, contiene la misma cantidad de aminoácidos, que medio kilogramo de carne vacuna. El número total de proteínas no enzimáticas asciende a cerca de 100; gran parte de la fracción nitrogenada, se encuentra bajo la forma de aminoácidos. El polen, al igual que la jalea real, es uno de los productos naturales más rico cualitativamente en aminoácidos. En virtud que existe poca o escasa referencia respecto a la composición físico-química, biológica y valor nutricional del polen de la provincia de Santiago del Estero, se realiza el presente trabajo de investigación en dependencias del Centro de Investigaciones Apícolas, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

2. Materiales y Métodos

Se analizaron 9 muestras de este alimento, obtenidas de colmenas donde se colocaron trampas recolectoras de polen. El total de muestras analizadas corresponden a polen seco, preparado para su comercialización, mediante el empleo de equipos que proveen corriente de aire caliente, a temperaturas no mayores a los 45 °C. Se almacenaron en frascos con tapa de rosca hermética y luego se conservaron en refrigeración, colocándose en freezer a -18 °C.

Sobre estas muestras se efectuaron determinaciones del contenido de nitrógeno total, minerales, potasio y calculo de proteínas. A continuación, se detallan las metodologías usadas para cada determinación.

La cuantificación de las proteínas o nitrógeno total ($N \times 6,25$), se basa en la determinación del contenido de nitrógeno por microKjeldahl; este último comprende dos fases: la primera de digestión, empleando ácido sulfúrico concentrado y peróxido de hidrogeno al 30%. La segunda es una etapa colorimétrica empleando el reactivo fosfomolibdico de Nessler. Se determina la absorbancia de la muestra a 460 nm y con una curva de calibración elaborada con patrones, se calcula el contenido de nitrógeno de la muestra. [3]

La determinación de minerales o cenizas se realizó por gravimetría, previa carbonización y calcinación de la muestra en mufla a 550 – 600 °C, hasta obtener cenizas blancas, sin residuo carbonoso. [4]

La cuantificación de potasio se realizó por fotometría de llama, previa carbonización y calcinación de la muestra en mufla a 500 °C durante 24 hs. Con las cenizas obtenidas de la determinación de minerales, se preparó una solución, se filtró la misma y se procedió a la lectura en el fotómetro de llama. [4]

La determinación del origen botánico de los granos de polen se realizó siguiendo las normas de la International Bee Research Association. Se acetolizó los granos cuyo grado de dificultad lo requerían [5]. Para la identificación de los tipos morfológicos se utilizan una palinoteca y fototeca de referencia, así como literatura especializada.

3. Resultados y Discusión

Se han obtenido los siguientes valores de media, desviación estándar, máximo y mínimo: nitrógeno: $3,29 \pm 0,401$ (2,38 – 3,77), proteínas: $20,6 \% \pm 2,494$ (14,9 – 23,5 %); minerales: $2,8 \% \pm 0,656$ (1,83 – 4,34 %) y potasio: $7205,89 \text{ mg/kg} \pm 2164,21$ (4740 – 11980 mg/kg).

Tabla 1. Composición química de muestras de polen de Santiago del Estero, Argentina

Origen floral del Polen	Nitrógeno (%)	Proteínas (%)	Minerales (%)	Potasio (mg/Kg)	g de potasio en 100 g de minerales
<i>Schinus fasciculatus</i> Molle	3,77	23,56	4,34	7.921	18,25
<i>Schinopsis lorentzii</i> Quebracho	3,59	22,47	2,85	7.071	24,81
<i>Acacia aroma</i> Tusca	3,31	20,71	2,68	7.515	28,04
<i>Prosopis alba</i> Algarrobo	3,12	19,52	2,91	5.670	19,48
<i>Flaveria bidentis</i> Balda	2,38	14,91	1,83	4.740	25,90
Multifloral	3,19	19,98	2,84	5.065	17,83

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Composición química de muestras de polen del extranjero.

Origen floral y geográfico	Nitrógeno (%)	Proteínas (%)	Minerales (%)	Potasio (mg/Kg)	g de potasio en 100 g de minerales
Multifloral de Chile (V Región Colliguay)	3,55	22,19	2,47	6.769	27,40
Multifloral de Chile (V Región Colliguay)	3,46	21,62	2,95	8.122	27,53
Multifloral de España (Islas Canarias)	3,32	20,74	2,84	11.980	42,18

Fuente: elaboración propia



Figura 1. Fotografía de grano de polen de *Schinus fasciculata*. Fuente: elaboración propia



Figura 2. Fotografía de grano de polen de *Schinopsis lorentzii*. Fuente: elaboración propia

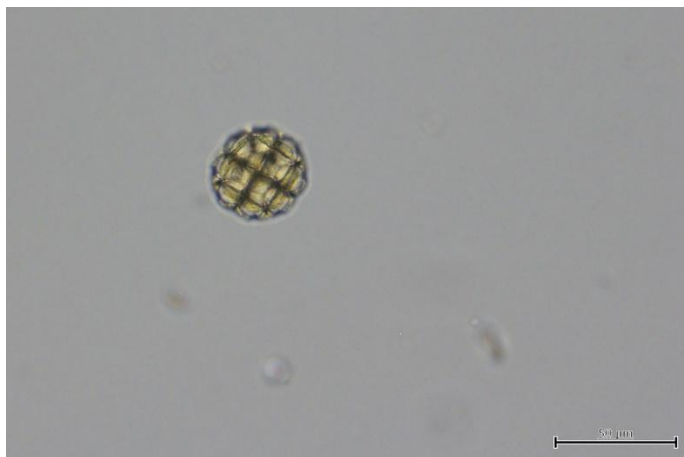


Figura 3. Fotografía de grano de polen de *Acacia aroma*. Fuente: elaboración propia



Figura 4. Fotografía de grano de polen de *Prosopis alba*. Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Los polenes monoflorales de Santiago del Estero, se distinguen cada uno, por sus propias características; los de *Schinus sp.* "molle" y *Schinopsis lorentzii* "quebracho colorado" tienen valores superiores en contenido de proteínas respecto a los polenes del extranjero (Tabla 2). El mayor contenido de minerales se registró en polen monofloral de *Schinus sp.*, mientras que el mineral potasio predomina en el polen multifloral proveniente de las Islas Canarias, España.

Los valores analíticos de proteínas obtenidos, cumplen con las exigencias establecidas para polen en el Artículo 785, Capítulo X del Código Alimentario Argentino, el cual establece en base seca (Nx6,25 Kjeldahl) entre 15 y 28 %.

Respecto al contenido de minerales, el C.A.A. establece un máximo de 4% y en las muestras se han encontrado un máximo de 4,34%.

Respecto al contenido de potasio, el mencionado Código, no establece valores normales.

5. Referencias

- [1] MAIDANA, J. F. (2008). *Control de Calidad de Polen y Jalea Real*. Santiago del Estero, Argentina.
- [2] DIAZ, J. C.; GIRAL RIVERA, T.; PEREZ PIÑEIRO (2001). *Apiterapia Hoy, en Argentina y Cuba*. Córdoba, Argentina.
- [3] MAIDANA, J.; RODRIGUEZ, S.; GENEROSO, S.; MACIAS, S. (2014) *Técnicas Analíticas para el Control Bromatológico*. ISBN 978-987-1986-31-6. Idearte Grafica - Santiago del Estero, Argentina.
- [4] EGAN, H.; KIRK R.S.; SAWYER R. (1987) *Análisis Químico de Alimentos de Pearson*. ISBN 968-26-0734-5 - Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. - Mexico 22 D.F.
- [5] LOUVEAUX, J., A. MAURIZIO & G. VORWOHL. (1978). *Methods of Melissopalynology International Commission for Bee Botany of IUBS*. Bee World, 59 (4): 139-157.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE UN SISTEMA GEOREFERENCIADO, COMPATIBLE CON INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN PARA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Ing Mg Andrés F. Moltoni, Profesor Adjunto, Ingeniería en Electrónica, Departamento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno (UNM)
amoltoni@unm.edu.ar

Ing Nicolás Clemares, Ayudante, Ingeniería en Electrónica, Departamento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno (UNM)
Nicolas_Clemares@yahoo.com.ar

Xoana Prior, Becario Estudiante, Ingeniería en Electrónica, Departamento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno (UNM)

Resumen— Uno de los pilares fundamentales de la economía Argentina está basado en la producción agropecuaria, especialmente la granaría. Debido a que nuestro país es tomador de precio sin poder influir en su formación resulta de vital importancia lograr incrementos en la productividad, contándose para ello con las técnicas denominadas de agricultura de precisión. Estas técnicas proponen dejar de realizar un tratamiento promedio de los lotes para comenzar a trabajarlos según su variabilidad espacial, logrando maximizar el uso de los recursos y eficientizar las labores. Esta mejora en la eficiencia se traslada directamente en un incremento de la productividad del sector. Para poder caracterizar los lotes y generar los ambientes o unidades de similar potencial productivo es necesario medir diversas variables agronómicas en forma georeferenciadas. El presente trabajo plantea el desarrollo de un modulo que permita georeferenciar las mediciones realizadas con los instrumentos presentes en el mercado. El modulo desarrollado fue incorporado a un medidor de humedad de suelo comercial y ensayado. Los resultados obtenidos son satisfactorios y la precisión en su georeferenciación acorde la electrónica implementada en el sistema

Palabras clave— *agricultura de precisión, agroelectrónica, instrumental georeferenciado*

1. Introducción

Uno de los pilares fundamentales de la economía Argentina está basado en la producción agropecuaria, especialmente la granaría. Solo a modo de ejemplo podemos decir que Argentina fue el cuarto exportador mundial de trigo, el tercero de soja y el segundo de maíz en el año 2008 [3]. Sin embargo, la mayor parte de la producción de granos es exportada con bajo nivel de especificidad caracterizándose así como commodities. Esto implica que Argentina es un tomador de precio sin poder influir en su formación y para este esquema obtener un incremento en la productividad resulta vital, contándose para ello con algunas herramientas tecnológicas específicas.

Es sabido que existen en nuestro país lotes agrícolas que poseen una gran variabilidad espacial y que gracias a esta variabilidad son factibles de ser subdivididos en ambientes de iguales características. Esto representa la base de las técnicas denominadas de agricultura de precisión o tratamiento por ambientes, las cuales proponen dejar de realizar un tratamiento promedio de los lotes para comenzar a trabajarlos según su variabilidad espacial.

Dentro de cada uno de estos ambientes se realiza un tratamiento homogéneo, lo que permite maximizar el uso de los recursos y eficientizar las labores. Esta mejora en la eficiencia se traslada directamente en un incremento de la productividad del sector.

Para poder caracterizar los lotes y generar los ambientes o unidades de similar potencial productivo es necesario medir diversas variables agronómicas en forma georeferenciadas. En base a lo expuesto anteriormente se puede concluir que contar con instrumentos y herramientas portátiles que permitan dicha medición resulta indispensable. También hay que destacar que existen dispositivos que permiten diagnosticar el estado de un lote para generar recomendaciones de manejo del mismo, que no necesariamente son instrumentos de agricultura de precisión, pero que son de gran utilidad y actualmente su difusión es limitada debido a su costo.

En nuestro país se comercializa instrumental que permite medir distintas características de los suelos y de los ambientes en general. Estos dispositivos son de origen importado y generalmente producen mediciones aisladas las cuales no se encuentran georeferenciadas.

El objetivo del presente trabajo proyecto plantea, en una primera etapa, el desarrollo de un módulo que permita georeferenciar las mediciones realizadas con los instrumentos presentes en el mercado. Además se realizará un análisis para determinar que instrumental de medición resulta de relevancia para ser desarrollado localmente. En una segunda instancia, se procederá al diseño y creación de él o los instrumentos de medición y diagnóstico detectados como relevantes.

Antecedentes

A partir de la década del noventa y desde que se liberó el sistema de GPS (Global Positioning System) para su uso público, se abre una serie de posibilidades de las cuales la agricultura no fue ajena. En este sentido, se han desarrollado innumerables sistemas que utilizan la georeferenciación como base de tratamientos sitio-específicos, lo que en definitiva dio como resultado lo que actualmente se denomina agricultura de Precisión. Dentro de estos sistemas podemos nombrar equipos para aplicación variable de agroquímicos [4],[10],[1],[11],[9],[6] y [5], sistemas de dosificación sitio específica de fertilizantes [7],[8] y [12], equipos para siembra y fertilización variable, entre otros.

En nuestro país se ha registrado un importante incremento de las tecnologías de Agricultura de Precisión desde sus primeras experiencias en la década del noventa [2]. Como hemos mencionado anteriormente, el criterio fundamental de la agricultura de precisión consiste en aplicar los insumos según requerimientos específicos de cada unidad homogénea dentro del campo o lote, lo que se ha dado en llamar Manejo Sitio-específico (site-specific management), dejando de lado las aplicaciones fijas o uniformes comúnmente utilizadas.

Si bien Argentina tiene un desarrollo considerable respecto a otros países en agricultura de precisión, aun dista mucho de ser una técnica aplicada en forma masiva en el sistema productivo nacional. Los motivos que originan esta adopción parcial son varios, entre ellos se destaca el costo de la electrónica involucrada, principalmente por tratarse en su mayoría de equipos importados, siendo la principal causa el diseño de los sistemas en si mismos y no sus

componentes electrónicos. Otro de los aspectos relevantes es la incompatibilidad entre los equipamientos derivados de diferentes orígenes y prestaciones. Este marco ha sido uno de los principales motivos por los cuales la adopción de los sistemas de agricultura de precisión se han visto fuertemente limitados. La investigación y desarrollo en forma local de estos sistemas contribuiría considerablemente, no solamente a disminuir sus costos, sino principalmente a crear plataformas abiertas con “know how” nacional que garantice la interoperabilidad.

Justificación

La adopción del uso de la agricultura de precisión, al igual que el manejo por ambientes de los lotes, se ha visto incrementada en los últimos años y en particular en la última década, debido al desarrollo masivo de dispositivos electrónicos confiables y también a una baja relativa en los costos de los mismos. En este sentido, el desarrollo de instrumental de medición y diagnóstico con tecnología de origen nacional permite posicionar al país en el mundo, posibilitando entre otras cosas, la sustitución de importación de equipos con la correspondiente creación de empleo y la implementación de técnicas agronómicas que tienden a mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la actividad.

2. Materiales y Métodos

Con el objetivo de determinar las características del sistema georeferenciado a diseñar se realizó un relevamiento de los distintos instrumentos de importancia para la actividad. De la caracterización de los instrumentos de medición que se encuentran en el mercado se pudo observar que generalmente los mismos no permiten georreferenciar las mediciones realizadas. Una mínima parte de ellos obtiene mediciones georreferenciadas al conectar un receptor GPS externo mediante un puerto RS232. Por tanto, y para asegurar la compatibilidad con la mayoría de los equipos, se tomó la determinación de desarrollar un sistema GPS con salida RS232.

El dispositivo fue proyectado con software de diseño específico y se desarrollaron prototipos para su ensayo, tanto en condiciones de laboratorio, al igual que en condiciones reales de funcionamiento a campo.

Desarrollo de prototipo de sistema georreferenciado para instrumental

En una primera instancia se desarrolló y armó una placa prototipo que nos permitió evaluar el desempeño y compatibilidad del circuito del GPS elegido para el presente proyecto (Figura 1).

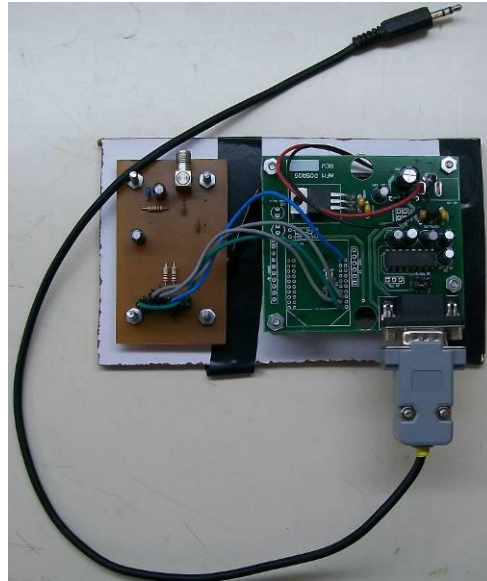


Figura 1: Placa prototipo previa para evaluación de GPS

Luego, una vez validado el sistema, se procedió al desarrollo del circuito esquemático e impreso del prototipo final según se observa en la figura 2 y 3. Finalmente se armó una placa prototipo para su evaluación a campo, Figura 4.

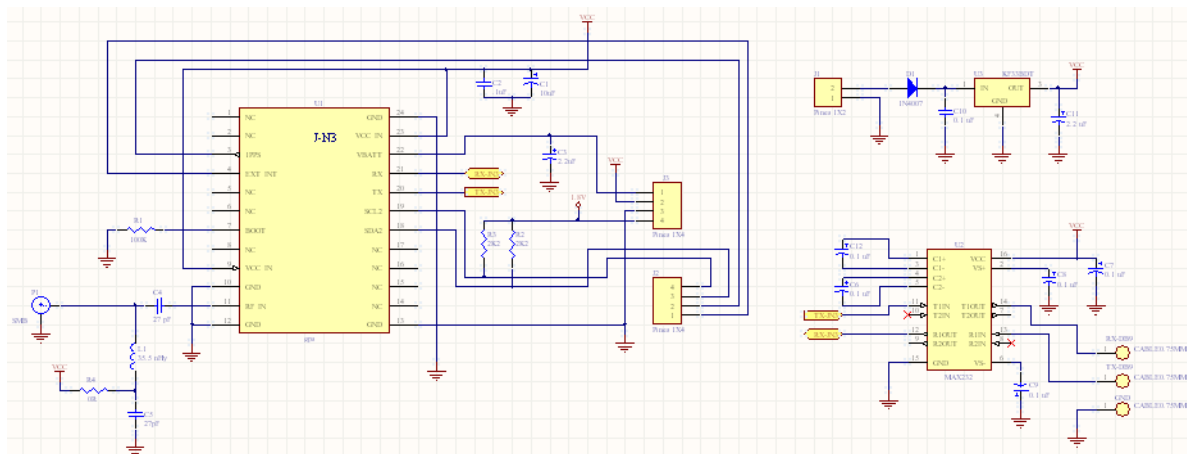
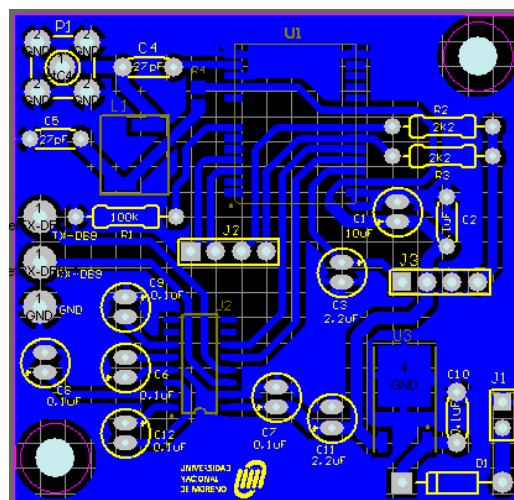


Figura 2: Circuito esquemático del sistema final



Cabe destacar que el circuito diseñado fue pensado para trabajar con 4 pilas AA y se eligió el GPS de la marca Telit en su modelo JN3, que se caracteriza por poseer una mayor sensibilidad en su receptor, lo que lo hace apto para funcionar con antenas pasivas. También el antes mencionado modelo de GPS se caracteriza por su reducido consumo, maximizando la duración de las baterías y su reducido tamaño lo que nos permitió una implementación realmente portátil y de simple adaptación en los equipos de medición existentes en el mercado.

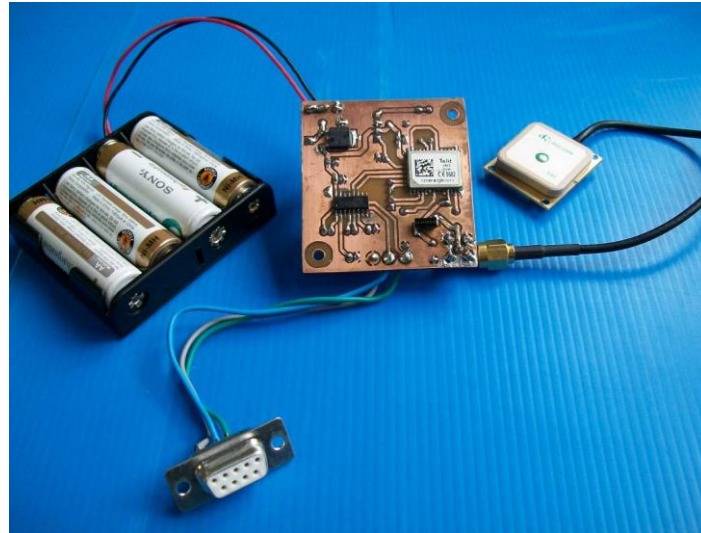


Figura 4: Placa prototipo del sistema final

Esta etapa del proyecto se encuentra finalizada en su totalidad y se adjuntan en los anexos los documentos correspondientes al diseño realizado.

Validación del sistema de georreferenciación

Para realizar la validación a campo del prototipo desarrollado, probando su correcto funcionamiento y compatibilidad con equipos existentes en el mercado, se utilizó un medidor de humedad de suelo de la firma Spectrum, modelo FieldScout TDR 300 (Figura 5). El antes mencionado instrumento permite la incorporación de un GPS externo para la toma de mediciones georreferenciadas.



Figura 5. FieldScout TDR 300

En la siguiente figura (Figura 6) se observa el montaje del prototipo desarrollado en el instrumento de medición



Figura 6: Montaje del prototipo en el instrumento FieldScout TDR 300

Para evaluar el funcionamiento del prototipo desarrollado, en el instrumento elegido, se realizaron una serie de mediciones en 6 sitios predefinidos en el INTA Castelar, según se puede ver en la Figura 7. La elección de los sitios se realizó cuidando que en los mismos no hubiese, dentro de lo posible, obstrucciones en la línea de vista de los satélites y fueron señalados con el uso de estacas numeradas (Figura 8).

Se realizaron un total de 12 repeticiones para cada uno de los 6 sitios elegidos, totalizando 72 lecturas de humedad de suelo. Las mediciones se realizaron en horarios prefijados, pero en diferentes días, para todos los sitios según el siguiente cronograma: 10Hs, 12Hs, 14Hs y a las 16 Hs.

Previo a la realización de las lecturas se realizó la configuración del equipo FieldScout TDR 300 por medio de la utilización de un software proporcionado por el fabricante. Se conectó la placa prototipo al instrumento y se verificó que el equipo detectase la presencia del GPS, esto fue comprobado gracias a la verificación de la indicación de presencia de GPS en el display del FieldScout.

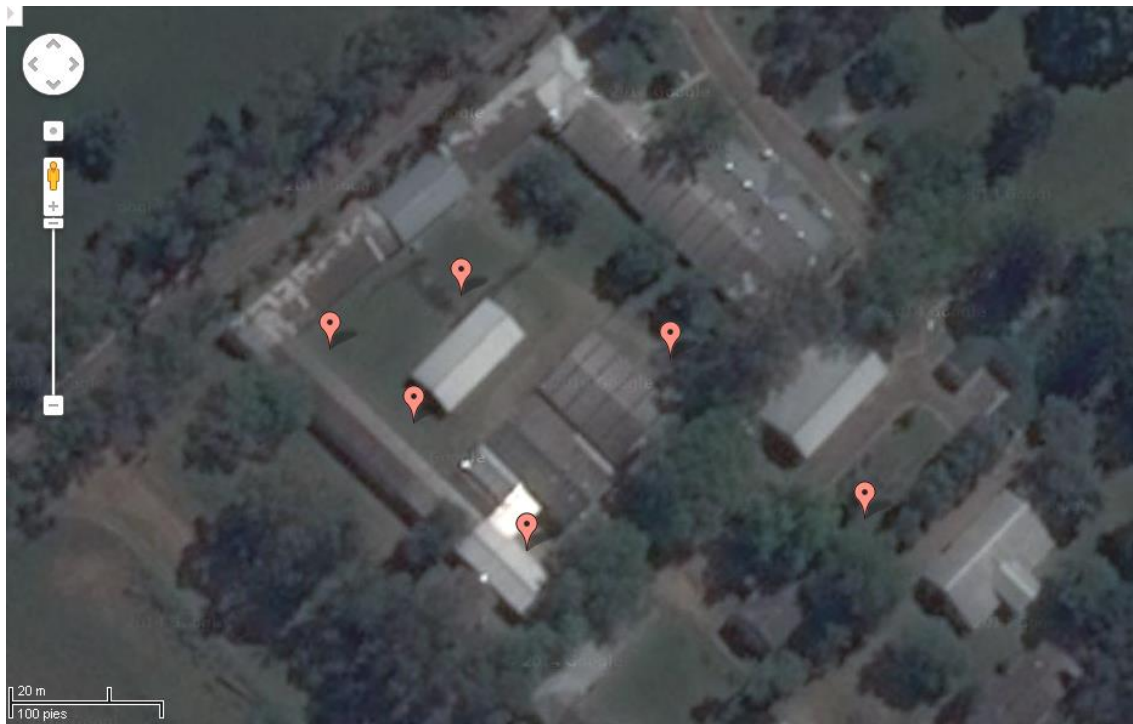


Figura 7: Elección de los sitios de ensayo



Figura 8: Estaca que señala uno de los sitios de medición

Las mediciones realizadas a campo fueron descargadas a una PC mediante la utilización de un cable serie provisto por el fabricante del instrumental y un adaptador USB-Serie proporcionado por el laboratorio. Figura 9.

En la figura 10 se aprecia uno de los archivos de datos proporcionados por el instrumental de medición. En el mismo se puede ver los valores de latitud y longitud proporcionados por el sistema de georreferenciación desarrollado, además de los valores de humedad de suelo.

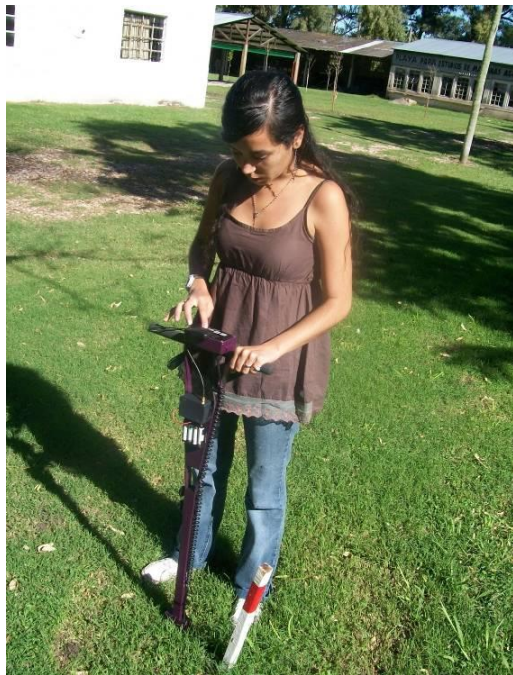


Figura 9: Toma de datos del ensayo

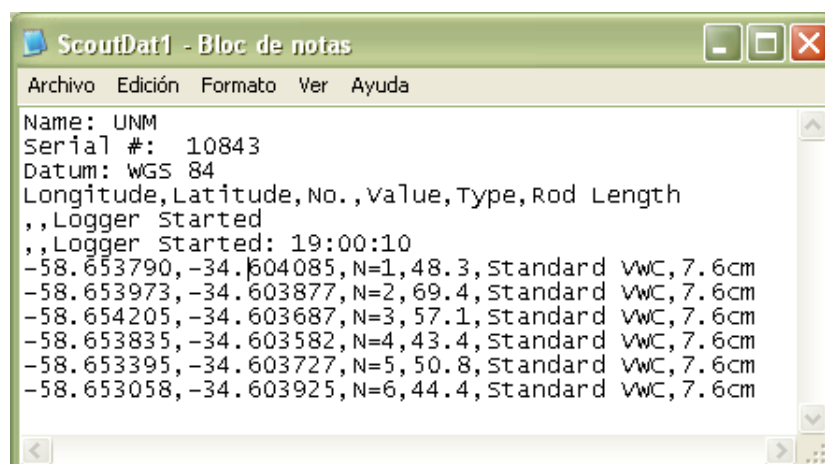


Figura 10: Datos georeferenciados descargados del instrumento de medición

3. Resultados y Discusión

Los datos recolectados fueron cargados en el Google Earth para verificar su correcta georeferenciación. Figura 11



Figura 11: Georreferenciación de los datos medidos en el ensayo

Del análisis de los valores recolectados de latitud y longitud aportados por el sistema desarrollado, para cada sitio de medición, pudimos observar diferencias que oscilan entre valores menores al metro y los 15 metros aproximadamente. Estos valores se encuentran dentro del error admisible para un sistema de georreferenciación estándar que no poseen ningún mecanismo de corrección, como sería el caso de los GPS diferenciales utilizados en las máquinas agrícolas. Las diferencias registradas se deben principalmente a las características propias del sistema de posicionamiento satelital GPS y solo se pueden disminuir utilizando alguno de los sistemas de corrección existente. En la Figura 12a se aprecia el sitio real de la medición (en rojo) respecto de la posición aportada por el GPS (en celeste) para todos los sitios de medición y en la Figura 12b se ve con mayor detalle uno de los sitios de medición.



Figura 12: (a) Valores medidos (celeste) vs Posicionamiento Real (rojo)
(b) Detalle de un punto de medición

Podemos concluir que el sistema desarrollado se ha desempeñado adecuadamente y los valores de posicionamiento proporcionados difieren del valor real en un error acorde a las características del GPS y la antena utilizada y son aceptables para georreferenciar muestras de equipos de relevamiento de variables utilizados en prácticas de agricultura de precisión. No obstante esto, es preciso mencionar que el error presentado en la localización por este tipo de equipos GPS, no los hace aptos para ser utilizados en máquinas precisas como pueden ser: pilotos automáticos, banderilleros satelitales, sembradoras de precisión, entre otros.

4. Conclusiones y recomendaciones

Podemos concluir que el sistema desarrollado se ha desempeñado adecuadamente y los valores de posicionamiento proporcionados difieren del valor real en un error acorde a las características del GPS y la antena utilizada y son aceptables para georreferenciar muestras de equipos de relevamiento de variables utilizados en prácticas de agricultura de precisión.

5. Referencias

- [1] Al Gaadi K.A., Ayers P.D. Integrating GIS and GPS into a spatially Variable Rate Herbicide Application System. – 2001
- [2] Bragachini M. Proyecto Agricultura de Precisión. Actualización Técnica N.º 7. EEA INTA Manfredi -Ediciones INTA - Febrero 2007.
- [3] USDA. World Agricultural Supply and demands estimates. United States Department of Agriculture, June 10, 2009.
- [4] Clark R.L., McGuckin R.L. Variable rate application equipment for precision farming. Written for presentation at 1996 Beltwide Cotton Conference- Jan 8-12 -1996 – Nashville – Tennessee – USA
- [5] Gavrić M. and M. Martinov. “Low Cost GPS-Based System for Site-Specific Farming at Flat Terrains – Case Study”. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript -ATOE 07 004. Vol. IX. July, 2007.
- [6] Gerhards R., Oebel H. Practical experiences with a system for site specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. European Weed Research Society – Weed Research – 2006 Vol 46 pp 185-193.
- [7] Heege H., Thiessen E. On the go sensing for site specific nitrogen top dressing. ASAE paper N.º 021113 in ASAE Meeting Presentation – Chicago – Illinois- USA – 28 al 31 de julio de 2002.
- [8] Link A., Panitz M., Reusch S. Hydro N-Sensor: Tractor Mounted remote sensing for variable nitrogen fertilization. In Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Managements – Minneapolis – USA – 14-17 de julio 2003.
- [9] Raymond S.G., Hilton P.J. Intelligent crop spraying: a prototype development. 1st International Conference in Sensing Technology – 2005 nov 21-23 – Palmerston North – New Zealand.
- [10] Tian, Lei. A “smart sprayer” for site specific weed management. Department of Crop Sciences – College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences – University of Illinois – USA – 2000.

- [11] Vogel J.W., Wolf R., Dille A. Evaluation of a variable rate application system for site-specific weed management. ASAE Paper N.º 051120 in 2005 ASAE Annual International Meeting – Tampa – Florida USA.
- [12] Zielman E., Graeff S., Link J., Batchelor W.D., Claupein W.: Assessment of cereal Nitrogen Requirements derived by the optical on-the-go sensors on heterogeneous soils. American Society of Agronomy – Madison – USA. Published on line 3- may – 2006. BARREDO CANO, J.I. (1996). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio*. Madrid: RA-MA. 264p.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO ANIMAL GEORREFERENCIADO PARA GANADERÍA DE PRECISIÓN.

Gorandi, Ezequiel Ricardo, INTA, gorandi.ezequiel@inta.gob.ar

Moltoni, Andrés Fernando, INTA, moltoni.andres@inta.gob.ar

Clemares Nicolás, INTA, clemares.nicolas@inta.gob.ar

Resumen— Con el desarrollo de las nuevas TICS, la ganadería de precisión se ha convertido en una herramienta fundamental para incrementar la eficiencia en los procesos productivos y posibilitar un mejor posicionamiento en los mercados. En este marco, el presente trabajo expone el diseño y evaluación de un sistema de monitoreo animal georreferenciado como insumo para investigadores de la producción ganadera. Consta de un collar con tecnología GPS y un servidor web que permite el almacenamiento y la recepción en tiempo real de los datos generados por el mismo. Se realizaron ensayos en diversas zonas del país para estudiar la etología animal, incluyendo patrones de pastoreo en sistemas extensivos y silvopastoriles. También fue utilizado en el estudio del comportamiento de perros pastores para la protección de ovinos en la Patagonia. Los resultados demuestran la robustez del sistema y los beneficios de su uso para los investigadores.

Palabras clave— *Agroelectrónica, TICS, Georreferenciación, Etología Animal, Trazabilidad.*

1. Introducción

La incorporación de innovaciones tecnológicas referentes a la informática y a las telecomunicaciones forma parte de un nuevo paradigma tecno-productivo basado en actividades intensivas en conocimiento. Esto incide en las actividades económicas de tal manera que genera cambios en las formas de organización del trabajo y en los mismos parámetros de la eficiencia productiva [1]. La producción ganadera no escapa a este contexto, y la recopilación de datos mediante la utilización de TICS (tecnologías de la información y la comunicación), permite obtener información de gran relevancia para la toma de decisiones.

La utilización de sistemas GPS (sistema de posicionamiento global) permite conocer la distribución espacial de los animales, y, a partir de esta información, inferir conclusiones sobre su comportamiento. Esto ayuda a entender ciertos resultados productivos no esperados, dado que este no puede manifestar su potencial si no satisface sus necesidades mínimas. Así, la etología ayuda a comprender estas necesidades de forma efectiva y coherente, disminuyendo la posibilidad de interpretaciones empíricas en las observaciones de los animales [2].

Por otra parte, el flujo transfronterizo de alimentos en diferentes estados de transformación trae aparejado un alto riesgo de contaminación de los productos agroalimentarios y de transmisión de enfermedades. Esta situación ha derivado en una creciente gravitación de las regulaciones, aumentando las exigencias en cuanto a etiquetado, trazabilidad y certificación

de los mismos [3]. Actualmente no es común el uso herramientas de trazabilidad con sistemas GPS en producciones ganaderas. Sin embargo, considerando el avance progresivo de las tecnologías electrónicas y la continua disminución del costo de las mismas, es posible pensar en futuros escenarios donde la georreferenciación de los animales y la traza del recorrido realizado por los mismos, permita generar valor agregado al brindar información sobre los procesos de producción utilizados.

En este contexto, se ha diseñado en el laboratorio de electrónica del Instituto de Ingeniería Rural (IIR), perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), un collar para monitoreo animal basado en tecnología GPS. Se ha estado trabajando con estos sistemas desde el año 2010 en conjunto con investigadores de distintas Estaciones Experimentales de INTA como son las de Santa Cruz, La Rioja, Balcarce, Famaillá, Cerrillos, San Luis, Bariloche y Colonia Benítez [4]. Se ha utilizado en distintas temáticas como en el análisis del consumo y comportamiento ingestivo en sistemas silvopastoriles, análisis de etología animal y seguimiento de rodeos de trashumancia de productores de tipo familiar. También se ha empleado como herramienta para el análisis de patrones de distribución e interacción entre perros pastores ovinos en sistemas extensivos. [5].

El objetivo del presente trabajo es la evaluación del funcionamiento del collar en dos ensayos realizados en Argentina, donde se trabaja con producción animal en sistemas silvopastoriles.

2. Materiales y Métodos

El sistema a evaluar se trata de un collar con tecnología GPS, que permite georreferenciar los animales monitoreados y trazar el recorrido realizado. Además se emplea una aplicación web mediante la cual los usuarios pueden almacenar los datos obtenidos en un servidor, ubicado en el IIR (INTA-Castelar), y acceder a los mismos remotamente.

El sistema electrónico implementado en el collar posee un módulo GPS comercial que obtiene las coordenadas instantáneas de la posición y se comunica mediante un protocolo NMEA 0183 (Asociación de Electrónica de la Marina Nacional, Estados Unidos). El sistema desarrollado ha sido configurado para aceptar sólo aquellos datos que hayan sido obtenidos con un HDOP (Dispersión de la precisión horizontal) igual a uno. Esto permite minimizar el error asociado a la medición, pero exige la visualización de una cantidad de satélites mayor, en comparación a otras configuraciones menos precisas, dificultando así la fijación de posición.

La frecuencia de muestreo del módulo GPS es configurable en el orden de los minutos. Sin embargo, es necesario aclarar que esta configuración es determinante para la autonomía del collar. Para incrementarla, el microcontrolador apaga el módulo GPS durante el lapso de tiempo entre cada muestra. Cada vez que el módulo es encendido nuevamente, ingresa en un modo de funcionamiento denominado “Cold Start”, en el cual se encarga de localizar la constelación de satélites visibles y calcular las coordenadas de su posicionamiento. El software implementado en el microcontrolador ha sido configurado para permitir al módulo GPS buscar dichos satélites durante 90 segundos. En condiciones normales esto debería ser suficiente dado que demora típicamente 45 segundos o menos si la recepción de la señal satelital es lo suficientemente alta y las interferencias son bajas.

Además se utiliza un microcontrolador de 8 bits que es el encargado de interrogar, a intervalos de tiempo prefijados, al módulo GPS, procesar la información y almacenarla en una memoria EEPROM (Memoria de sólo lectura programable y borrrable eléctricamente). Este sistema se alimenta con tres pilas recargables del tipo AA, con una capacidad 2100 mAh cada una.

Los datos almacenados en la memoria del collar se descargan a una pc utilizando un protocolo de comunicación serie de 9600 baudios. Para ello se ha desarrollado una aplicación basada en el lenguaje de programación Python, compatible tanto con sistemas Windows como Linux, que genera un archivo binario (de extensión “.bin”).

La aplicación web ha sido construida utilizando framework Symfony 2, basado en el lenguaje de programación PHP (Pre Hypertext-processor). Esta permite la carga de los datos recolectados y el almacenamiento de los mismos en el servidor. Estos pueden ser visualizados remotamente, en una funcionalidad basada en una API (interfaz de programación de aplicaciones) de Google Maps, o bien ser descargados en un archivo de formato csv (valores separados por coma) para ser analizados con cualquier software SIG (sistema de información geográfica).

Los ensayos realizados para evaluar el sistema descrito anteriormente, se han realizado en dos zonas de la Argentina:

La zona 1 (Figura 1) se ubica en Chamental, provincia de La Rioja, alrededor de las coordenadas 29°59'22.0"S 65°51'25.4"W. En esta zona se ha trabajado con ganado bovino. En este ensayo se trabajó con ganado bovino y se utilizaron 6 collares que registraron datos entre 10 y 12 días, dependiendo de la autonomía que presentaron cada uno de ellos. El tiempo entre muestras se configuró en 10 minutos. Esta zona presenta leves lomadas y vegetación abundante que podría interferir con la señal GPS. Se observa presencia de quebrachos blancos, con una altura promedio de 5 metros, y arbustales formados por especies como jarilla, breas, tititacos, con una altura promedio de 2,5 metros.

La zona 2 (Figura 2) se ubica en un cuadro de la Estancia Monte Dinero, sureste de la provincia de Santa Cruz. Para este ensayo se trabajó con ganado ovino y se utilizaron 8 collares que registraron datos entre 12 y 17 días tomando muestras cada 5 minutos. Vale aclarar que las baterías utilizadas en este ensayo poseen más capacidad que las utilizadas en el ensayo anterior, lo que permitió incrementar la autonomía y utilizar una frecuencia de muestreo mayor. Esta zona corresponde a una estepa con presencia de vegetación con una altura promedio de 80 centímetros.



Figura 1. Zona 1 de ensayo.
Fuente: <https://maps.google.com/>



Figura 2. Zona 2 de ensayo.
Fuente: <https://maps.google.com/>

3. Resultados y Discusión

Se ha observado que el sistema se ha comportado adecuadamente durante los ensayos realizados.

En las tablas 1 y 2 se presenta el porcentaje de datos perdidos para cada uno de los collares estudiados. Los datos perdidos se generan cuando, durante la etapa “Cold Start”, el módulo GPS no es capaz de fijar una posición válida con un HDOP igual a 1. En este caso el GPS envía una trama indicando el error y el microcontrolador la registra en la memoria. Puede observarse que el porcentaje para ambos ensayos son considerablemente bajas.

Contrariamente a lo esperado, este valor es mayor para el ensayo realizado en la zona de Santa Cruz donde la vegetación es menor. Es difícil concluir fehacientemente la razón por la cual se ha producido este resultado, sin embargo es posible que la posición austral de esta zona afecte la precisión del sistema GPS y dificulte la obtención de un dato válido para el HDOP utilizado [6]. Por otro lado, podemos observar que las características de la zona 2, descritas anteriormente, no tuvieron una incidencia considerable sobre la pérdida de datos.

Tabla 1. Cantidad de datos obtenidos y datos perdidos para el ensayo en la Zona 1.

Collar N°	Total de datos	Cantidad de datos perdidos	Porcentual de datos perdidos (%)
1	1462	7	0,48
2	1642	22	1,34
3	1863	12	0,64
4	1862	7	0,38
5	1577	5	0,32
6	1582	16	1,01
Total	9988	69	0,69

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. Cantidad de datos obtenidos y datos perdidos para el ensayo en la Zona 2.

Collar N°	Total de datos	Cantidad de datos perdidos	Porcentual de datos perdidos (%)
1	4128	131	3,17
2	4109	145	3,53
3	4595	60	1,31
4	3686	38	1,03
5	4852	38	0,78
6	5062	79	1,56
7	5164	53	1,03
8	3849	27	0,70
Total	35445	571	1,61

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos han permitido trazar el recorrido de los animales evaluados. En la Figura 1 y la Figura 2 puede observarse los resultados generados por un animal durante 24 horas de uso, para cada uno de los ensayos. En este caso, la ubicación en el mapa y el trazado del recorrido es realizada por la aplicación web ya mencionada.



Figura 3. Recorrido realizado por un animal en la Zona 1 durante un período de 24 horas.

Fuente: <http://agroelectronica.inta.gob.ar/>



Figura 4. Recorrido realizado por un animal en la Zona 2 durante un período de 24 horas.

Fuente: <http://agroelectronica.inta.gob.ar/>

Por otra parte, los collares no presentaron daños que comprometan al correcto funcionamiento del sistema.

Con respecto al bienestar de los animales usuarios del collar, no se registraron modificaciones en su comportamientos ni lesiones (cortaduras, irritación de la piel, etc) producidos por el uso de los mismos.

4. Conclusiones

El sistema evaluado demostró tener un comportamiento apto para el uso en ambientes silvopastoriles y de ganado extensivo. La tasa de pérdida de datos presentada en ambos ensayos a campo puede considerarse baja y se corresponde además con los resultados presentados por Moltoni *et al.* (2010) [3], en el cual se evalúa un sistema similar de monitoreo animal ensayado en parcelas de muestreo. A su vez, la fuerte adopción que ha tenido por parte de distintos investigadores del INTA y la utilización del mismo como herramienta para la generación de publicaciones y tesis de grado, da muestra del potencial de este tipo de sistema para el estudio de la etología animal y la trazabilidad.

Por último, cabe mencionar que el trabajo sinérgico con investigadores abocados a distintas temáticas del sector ganadero, permitió relevar requerimientos específicos de nuevas funcionalidades para ser incorporadas a futuros desarrollos de esta tecnología. Esto abre un escenario interesante para el desarrollo de distintos tipos de instrumentos orientados a correlacionar el recorrido realizado por el animal con distintas variables como son los movimientos corporales realizados, la frecuencia cardíaca y respiratoria y el tiempo de exposición al sol.

5. Referencias

- [1] ALBORNOZ IGNACIO (2006). Informática para el sector agrícola y ganadero en la Región Pampeana. In: DELFINI, M.; DUBBINI, D.; MANUEL, L; RIVERO, I. Innovación en tramas productivas de Argentina. Universidad Nacional de General Sarmiento. p 349.
- [2] PARANHOS DA COSTA, M.J.R. (2002). Ambiência e qualidade de carne. In: L.A. Josahkian (ed.) Anais do 5 o Congresso das Raças Zebuínas, ABCZ: UberabaMG pp. 170-174.
- [3] MOLTONI,A.; IRURUETA M.;NEGRI LIVIA.; DURO SEBASTIAN (2010). Evaluación de collares para rastreo de animales basados en tecnología GPS. En Actas del *World Congress and Exhibition Engineering 2010 Argentina*.
- [4] GORANDI E.; CLEMARES N.; MOLTONI A (2015); Collar con tecnología GPS para monitoreo animal. *Investigación y Desarrollo en Electrónica* ISSN: 2468-9696. Buenos Aires a. 2015 n. 2.
- [5] ORMAECHEA, S.G., MOLTONI, A., PERI, P.L (2014). Patrones de distribución e interacción entre un perro pastor y un ovino en un sistema extensivo de Patagonia Sur. *37º Congreso de la Asoc. Argentina de Producción Animal – RAPA 2014* Vol. xy, Supl. 1.
- [6] PAUL CORREIA (2012). *Guide pratique du GPS*. PARIS: Eyrolles. 246p.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

BEBIDA LÁCTEA: COMPORTAMIENTO DE STARTER COMERCIAL EN LACTOSUERO CAPRINO.

SERRANO, María G, ICyTA, Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, m_gime_s@hotmail.com

FRAU, Florencia, ICyTA, Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, ffrau@unse.edu.ar

AVILA, Ana Magdalena, ICyTA, Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

ARGAÑARAZ, Mariana, ICyTA, Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

PECE, Nora, ICyTA, Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, nora_pece@hotmail.com

Resumen— En Santiago del Estero la producción lechera caprina está orientada principalmente a la obtención de quesos y el lactosuero es un subproducto resultante de su elaboración, con un importante valor nutricional por su composición en proteínas, lactosa, vitaminas y sales minerales. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de un estarter comercial en lactosuero caprino para desarrollar un nuevo producto fermentado destinado al consumo como bebida. Se utilizó fermento láctico comercial y la fermentación se monitoreó durante 36 hs a 42 °C. Se evaluó la cinética de producción de acidez titulable, pH, proteína, grasa, sólidos totales, consumo de lactosa y se siguió el crecimiento de las bacterias lácticas (BAL). Los resultados obtenidos indican un elevado incremento en la producción de ácido láctico, debido al consumo de la lactosa por parte de los microorganismos durante la fermentación que se corresponde con el incremento en el número de BAL alcanzado: $1,9 \times 10^7$ UFC/ml. El proceso incluyó etapas previas y posteriores a la fermentación y tratamiento térmico para pasteurizar la materia prima. Los resultados demuestran que es factible aprovechar el lactosuero de origen caprino y transformarlo en un nuevo producto lácteo de elevado valor nutricional y bajo costo de producción. Se incluyó además el desarrollo del posible nombre comercial del producto.

Palabras clave— *lactosuero caprino, fermentación láctica, productos lácteos.*

1. Introducción

El lactosuero es un subproducto resultante del proceso de elaboración de quesos. En la cadena láctea caprina Argentina, existen 30 plantas elaboradoras de queso de cabra aproximadamente; el 70 por ciento de las mismas se encuentran en el Noroeste Argentino (NOA). Sólo cinco o seis empresas son grandes y consideradas “industrias”. La mayoría de éstas empresas del NOA tienen un promedio de producción de quesos de alrededor de 10.000 kg por año [1].

BEBIDA LÁCTEA: COMPORTAMIENTO DE STARTER COMERCIAL EN LACTOSUERO CAPRINO.

Santiago del Estero presenta en la región la mayor producción lechera caprina y está orientada principalmente a la obtención de quesos [2]. En el año 2000 de acuerdo con los datos consignados por Valenti [3] se procesaron 180.000 l de leche de cabra y se produjeron 21.900 kg de queso. Para esos niveles de producción, se producen alrededor de 158.000 l de suero al año.

El carácter estacional de la producción de leche de cabra en esta provincia además determina que la producción de quesos, y consecuente liberación del lactosuero, se concentre en los meses de julio a marzo.

La alta demanda biológica de oxígeno de estos desechos, estimada entre 30 y 50 mil partes por millón (ppm), los convierte en graves focos de contaminación ambiental.

Sin embargo, el lactosuero, presenta un importante valor nutricional por su contenido en proteínas, lactosa, vitaminas (grupo B y ácido ascórbico) y sales minerales (principalmente potasio, calcio, fósforo, sodio y magnesio). Las proteínas retenidas son de alto valor biológico por su contenido en triptófano, lisina y aminoácidos azufrados. Investigaciones recientes demostraron la diversidad de usos nutricionales de este producto, concluyéndose que es más beneficioso emplearlo que convertirlo en efluente [4].

En cuanto a minerales, el lactosuero puede contener aproximadamente el 90% del calcio, potasio, fósforo, sodio y magnesio presente en la leche [5] [6]. Estos minerales se transfieren al suero o a los permeados después de la coagulación de la proteína en la producción de la cuajada [7]. Investigaciones hechas en ratas evidencian que el calcio lácteo presente en la fracción del suero puede ser incluso más biodisponible en comparación con algunas fuentes de calcio utilizadas comercialmente como suplementos, entre ellas se mencionan, el carbonato de calcio, el citrato de calcio y el lactato de calcio [8] [9]. También Selvaggi [10] indica que alrededor del 75% de todas las proteínas de suero de leche son albúminas (α -lactoalbúminas y β -lactoglobulina) y son una valiosa fuente de péptidos bioactivos con actividad fisiológica adicional y que desde un punto de vista nutricional, las proteínas del suero de leche se han considerado superior a la caseína en varios aspectos y tienen un mejor perfil de aminoácidos, siendo similares a los de la leche humana. Es por ello que, las proteínas del suero se recomiendan para la formulación de los productos lácteos para sustitución de la leche bovina en la nutrición infantil. Las proteínas de suero de leche han sido implicados en una variedad de usos nutricionales y efectos fisiológicos, incluyendo, el rendimiento físico, la recuperación después del ejercicio, y la prevención de la atrofia muscular.

El suero lácteo también contiene compuestos biológicamente activos y péptidos bioactivos definidos, como fragmentos específicos de proteínas, que tienen un impacto positivo sobre funciones o condiciones corporales y que pueden influir sobre la salud humana, más allá de una nutrición normal y adecuada. Estos péptidos son resistentes a la acción de peptidasas digestivas, lo que les permite su absorción y paso al torrente sanguíneo sin ninguna alteración estructural para ejercer determinados efectos biológicos y fisiológicos [11] [12].

Entre los usos más frecuentes del lactosuero se menciona al suero concentrado natural, concentrado azucarado, suero en polvo, extracción de las proteínas, obtención del ácido láctico, panadería, pastelería, manteca de suero, alimentos infantiles, jarabe de lactosa hidrolizada, píldoras farmacéuticas, extracción de penicilina, alcohol butílico, acetona, vinagre de alcohol, acidificante para alimentos, resinas sintéticas, materias curtientes, cerveza y alimento para el ganado.

Las bebidas o fórmulas lácteas son bebidas nutricionales análogas de la leche, ideales para programas gubernamentales, que se pueden elaborar a partir de lactosueros no salados.

Debido a sus propiedades nutricionales, el bajo costo de obtención, y el escaso aprovechamiento industrial, el lactosuero se ha utilizado como uno de los ingredientes en la elaboración de bebidas fermentadas con una acidez final del 0.54%, y que han sido aceptadas por el consumidor [13].

Estos productos fermentados son considerados alimentos funcionales debido a que durante la fermentación las BAL generan metabolitos (ácidos orgánicos, péptidos, vitaminas, etc.) y eliminan o disminuyen la concentración de compuestos tóxicos, resultando en un efecto benéfico sobre la salud del consumidor.

En el mercado existe una amplia disponibilidad de fermentos lácticos comerciales, que se emplean para la elaboración de diferentes tipos de productos lácteos.

Experiencias llevadas a cabo en un biofermentador intermitente conteniendo 250 mililitros de lacto suero de leche de caprino con *Lactobacillus helveticus* con y sin suplemento con otros nutrientes, lograron producir hasta 18 gramos por litro de ácido láctico después de 50 horas operando a 42 °C demostrando que el lactosuero es un sustrato con muy buen potencial para ser utilizado en la producción de ácido láctico, aún sin el agregado de otros nutrientes [14].

Se busca aprovechar el lactosuero producido por la industria láctea local a favor de la obtención de un alimento saludable. En este contexto, el desarrollo de esta bebida fermentada con BAL es una alternativa innovadora para el uso del suero lácteo caprino, sin necesidad de grandes inversiones y grandes cambios en la fabricación de rutina. De este modo además, las industrias también reducen la contaminación del medio ambiente y se logra mejorar el valor nutricional del suero.

Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de fermentos lácticos comerciales, utilizados para la obtención de yogur, para elaborar una bebida láctea fermentada a partir del lactosuero caprino.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materia prima

El lactosuero se obtuvo de la elaboración de quesos de cabra frescos artesanales, de la cuenca lechera de Santiago del Estero. Se seleccionó un productor cuya leche ha sido caracterizada fisicoquímica y microbiológicamente en trabajos previos realizados [15]. Las muestras fueron extraídas del pool resultante de la elaboración diaria de quesos aún no salados, transportada refrigerada al laboratorio y luego conservada a -18°C hasta su empleo en la elaboración.

2.2 Elaboración de la bebida

Se estudió el proceso de elaboración de la bebida en función de lo descrito en la bibliografía [4] [16] [17] [18]. En una primera etapa se pasteurizó el suero crudo en frascos de vidrio a 75°C durante 20 min, con el fin de reducir la carga microbiana. Posteriormente se enfrió a 42°C y se inoculó con las cepas comerciales en condiciones de esterilidad. La cepa comercial empleada fue la SLB 95, de siembra directa, integrada por *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Se inoculó al 2% y se realizó la fermentación en estufa a 42°C durante 36 hs. Se tomaron muestras cada 2 hs para evaluar indirectamente el crecimiento microbiano mediante la determinación de acidez y pH. Además se tomaron muestras cada 4 hs para realizar la determinación del contenido de grasa, proteína, sólidos no grasos (SNG), lactosa y recuento microbiano. Finalmente se filtró el producto fermentado y se llevó a

envases de vidrio estériles, para su almacenamiento en heladera a 2°C. Los ensayos se realizaron por triplicado.

2.3 Análisis físicos y químicos del suero

Se determinó el contenido (%p/v) de: grasa, proteína, lactosa, SNG, empleando el analizador LactoStar Funke Gerber 3560 calibrado con lactosuero caprino de acuerdo a métodos oficiales [19]. Los sólidos totales (ST) se calcularon a partir de los datos de contenido de grasa y SNG.

Los análisis de pH, acidez titulable y cenizas empleando métodos oficiales [19].

2.4 Análisis microbiológicos del suero

Aerobios mesófilos totales empleando International Dairy Federation. Enumeration of Microorganisms-Plate Loop Technique at 30° C [20]. Standard FIL-IDF 131:1985.

Coliformes totales y fecales empleando ICMSF [21] [22].

3. Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se muestra el crecimiento de las BAL durante la fermentación y en la Figura 1 se representa la curva de crecimiento, correspondiente a este proceso. Estos datos permiten observar que el cultivo presenta su máxima velocidad específica de crecimiento (fase de crecimiento exponencial) durante las primeras 8 h. A partir de ese momento y hasta las 24 h de proceso la concentración de células viables se mantiene en sus valores máximos ($3,9 \times 10^8$ - $4,5 \times 10^8$ UFC/ml).

La cantidad de bacterias viables en el producto final, luego de 36 h fue de $6,38 \times 10^7$ UFC/ml como promedio, valor éste comprendido dentro de las especificaciones de calidad para las bacterias ácido-lácticas durante el proceso de fermentación del yogur.

También se observa que una vez alcanzada la máxima concentración de microorganismos no hubo un crecimiento celular significativo, debido al efecto inhibitorio del ácido láctico sobre el crecimiento celular, ampliamente reportado en la literatura [25] [26].

Tabla 1. Curva de crecimiento de BAL. UFC/ml vs. Tiempo.

Tiempo (h)	UFC/ml
0	$3,7 \times 10^4$
4	$6,7 \times 10^6$
8	$3,92 \times 10^8$
12	$3,74 \times 10^8$
16	$4,47 \times 10^8$
24	$4,00 \times 10^8$
36	$6,38 \times 10^7$

Fuente: elaboración propia.

Otros autores indicaron, en trabajos realizados con suero láctico de origen bovino, en los que el tiempo de fermentación para la bebida se calculó a partir del comienzo de la inoculación hasta que la obtención de un valor de pH cerca de 4.7 a 4.8, que los tiempos de fermentación

variaron desde 180 hasta 255 minutos, pero la diferencia en los niveles de azúcar en suero y fructooligosacáridos pueden haber influido ligeramente el tiempo de fermentación. Pinheiro [27], utilizando el cultivo que contiene *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* y *Bifidobacterium*, obtiene un valor promedio de 315 min en la preparación de yogur probiótico con edulcorantes.

En la Tabla 1 también puede observarse que el número de bacterias lácticas viables se encuentra dentro del rango consignado como requerimiento para leches fermentadas por el Código Alimentario Argentino. Este indica que los microorganismos de los cultivos utilizados deben ser viables activos y estar en concentración igual o superior a la consignada (10^6 - 10^7 UFC/g). Esto demuestra que el lactosuero es apto para el crecimiento bacteriano y además es posible que durante el proceso de incubación se haya producido una protooperación entre *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, como se ha reportado [23] [28].

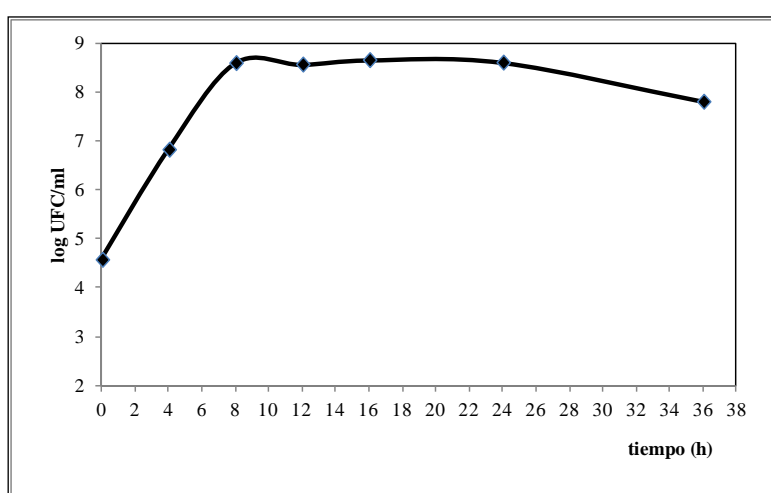


Figura 1. Curva de crecimiento de BAL. Log UFC/ml vs. Tiempo.

Fuente: elaboración propia

En la Figura 2 se observan las curvas correspondientes a las variaciones del pH, acidez titulable y % de lactosa durante el proceso de elaboración. Como resultado de la acción de las BAL, la concentración de ácido láctico en la bebida se incrementó en 5 veces respecto de los valores observados en el suero crudo. Por su parte, el pH decreció hasta 3,40, de un valor inicial de 6,37. En cuanto al contenido de lactosa en la bebida, disminuyó en 1,20 unidades.

En la Tabla 2 se presentan los valores correspondientes a la composición físico-química del suero de queso y la bebida fermentada, respectivamente. La composición química del suero lácteo caprino se vincula directamente con la composición de la leche de la que proviene y con el rendimiento quesero obtenido. Para el caso del suero empleado en este trabajo observamos que la relación proteínas/carbohidratos (medidos como lactosa), fue cercano a 0,2, en tanto que otros autores indican relaciones de 0,5 poco apropiadas para este tipo de proceso [14], evidenciando una pérdida importante de proteínas que pasan al suero. Se observa también una disminución de los sólidos totales de la bebida hasta 6,7% y un incremento en la cantidad de proteína bruta en la bebida obtenida a 0,86%. La disminución de los valores de grasas y sólidos totales, con respecto al suero crudo, puede deberse al proceso de filtrado que se realizó posterior a la fermentación con el propósito de mejorar la apariencia del producto final. El aumento en el contenido de proteína se puede ligar al crecimiento del cultivo láctico utilizado.

BEBIDA LÁCTEA: COMPORTAMIENTO DE STARTER COMERCIAL EN LACTOSUERO CAPRINO.

Se logró un incremento tiempo dependiente de la acidez del producto fermentado, así como una marcada disminución del pH. Ello demuestra que el fermento láctico comercial inoculado en el suero de queso logró crecer en este medio, gracias en parte, a la composición de nutrientes de la materia prima inicial. Sin embargo los valores de acidez titulable, medidos en ° Dornic, son muy inferiores a los observados en yogures (60 a 150°D).

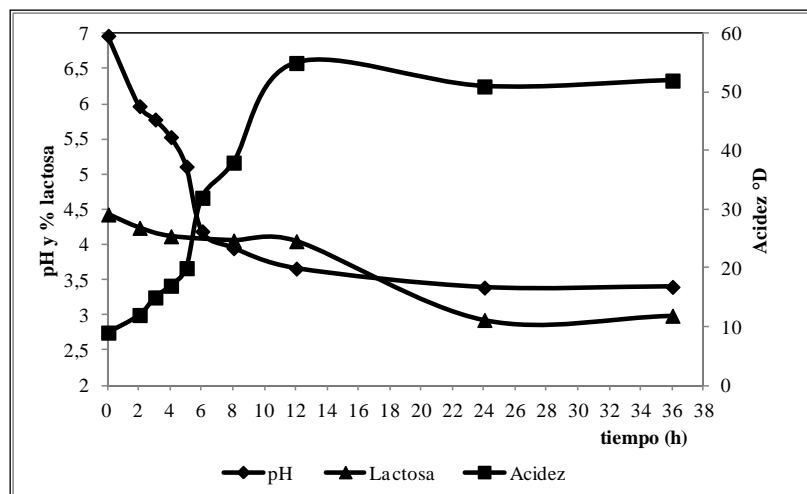


Figura 2. Variación del pH, acidez titulable y contenido de lactosa durante el proceso de fermentación del lactosuero caprino.

Fuente: elaboración propia

La disminución del contenido de lactosa durante el proceso de elaboración de la bebida fermentada puede ser atribuible a la metabolización de este compuesto en ácido láctico, como consecuencia del crecimiento y la actividad de los cultivos lácticos. Se debe recordar que estos cultivos utilizan la lactosa como fuente de carbono y energía para el crecimiento y la multiplicación celular. Resultados similares permiten explicar los cambios en las concentraciones de lactosa que ocurren durante la elaboración de yogur [23]. La hidrólisis de la lactosa modifica sus propiedades funcionales y previene la cristalización, aumentando la vida útil de los productos lácteos así como la disponibilidad de azúcares fácilmente fermentables [24]. Además la disminución del contenido de este azúcar le otorga a la bebida propiedades de interés para su empleo en casos de intolerancia a la lactosa.

Tabla 2. Características físico- químicas del Suero Crudo y Producto Final.

	Suero Crudo	Producto Final
Grasa	1.07% \pm 0.11	0,78% \pm 0.33
Proteína	0.79% \pm 0.04	0.86% \pm 0.03
Sólidos totales	7.04% \pm 0.18	6,7% \pm 0.22
Cenizas	0.46% \pm 0.06	0.50% \pm 0.06
Lactosa	4.25% \pm 0.30	2.99% \pm 0.33
Acidez	11°D \pm 2.77	52°D \pm 5.13
pH	6.37 \pm 0.23	3.4 \pm 0.55

Fuente: elaboración propia.

Los estudios microbiológicos de coliformes totales permitieron probar que la bebida fue realizada en condiciones higiénicas–sanitarias adecuadas, y que el número de organismos encontrados se encuentra dentro de las especificaciones de calidad microbiológica establecidas.

La evaluación de las características organolépticas de la bebida fermentada permitieron avalarla como un producto de sabor ligeramente ácido, agradable al paladar, muy similar a un yogur aromatizado.

El aroma y consistencia final se debe a que *L. bulgaricus* es responsable de la acidificación y *S. thermophilus* de la liberación de aroma [29]. Ambas bacterias del inóculo comercial empleado son productoras de exopolisacáridos que contribuyen a aumentar la viscosidad y alcanzar una textura más favorable en el producto final, además de evitar la adicción de estabilizantes [30].

Finalmente, a modo de completar el proceso, se incluyó el desarrollo del posible nombre comercial del producto. El nombre elegido fue *UpWhey*, para el cual además se diseñó una etiqueta con la cual podría ser comercializado (Figura 3).



Figura 3. Logo del posible producto comercial.
Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

El fermento comercial SLB 95 demostró capacidad para su desarrollo en lactosuero de origen caprino sin incorporación de nutrientes adicionales.

La curva de crecimiento de las BAL indica que al cabo de 8 horas de incubación se alcanzan las máximas concentraciones de microorganismos viables. El pH y la acidez alcanzan sus máximos valores a las 12 h.

Para obtener la máxima disminución del contenido de lactosa en la bebida fermentada es necesario que el proceso de fermentación se extienda al menos por 24 h.

Los resultados demuestran que es factible aprovechar el lactosuero de origen caprino para obtener una bebida de elevado valor nutricional, bajo costo de producción y agradable para el consumidor.

Se buscará continuar trabajando en el desarrollo de la bebida láctea a base de lactosuero caprino, incorporando jugos o pulpas regionales y evaluando posteriormente su valor nutricional.

Otra línea de investigación factible de desarrollar y que se encuentra en estudio es el diseño de inóculos para la elaboración de la bebida láctea fermentada, con la incorporación de cepas autóctonas de origen láctico caprino, productoras de exopolisacáridos, que han sido aisladas y conservadas en el cepario del Centro de Referencia de Lactobacilos (CERELA). Este nuevo aporte permitirá ofrecer productos lácteos saludables de calidad diferenciada.

5. Referencias

- [1] MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. (2011). Caracterización del sector caprino en la Argentina.
http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/procal/estudios/04_Caprino/SectorCaprino_Argentina.pdf. Consultado el 15 de junio de 2013.
- [2] PECE, N.; FRAU, F. (2008). Predicción del rendimiento quesero a partir de la composición de leche de cabra de raza Anglo Nubian en Santiago del Estero. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA (Tomo II)*. ISBN: 978-987-1341-39-9.
- [3] VALENTI, A. (2002). Mercado de lácteos caprinos. Informe Final. *Consejo Federal de Inversiones*.
- [4] LONDOÑO, M.M.; MARCIALES, B.N. (1999) Viabilidad del cultivo láctico en la elaboración de una bebida fermentada utilizando suero de queso fresco. Tesis Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 91 p.
- [5] WALZEM R; DILLARD C.; GERMAN J. (2002). Whey components: millennia of evolution create functionalities for mamalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. *Crit Rev Food Sci*. 42:353-75.
- [6] ABD EL-SALAM, M. H.; SAFINAZ EL-SHIBINY; SALEM A. (2009). Factors Affecting the Functional Properties of Whey Protein Products a Review. *Food Rev Internat*. 25 (3) 251-70.
- [7] KOBUKOWSKI, J.; SZPENDOWSKI, J.; SALMANOWICZ, J. (2006). Bioavailability of some microelements from post-ultrafiltration permeates and whey. *Pol. J. Food Nutr, Sci.*; 15/56, (SI 1): 95–100.
- [8] RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; LEINEN, S.D.; RAO, A. (1997). Bioavailability of calcium in a high calcium whey fraction. *Nutr Res*.17(11/12): 1663-7.
- [9] TOBA, Y.; TAKADA, Y.; TANAKA, M.; AOE, S. (1999). Comparison of the effects of milk components and calcium source on calcium bioavailability in growing male rats. *Nutrition Res*. 19 (3); 449-59.
- [10] SELVAGGI, M.; LAUDADIO, V. (2014). Major proteins in goat milk: an updated overview on genetic variability. *Mol Biol Rep* 41:1035–1048.
- [11] BAUMAN, D.; MATHER, I.; WALL R.; LOCK, A. (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J Dairy Sci*.89:1235-43.

- [12] MADUREIRA, AR.; TAVARES, T.; GOMES, A.M.; PINTADO, M.E.; MALCATA, F.X. (2010). Invited review: Physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. *J Dairy Sci.* 93: 437–55.
- [13] MIRANDA MIRANDA O, FONSECA PL, PONCE I, CEDEÑO C, SAM L, MARTÍ L. Bebida fermentada a partir del suero de queso. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. 2007.
- [14] PLATA PINZÓN, A.; RAMÍREZ, S. M.; RIAÑO, C. E.(2012). Chemical composition and viability of goat milk whey for the production of lactic acid with *Lactobacillus helveticus*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* – Volumen 3 Número 2 – julio-diciembre 2012 – ISSN 2145-6097.
- [15] FRAU, F.; FONT, G.; PAZ, R.; PECE, N. (2012). Composición físico-química y calidad microbiológica de leche de cabra en rebaño bajo sistema extensivo en Santiago del Estero (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* Vol 111 (1): 1-7.
- [16] MIRANDA MIRANDA, O.; FONSECA, P. L.; PONCE, I.; CEDEÑO C.; SAM RIVERO, L.; MARTÍ VÁZQUEZ, L. (2007). Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso. Características distintivas y control de calidad. *Rev Cubana Aliment Nutr*;17(2):103-108.
- [17] PEÑA, C.M.; FLÓREZ, E. (2001). Utilización del lactosuero de queso fresco en la elaboración de una bebida fermentada, con adición de pulpa de maracuyá (*Passifloras edulis*) y diferentes mezclas de carboximetilcelulosa (CMC), enriquecida con vitaminas A y D. Trabajo de grado. Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 180 p.
- [18] TEIXEIRA SBM, CARO CHAUCA RP, DO VALE H, ABREU LR, RIVEIRO AC. (2003). Elaboración de una bebida láctea a partir del suero Ricota. *Alimentaria*; 349:97-101.
- [19] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods Of Analysis Of AOAC International. 15th edition, Volume 2, 1990.
- [20] International Dairy Federation. Enumeration of Microorganisms-Plate Loop Technique at 30° C. Standard FIL-IDF 100B:1991.
- [21] ICMSFa. Recuento de coliformes: Técnica del número más probable (NMP). Método 2. ICMSF. Microorganismos de los Alimentos, Técnicas de análisis microbiológicos Volumen I. 2º Edición. Zaragoza, España: editorial Acribia; 128-140. 1996
- [22] ICMSFb. Determinación de organismos coliformes de origen fecal. Método 2 (Europeo). ICMSF. Microorganismos de los Alimentos, Técnicas de análisis microbiológicos Volumen I. 2º Edición. Zaragoza, España: editorial Acribia; 128-140. 1996
- [23] SAMONA AR; ROBINSON S; MARAKIS S. (1996). Acid production by bifidobacteria and yogurt bacteria during fermentation and storage of milk. *Food Microbiology*;13:275-80.
- [24] BARBERIS S.; SEGOVIA R. (2002). Maximun volumetric production of b-galactosidase by *Kluyveromyces fragilis*”. *J. Chem. Tech. Biotech.*, Vol.77, 706-710.
- [25] TRUJILLO M; SUÁREZ F; GALLEGGO D. (1998). Fermentación láctica en continuo a partir de suero dulce de leche desproteinizado. *Rev Col Biotechnol.* 1 (1): 45-50.

- [26] BALANNEC B; BOUGUETTOUCHA A; AMRANE A. (2007). Unstructured model for batch cultures without pH control of *Lactobacillus helveticus* – inhibitory effect of the undissociated lactic acid. *Biochem Engin J.*; 35(3): 289-294.
- [27] PINHEIRO, M. V. S. (2003). Caracterização de iogurtes fabricados com edulcorantes, fermentados por cultura láctica probiótica.. 196f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – IBILCE / UNESP, São José do Rio Preto.
- [28] SOYDEMIR, E. (2008). Determination of whey based medium requirements and growth characteristics for the production of yoghurt starter cultures. [Tesis de Maestría]. Pretoria. University of Pretoria.
- [29] PURWANDARI U; SHAH NP; VASILJEVIC T. (2007). Effects of exopolysaccharide-producing strains of *Streptococcus thermophilus* on technological and rheological properties of set-type yoghurt. *Int Dairy J*;17:1344–52.
- [30] JOLLY, L.; VINCENT, SJF; DUBOC, P.; NEESER, JR. (2002). Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Antonie Leeuwenhoek*; 82:367–74.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EFFECTO DE LA HARINA DE ARROZ PREGELATINIZADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE COCCIÓN DE FIDEOS LIBRES DE GLUTEN

Costa Macías Karina Eliana, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, karyhk7@gmail.com

Canepare Carlos, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Cereales y Oleaginosas, canepare@inti.gob.ar

Fournier Martín, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Cereales y Oleaginosas, fournier@inti.gob.ar

Apro Nicolás, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Cereales y Oleaginosas, napro@inti.gob.ar

Villarreal Myriam Elizabeth, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, mevilla4@gmail.com

Resumen— El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de harina de arroz pregelatinizado (AP) sobre las propiedades de cocción y color de fideos secos libres de gluten formulados con harinas de arroz (A), amaranto (AM), quinoa (Q) y algarroba (AL). Se elaboraron seis formulaciones de fideos con 3% de AL, mezclas de AM y Q a diferentes porcentajes: 10-20 (F1), 20-10 (F2), 20-20 (F3), y se completó el 100% con A o AP. Los fideos fueron secados con aire forzado caliente. Las propiedades de cocción (pérdidas por cocción, PC; incremento de peso, IP; absorción de agua, AbA; rendimiento de cocción, RC) fueron medidas luego de establecer el tiempo óptimo de cocción (TC). Las formulaciones con AP mostraron un incremento significativo ($p < 0,05$) del 20% en el TC y en las PC (F1': 140%, F2': 103% y F3': 106%) que las formuladas con A, y valores significativamente ($p < 0,05$) menores de AbA (F1: 0,45 g/g, F2: 0,75 g/g y F3: 0,48 g/g) y de IP (F1: 47%, F2: 91% y F3: 51%). Todas las formulaciones con AP incrementaron el color rojo (a^*) y amarillo (b^*), mientras que la luminosidad (L^*) no mostró diferencias significativas. Los fideos con A mostraron mejores propiedades de cocción que los formulados con AP.

Palabras clave: *arroz pregelatinizado, fideos sin gluten, propiedades de cocción.*

1. Introducción

En los últimos años se han incrementado las investigaciones de fuentes alternativas de harinas libres de gluten tendientes a reemplazar la harina de trigo en la elaboración de pastas secas, semisecas y/o frescas destinadas a personas con intolerancia al gluten [1, 2, 3]. Sin embargo, la sustitución de la harina de trigo, avena, cebada y centeno (TACC) por otras libres de gluten provoca comportamientos indeseables en las pastas, tales como ruptura de la red proteica que conduce a altas pérdidas de sólidos durante la cocción y texturas indeseables debido a la alta adhesividad o pegajosidad de las pastas [4].

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

Los fideos destinados a personas celíacas generalmente se elaboran a base de harinas de arroz, fécula de maíz y/o mandioca, por lo que presentan un reducido valor nutricional. En este sentido, surge el interés de estudiar harinas de granos, frutos, tubérculos y hortalizas que aporten nutrientes a las formulaciones de los fideos y además contribuyan a mejorar su estructura, la calidad de cocción y la textura de la pasta [5]. A los fines de mejorar las propiedades de cocción de las pastas, distintos autores [1, 3, 6] recomiendan el uso de aditivos; tales como la carboximetil celulosa, goma xántica, goma garrofin, almidones o harinas pregelatinizadas.

Nascimento et al [7] informan que el amaranto (*Amaranthus caudatus*) y la quinoa (*Chenopodium quinoa*) originarios de Jujuy, Argentina tienen un valor nutricional más alto que el arroz (*Oriza sativa*), con mayores contenidos de proteínas, fibra dietaria y minerales. La harina de frutos completos de algarroba (*Prosopis alba*) posee, por su parte, un alto contenido de fibra dietaria total (35% base seca) y carbohidratos no fibrosos [8], minerales (potasio, calcio) y buenas cantidades de hidrocoloides. Estas materias primas se constituyen en alternativas de interés para mejorar el valor nutricional y la estructura de las pastas para enfermos celíacos.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción y el color de fideos secos libre de gluten formulados con harinas de arroz crudo (A) y pregelatinizado (AP), amaranto (AM), quinoa (Q) y algarroba (AL).

2. Materiales y Métodos

2.1. Materias primas

Los granos de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*) fueron provistas por la Cooperativa CAUQUEVA de la provincia de Jujuy, Argentina y fueron molidas en un molino DEUSTCH con malla de 0,5 mm. Las vainas de algarroba (*Prosopis alba* sp) fueron adquiridas a la Cooperativa Agro Naciente de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Las vainas fueron secadas en estufa de aire forzado (DALVO, DHR/F/I) a 48 ± 2 °C y a velocidad de aire de 2 m/s por un período de 96 h, luego fueron molidos durante 90 s a 2900 rpm en un equipo de acción mecánica a cuchillas CROYDON. Las harinas de AM, Q y AL fueron tamizadas en un zarandeador-vibrador ZONYTEST, JR 2000. Se empleó la fracción de tamaño de partículas comprendida entre 500 µm (tamiz 35 ASTM) y 177 µm (tamiz 80 ASTM) para todas las harinas.

Las harinas de A y AP fueron provistas por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Cereales y Oleaginosas (INTI CyO) de la localidad de 9 de Julio, provincia de Buenos Aires, Argentina.

2.2. Preparación de fideos

Se elaboraron fideos, tipo macarrones, en Planta Piloto del INTI CyO según el procedimiento descrito en la Figura 1. Las operaciones de mezclado, formado de pasta y secado se realizaron en un equipo Parmigiana SG300 y en un secadero SAF200 con etapas programables y con controladores PID de temperatura y humedad, respectivamente.

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

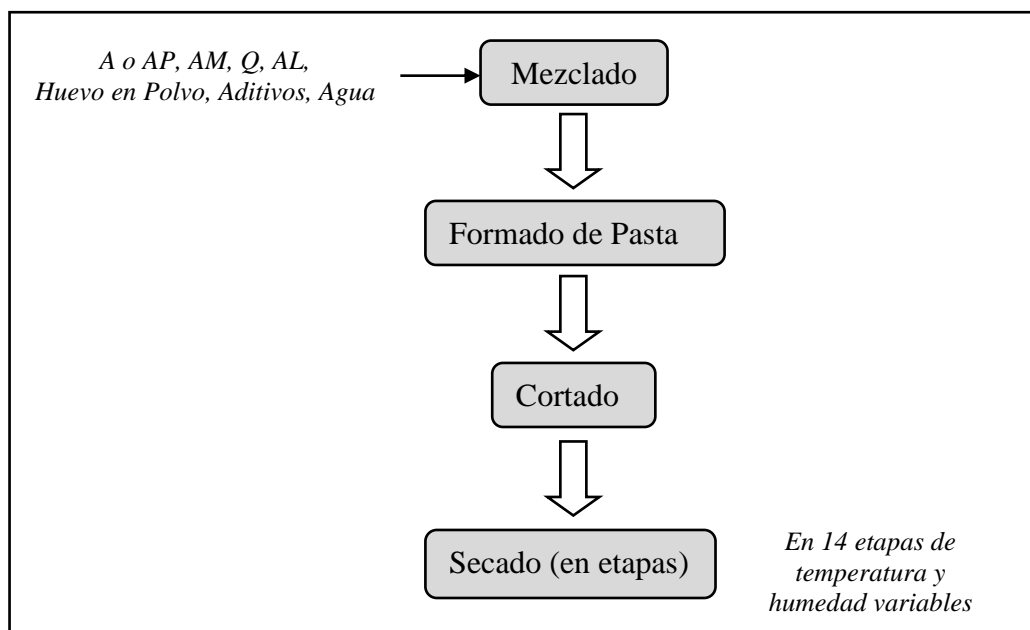


Figura 1. Proceso de elaboración de fideos secos

Las mezclas de las distintas harinas, aditivos y huevo se formularon empleando la técnica de Programación Lineal con apoyo de la herramienta “Solver” de la hoja de cálculo de Microsoft EXCEL v. 2010. Para la programación lineal se definieron restricciones en cuanto a los aportes mínimos de proteínas ($\geq 10\%$) y de fibra dietaria total ($\geq 4\%$).

Los pesos de las materias primas usadas para preparar las distintas muestras y los símbolos empleados para identificarlas se detallan en la Tabla 1.

Los seis tipos de macarrones producidos fueron comparados entre ellos distinguiendo entre formulaciones con A y con AP.

Tabla 1. Formulaciones de fideos libres de gluten.

MATERIA PRIMA (%)	FORMULACIÓN					
	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>F1'</i>	<i>F2'</i>	<i>F3'</i>
A	46,81	46,81	39,72	18,31	18,06	11,11
AP	-	-	-	28,17	27,78	27,78
Q	14,18	7,09	14,18	14,08	6,94	13,89
AM	7,09	14,18	14,18	7,04	13,89	13,89
AL	2,13	2,13	2,13	2,11	2,08	2,08
Carboximetilcelulosa	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Goma Xántica	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Huevo en Polvo	4,26	4,26	4,26	4,23	4,17	4,17
Agua	24,82	24,82	24,82	25,35	26,39	26,39

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

2.3. Composición Proximal

La composición proximal preliminar de los fideos se estimó a partir de la información nutricional de las materias primas, usadas en este trabajo, informadas por Nascimento et al [7] y Lescano et al [8].

El valor energético de las pastas se estimó considerando la composición porcentual de cada uno de los componentes y un aporte de 4 kcal/g para carbohidratos y proteínas y de 9 kcal/g para las grasas.

2.4. Evaluación Calidad de los Fideos

2.4.1. Color

El color de los fideos libres de gluten crudos y cocidos se midió en la escala de color CIELAB usando un equipo Minolta Chroma Meter CR-400/410. Los fideos crudos fueron molidos en un molino de laboratorio DURABRAND previo a realizar las lecturas. Se registraron los valores de luminosidad (L^*) y las coordenadas de cromaticidad rojo - verde ($\pm a^*$) y amarillo-azul ($\pm b^*$).

2.4.2. Tiempo óptimo de cocción (TC)

El tiempo óptimo de cocción de los fideos sin gluten se determinó utilizando el método 66-50 de la American Association Cereal Chemistry (AACC) [9].

Se tomaron muestras de fideos a intervalos de 30 s durante la cocción, se apretó el fideo entre dos portaobjetos transparentes de vidrio. Los fideos se consideraron cocidos una vez que su núcleo blanco no fue visible. El tiempo necesario para llegar a este punto es el TC óptimo.

2.4.3. Propiedades de cocción

Las diferentes propiedades de cocción: pérdidas por cocción (PC), absorción de agua (AbA), incremento de peso (IP) y rendimiento de la cocción (R) se midieron según los procedimientos descriptos en el método 66-50 de la AACC [9].

10 g de fideos fueron colocados en 200 ml de agua a ebullición en un vaso de precipitado de 500 ml y se cocinaron durante el TC óptimo previamente determinado. Luego se escurrieron en un colador de malla fina, se separó el agua de cocción y se secó a $105 \pm 1^\circ\text{C}$. Los fideos, por su parte se enjuagaron con 50 ml de agua destilada a temperatura ambiente y drenada por 30 s antes de ser pesados.

Las PC, AbA y R se determinaron según las ecuaciones 1, 2 y 3, propuestas por Chillo et al. [3], Li et al. [10] y Ye & Sui [11], respectivamente. El IP se determinó según la ecuación 4:

$$PC(\%) = \frac{ss \text{ agua de coccion} \times 100}{ss \text{ fideo}} \quad (1)$$

$$AbA = \frac{\text{Peso fideo cocido (g)}}{\text{Peso fideo crudo(g)}} \quad (2)$$

$$R = \frac{\text{Peso fideo cocido (g)}}{\text{Peso fideo crudo (g)}} \times 100 \quad (3)$$

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

$$IP(\%) = \frac{\text{Peso fideo cocido (g)} - \text{Peso fideo crudo (g)}}{\text{Peso fideo crudo (g)}} \times 100 \quad (4)$$

2.5. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó usando el software INFOSTAT [12]. Los datos fueron evaluados usando el análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) para un nivel de significancia $P \leq 0,05$. Se empleó el test de comparaciones múltiples de Duncan para establecer las diferencias significantes entre formulaciones.

3. Resultados y Discusión

3.1. Composición Proximal

La composición proximal y el valor energético estimado de las distintas pastas formuladas se detallan en la Tabla 2. El contenido de proteínas en los fideos osciló entre 10,02 g/100g y 11,06 g/100g, mientras que los valores de fibra dietaria total estuvieron entre 4,48 g/100g y 5,77 g/100g. Las formulas F3 y F3' con mayores contenidos de harinas de AM y Q ($\approx 28\%$) son las que mostraron los mayores contenidos de proteínas y de fibra dietaria total.

La fibra insoluble representó entre el 66% y el 68% de la fibra dietaria total. La harina de AL es el componente de mayor contenido de fibra dietaria total (35,15 g/100g) comparativamente con las harinas de AM (11,30 g/100g), Q (10,40 g/100g) y A (1,50 g/100g). La harina de AL interviene en las formulaciones solo con un 2%. Sin embargo, aporta aproximadamente el 16% del total de fibra, mayor que el 14% que aporta la harina de A que interviene con un 40% en la formulación de los fideos con mayores contenidos de AM y Q.

Tabla 2. Composición Proximal y Energía de fideos libres de gluten crudos y cocidos.

NUTRIENTES	F1	F2	F3	F1'	F2'	F3'
Humedad (g/100g)	10,66	10,08	10,18	10,26	11,97	11,18
Proteína (g/100g)	10,59	10,67	11,06	10,23	10,02	10,93
Lípidos (g/100g)	5,42	5,32	5,76	5,09	5,72	5,70
Carbohidratos (g/100g)	67,62	67,63	65,71	68,41	65,50	64,96
Fibra Dietaria Total (g/100g)	4,48	4,94	5,77	4,71	5,31	5,72
- Fibra Dietaria Soluble (g/100g)	1,98	2,10	2,40	2,08	2,26	2,38
- Fibra Dietaria Insoluble (g/100g)	2,50	2,84	3,37	2,63	3,05	3,34
Cenizas (g/100g)	1,23	1,37	1,53	1,29	1,47	1,52
ENERGIA (kcal)	350,09	374,54	372,01	368,15	402,81	368,61

Fuente: elaboración propia

Una ración de 100 g de fideos de las distintas formulaciones realizaría aportes energéticos que representan entre el 35% al 40% de los requerimientos diarios de energía, basados en una dieta de 2000 kcal/persona día.

3.2. Evaluación de Color

El color es uno de los parámetros de calidad más importantes considerado por los consumidores de pastas. En la Tabla 3 se presentan las características de color de fideos crudos y cocidos, elaborados con la mezcla de harinas de libres de gluten.

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

Tabla 3. Evaluación de color de fideos libres de gluten crudos y cocidos^a.

Fórmula	Color Fideos Secos			Color Fideos Cocidos		
	*L	*a	*b	*L	*a	*b
F1	78,83±3,10 ^{AB}	6,00±1,39 ^{BC}	22,04±2,47 ^{AB}	50,85±4,21 ^C	13,76±1,78 ^C	41,79±5,30 ^{CD}
F2	78,69±3,73 ^{AB}	5,85±2,83 ^{BC}	21,23±4,85 ^{AB}	42,15±1,19 ^{AB}	14,58±0,98 ^{CD}	40,52±1,67 ^C
F3	82,02±5,00 ^B	4,5±0,75 ^{AB}	19,15±2,25 ^A	39,33±6,96 ^A	14,94±1,62 ^{DE}	38,17±2,93 ^B
F1'	78,65±3,89 ^A	6,84±2,95 ^{CD}	24,8±5,65 ^{BC}	50,64±5,42 ^C	15,62±1,62 ^E	46,44±3,15 ^F
F2'	76,61±2,17 ^A	8,31±3,39 ^D	26,25±5,86 ^{BC}	49,45±3,34 ^C	17,1±1,63 ^F	46,57±4,66 ^F
F3'	76,69±3,78 ^A	7,88±2,26 ^{CD}	25,09±3,01 ^{BC}	42,37±5,17 ^B	18,31±1,42 ^G	43,17±3,54 ^{DE}

^a Valores medios ± desviación estándar (n=5). Valores en las columnas y filas con diferentes superíndices para idénticos parámetros son significativamente diferentes (P≤0,05)

No se observaron diferencias significativas (P≤0,05) en los valores de luminosidad *L entre las formulaciones de fideos crudos con A y AP, a excepción de los fideos elaborados con los mayores contenidos de harinas de AM (14,18%) y Q (14,18%) que presentaron un valor de *L más alto.

Los fideos cocidos, en todos los casos, mostraron valores de *L significativamente menores (P≤0,05) que sus homólogos crudos. Comportamientos similares fueron obtenidos para fideos espaguetis libres de gluten elaborados con harina de plátano, garbanzo y maíz [13], fideos de trigo fortificados con garbanzo [14] y fideos comerciales de trigo [15]. Sin embargo, los valores obtenidos en este estudio (entre 39,3 y 50,8) fueron menores a los informados por estos autores.

Los fideos crudos presentaron valores positivos bajos de *a (entre +4,5 y +8,3) y valores positivos más altos de *b (entre +19,1 y +26,2), lo cual ubica a estas pastas libres de gluten en el cuadrante rojo-amarillo con baja intensidad, siendo la formula F3 la de menor intensidad comparativa. Por otro lado, se observaron valores positivos más altos de ambas coordenadas de cromaticidad (+13,76≤ *a ≤+18,31 y +38,17≤ *b ≤+46,57), resultados que sitúan a los fideos cocidos en el cuadrante rojo-amarillo con intensidad media. Esta mayor intensidad en los fideos cocidos podría atribuirse a los pigmentos desarrollados en las reacciones de Maillard durante la cocción.

En todos los casos se observó un incremento de los parámetros de cromaticidad, *a y *b, en las formulaciones con AP con respecto a las elaboradas con A.

3.3. Calidad de cocción

Los TC y los parámetros que definen la calidad de cocción de los fideos macarrones formulados se resume en la Tabla 4.

El TC influye sobre la textura y el sabor de las pastas, si estas no están bien cocidas su textura es dura y su sabor es característico de la/s harina/s; y si el TC es mayor al requerido, se desintegran, presentan una textura muy blanda y pegajosa y su color cambia, aspectos considerados desagradables para los consumidores [16].

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

Tabla 4. Propiedades de cocción de fideos libres de gluten formulados con mezclas de harinas de A, AP, AM, Q y AL^a

Formula	TC (min)	PC (%)	AbA (g/g)	IP (%)	R (%)
F1	5	5,52±0,16 ^A	2,26 ± 0,11 ^B	152,62 ± 12,15 ^B	226,46 ± 10,89 ^B
F2	5	6,39 ± 0,02 ^A	2,46 ± 0,02 ^C	173,92 ± 1,63 ^C	246,42 ± 1,47 ^C
F3	5	6,19 ± 0,01 ^A	2,25 ± 0,02 ^B	150,32 ± 2,06 ^B	225,10 ± 1,85 ^B
F1'	6	13,38 ± 0,38 ^B	1,81 ± 0,09 ^A	103,83 ± 10,28 ^A	181,71 ± 9,16 ^A
F2'	6	13,01 ± 1,50 ^B	1,71 ± 0,01 ^A	90,95 ± 1,58 ^A	171,11 ± 1,42 ^A
F3'	6	12,78 ± 0,64 ^B	1,77 ± 0,03 ^A	99,58 ± 3,72 ^A	177,26 ± 3,30 ^A

^a Valores medios ± desviación estándar (n=5). Valores en las columnas y filas con diferentes superíndices para idénticos parámetros son significativamente diferentes (P≤0,05)

Los TC de las formulaciones con AP mostraron un incremento significativo ($p < 0,05$), del orden del 20%, con respecto a los fideos formulados con A. Estos resultados probablemente se deban a que los gránulos de almidón pregelatinizados son de mayor volumen, debido a que se encuentran hinchados, y por lo tanto dificultan el ingreso de agua al centro del fideo. Por otro lado, se observó que los TC obtenidos en este trabajo son del orden de los informados por otros autores para pastas sin gluten con carboximetil celulosa y almidones pregelatinizados [3, 6].

Las PC de los fideos elaborados con AP fueron significativamente mayores (F1': 140%, F2': 103% y F3': 106%) que los fideos formulados con A. Resultados similares fueron obtenidos por Chillo et al [6] para fideos libres de gluten a base de harinas de amaranto, carboximetil celulosa y almidón pregelatinizado de maíz. Estas mayores PC podrían atribuirse a un incremento de la solubilidad de los almidones pregelatinizados y al secado de las pastas a bajas temperaturas, en coincidencia con lo informado por Torres et al [17] y Bergman et al [18]. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones elaboradas con A y distintas proporciones de AM:Q, ni entre las formulaciones homólogas elaboradas con AP.

Los resultados de PC de los fideos elaborados con A de este trabajo se encuentran dentro de los estándares de pasta de calidad, de acuerdo con los criterios enunciados por Hummel [19]. PC de hasta el 6% son características de pasta de trigo de muy buena calidad, hasta 8% de pasta de calidad media y valores iguales o superiores a 10 % son características de masas de mala calidad. Donnelly [20] también considera 8% como el valor máximo de PC aceptable.

Los fideos elaborados con AP presentaron valores significativamente ($P \leq 0,05$) menores de AbA (F1': 0,45 g/g, F2': 0,75 g/g y F3': 0,48 g/g), de IP (F1': 47%, F2': 91% y F3': 51%) y de R (F1': 45%, F2': 75% y F3': 48%) que los fideos formulados con A. Una baja capacidad de absorción de agua de la pasta disminuye el volumen y el peso de los fideos cocidos y por lo tanto el rendimiento de los mismos [21].

4. Conclusiones

La sustitución parcial de harina de arroz, cruda o pregelatinizada, por harinas de Q, AM y AL en las formulaciones de pastas libres de gluten mejoró el contenido de proteínas ($> 10\%$) y de fibra dietaria total ($> 4\%$), que mejoraron el valor nutricional de los fideos.

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

Todas las formulaciones de fideos crudos presentaron valores de luminosidad (*L) mayores que las formulaciones homólogas de fideos cocidos. En todos los casos los fideos presentaron valores positivos de *a y *b, lo cual ubica a estas pastas libres de gluten en el cuadrante rojo-amarillo en las coordenadas de cromaticidad. Los fideos cocidos mostraron una mayor intensidad de color que las pastas crudas.

Con respecto a las propiedades de cocción, las formulaciones con AP presentan valores superiores de TC y PC que las formuladas con A, esto último posiblemente debido a un incremento en la solubilidad de los almidones pregelatinizados. Asimismo, se observó una menor AbA de los fideos formulados con AP, lo cual disminuyó el IP y el R.

Conforme a esto, se puede concluir que las formulaciones de fideos libres de gluten con A presentaron las mejores características de cocción.

5. Agradecimientos

El presente trabajo fue llevado a cabo gracias a la colaboración técnica y a la excelente disposición para el uso de los equipos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Cereales y Oleaginosas de la ciudad de 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina.

6. Referencias

- [1] CHILLO, S.; LAVERSE, J.; FALCONE, P.M.; DEL NOBILE, M. A. (2008). Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chickpea. *Journal of Food Engineering*, v. 84, p. 101-107.
- [2] FIORDA, F. A., SOARES, M. S., DA SILVA, F. A., GROSMANN, M. V. E., SOUTO, L. R. F. (2013). Microestructure, texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse. *Food Science and Technology e Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v.54, p.132-138.
- [3] CHILLO, S.; CIVICA, V.; LANNETTI, M.; SORIANO, N.; MASTROMATTEO, M.; DEL NOBILE, M. A. (2009). Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. *Carbohydrate Polymers*, v.78, p. 932-937.
- [4] PAGANI, M.A. (1986). Pasta products from non-conventional raw materials. In: MERCIER, C., CANTARELLI, C. (Ed.) *Pasta and Extrusion Cooked Foods – Some Technological and Nutritional Aspects*. London: Elsevier Applied Science Publishers, p.52 - 68.
- [5] DEXTER, J. E., MATSUO, R. R., MORGAN, B. C. (1983). Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. *Journal of Food Science*, v.48, p.1545.
- [6] CHILLO, S., LAVERSE, J., FALCONE, P.M., DEL NOBILE, M.A. (2007). Effect of carboxymethylcellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti. *Journal of Food Engineering*, v.83, p.492–500.
- [7] NASCIMENTO, A. C., MOTA, C., COELHO, I., GUEIFÃO, S., SANTOS, M., MATOS, A. S., GIMENEZ, A., LOBO, M., SAMMAN, N., CASTANHEIRA, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthuscaudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, v.148, p. 420–426.

Efecto de la harina de arroz pregelatinizado sobre las propiedades de cocción de fideos libres de gluten.

- [8] LESCANO, N.E.; COSTA MACÍAS, K.E.; LOBOS, M.; VILLARREAL, M.E.; SAMMAN, N.C. (2015). Modelado de la cinética de absorción de agua harinas de frutos y granos del noroeste argentino. *Libro de Actas XV Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Buenos Aires, Argentina.
- [9] AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Approved Methods*, 10th ed., St. Paul: AACC, 2000.
- [10] LI, M., ZHU, K., SUN, Q., AMZA, T., GUO, X, ZHOU, H. (2016). Quality characteristics, structural changes, and storage stability of semi-dried noodles induced by moderate dehydration Understanding the quality changes in semi-dried noodles. *Food Chemistry*, v.194, p.797-804.
- [11] YE, X., SUI, Z. (2016). Physicochemical properties and starch digestibility of Chinese noodles in relation to optimal cooking time. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.84, p.428-433.
- [12] DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. (2008). InfoStat (Software), GrupoInfoStat, FCA-UNCo, Argentina.
- [13] FLORES-SILVA, P. C.; BERRIOS, J. D. J.; PAN, J.; AGAMA-ACEVEDO, E.; MONSALVE-GONZÁLEZ, A.; BELLO-PÉREZ, L. A. (2014). Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: Physicochemical, texture and sensory properties. *CyTA–Journal of Food*. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>.
- [14] WOOD, J.A. (2009). Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. *Journal of Cereal Science*, v.49, p.128-133.
- [15] MARTINEZ, C.; RIBOTTA, P.; LEÓN, C.; AÑÓN, C. (2007). Physical, sensory and chemical evaluation of cooked spaghetti. *Journal of Texture Studies*, v.38, p.666-683.
- [16] SAMMAN, J. EL-KHAYAT, G.; MANTHEY, F.; FULLER, M.; BRENNAM, C. (2006) Durum wheat quality: II. The relationship of kernel physicochemical composition to semolina quality and end product utilization. *International Journal Food Science and Technology*, v41, n.2, p.47-55.
- [17] GRANITO, M., TORRES, A.; GUERRA, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y Vignasinensis. *Interciencia*, v.28, n.7, p.372-379.
- [18] BERGMAN, C.; GUALBERTO, D.; WEBER, C. (1996). Nutritional evaluation of a high-temperature dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata*) (L) Walp. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v.46, n.2, p.146-153.
- [19] HUMMEL, C. (1966). Macaroni products. London: *Food Trade Press*, 287p.
- [20] DONNELLY, B.J. (1979). Pasta products: Raw material, Technology, Evaluation. *The Macaroni Journal*, v.61, n., p.6-7, 10, 12, 14-15, 18.
- [21] RODRIGUES FERREIRA, S. M., DE MELLO, A. P., ROSA DOS ANJOS, M. C., HECKE KRÜGER, C. C., MOREIRA AZOUBEL, P., OLIVEIRA ALVES, M. A. (2015) Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. *Food Chemistry*, v.191, p.147-151.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN CONTEXTOS RURALES DESFAVORABLES

Lescano Natalia Emilce, CONICET- Universidad Nacional de Santiago del Estero,

natylescano@hotmail.com

Villarreal Myriam Elizabeth, Universidad Nacional de Santiago del Estero,

mevilla4@gmail.com

Resumen— En el presente trabajo se evaluó la factibilidad de implementar Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en establecimientos procesadores de alimentos para consumo humano, establecidas por Resolución MERCOSUR/GMC N° 80/96, en contextos rurales desfavorables. La adecuación a la normativa es condición necesaria y obligatoria para comercializar productos alimentarios y asegurar condiciones de inocuidad. Se trabajó con productores rurales de las localidades de Guanaco Sombriana y San Gerónimo, Departamentos Atamisqui y Loreto, Santiago del Estero, Argentina. Las organizaciones se dedican, principalmente, a la recolección y procesamiento de frutos del bosque nativo de la provincia, especialmente vainas de *Prosopis sp.* Ambas asociaciones, durante el período de estudio, poseían escaso equipamiento, infraestructura deficitaria, sin acceso a servicios de agua y energía eléctrica de red, recursos humanos no especializados, limitada asistencia técnica y escasa experiencia en la recolección, tratamientos post-cosecha de los frutos y procesos de elaboración bajo condiciones higiénico-sanitarias adecuadas. Sin embargo, mostraron experiencia de manejo de las etapas de secado, molienda y elaboración de productos derivados, conforme a las prácticas tradicionales y en ambientes desfavorables; excelente predisposición para superar sus dificultades y para trabajar en equipo. En este marco se propusieron y ejecutaron acciones progresivas que permitieron iniciar procesos de elaboración de alimentos inocuos y de calidad nutritiva, con apoyos técnicos sostenidos para la formulación de proyectos y planes de negocio, estrategias de comercialización, entre otras medidas.

Palabras clave—*Buenas Practicas Manufactura, procesamiento alimentos, organizaciones rurales, comercialización, universidad.*

1. Introducción

El acceso a alimentos inocuos y nutritivos en cantidad suficiente es fundamental para mantener la vida y fomentar la buena salud. Los alimentos insalubres que contienen bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas causan más de 200 enfermedades, que van desde la diarrea hasta el cáncer. Se estima que cada año enferman en el mundo unos 600 millones de personas, casi 1 persona de cada 10 habitantes, por ingerir alimentos contaminados. La inocuidad de los alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria están íntimamente relacionadas. Los alimentos insalubres generan un círculo vicioso de

enfermedad y malnutrición, que afecta especialmente a los lactantes, los niños pequeños, los ancianos y los enfermos. [1]

La Segunda Conferencia Internacional FAO/OMS sobre Nutrición reiteró: “la importancia de la inocuidad de los alimentos para lograr una mejor nutrición humana a través de una alimentación sana y nutritiva. La mejora de la inocuidad de los alimentos constituye pues un elemento clave para avanzar hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en este marco, los gobiernos deben elevar la inocuidad de los alimentos al rango de prioridad de salud pública, estableciendo y aplicando sistemas eficaces en materia de inocuidad de los alimentos que permitan asegurar que los productores y proveedores de productos alimenticios a lo largo de toda la cadena alimentaria actúen de forma responsable y suministren alimentos inocuos a los consumidores” [1].

El Foro Mundial sobre Soberanía Alimentaria [2] definió *Soberanía Alimentaria* como el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población, con base en la pequeña y mediana producción, respetando sus propias culturas y la diversidad de los modos campesinos, pesqueros e indígenas de producción agropecuaria, de comercialización y de gestión de los espacios rurales, en los cuales la mujer desempeña un papel fundamental.

En este contexto las comunidades rurales de las localidades de Guanaco Sombriana y San Gerónimo, Departamentos Atamisqui y Loreto en la provincia de Santiago del Estero, Argentina se constituyen en entorno propicios para promover la Soberanía Alimentaria. Se trata de Asociaciones integradas por pequeños productores caprinos, artesanos (producción artesanal de alimentos con frutos silvestres locales, manta tejidas en telares, artesanías en madera) y pobladores sin trabajos formales y/o estacionales, con reducidos ingresos económicos y escasa educación formal. La promoción y capacitación de la población zonal al respecto de los usos y procesos para la producción de alimentos con calidad higiénica y nutricional es una alternativa interesante de trabajar para el desarrollo y crecimiento económico de la zona.

Los frutos de algarroba (*Prosopis alba*), de chañar (*Geoffroea decorticans*) y de mistol (*Ziziphus mistol*) fueron ancestralmente empleados por comunidades rurales y aborígenes por sus múltiples usos como recursos alimentarios, medicinales, tintóreos y como piensos para el ganado [3, 4]. En la actualidad el uso de los productos forestales no madereros (PFNM) representan una potencial fuente de empleo e ingresos extras y cumplen, al igual que en la época precolombina, un papel importante en la vida diaria y en el bienestar de las comunidades rurales y aborígenes [5].

Las tendencias y declaraciones mundiales orientadas a garantizar la oferta de alimentos seguros, requiere ineludiblemente de la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) que aseguren la producción, el consumo y la comercialización de productos inocuos y homogéneos. La aplicación de las BPM requiere de normativas claramente definidas por autoridades nacionales, provinciales y/o municipales y organismos competentes que asesoren, capaciten y supervisen su correcta implementación.

Di Tella [6], expresa que, en nuestro país las normas reglamentan la actividad realizada por sectores más concentrados de la cadena, “...no contemplando las características propias de los productores familiares y de aquellos que trabajan en condiciones más vulnerables, (por lo que las normas) terminan siendo un obstáculo importante para el desarrollo del sector”.

La Argentina, inserta en el Mercado Común del Sur (Mercosur) rige las buenas prácticas de fabricación de alimentos a través de su Resolución MERCOSUR GMC 80/96, tomando como referencia el Códex Alimentarius (Código Internacional Recomendado de Prácticas: Principios Generales de Higiene de los Alimentos, CAC/VOL A, 1985) así como otros

documentos posteriores del Comité de Higiene de los Alimentos del Codex. Asimismo aplica las pautas establecidas en el Código Alimentario Argentino - Ley N° 18284 [7].

Por lo expuesto, es de fundamental importancia informar; a los sectores que elaboran alimentos en contextos desfavorables; las normativas vigentes, capacitar sobre la importancia de su aplicación bajo las condiciones en que desarrollan sus actividades, incentivar a mejorar progresivamente sus condiciones de manufactura, de tal forma que su actividad productiva genere un ingreso sostenible en el tiempo.

2. Descripción metodológica de las actividades

2.1 Área de estudio

Se trabajó con dos asociaciones de productores rurales; Asociación de Pequeños Productores de las Salinas Atamisqueñas de la localidad de Guanaco Sombriana (GS) y Asociación Civil de Fomento Comunal de Pequeños Productores de Loreto Sur de la localidad de San Gerónimo (SG), Departamentos Atamisqui y Loreto respectivamente, región sureste de la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

Ambas localidades se caracterizan por poseer suelos con elevada proporción de sales y álcalis, lo que dificulta el crecimiento y desarrollo de la vegetación. El ganado menor, fundamentalmente el caprino, representa la actividad más desarrollada. El bosque nativo y la recolección de frutos del monte, actualmente sub-explotados, representan una alternativa promisorio para ser incorporados en las cadenas de comercialización con una, relativamente, mínima inversión del capital.

Las asociaciones han incorporado, en los últimos años, como actividad productiva la recolección, acopio y elaboración de productos alimenticios artesanales a partir de *Prosopis alba* (algarroba), *Ziziphus mistol* (mistol) y *Geoffroea decorticans* (chañar). En este contexto surgió la necesidad de acceder a capacitaciones y asesoramiento técnico para producir alimentos inocuos y de calidad homogénea, de manera de ofrecer productos aptos para el consumo humano con gran valor agregado e interés nutritivo.

2.2 Evaluación de estado de situación de las asociaciones

Las Asociaciones de GS y SG, tienen como principal objetivo la generación de harinas a partir de frutos del monte (chañar, algarroba, etc.) para ser utilizadas en la elaboración de productos libres de gluten destinados al consumo humano. Para ello se busca garantizar la producción de alimentos inocuos mediante la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), implementación de Procedimientos Operativos Estandarizados de saneamiento (POES) y del Manejo Integrado de Plagas (MIP).

El estado de situación de ambas asociaciones se evaluó mediante visitas “in situ” de los establecimientos y de las condiciones operativas bajo las cuales se elaboraban los diferentes productos alimenticios. Tomando como base las pautas establecidas en la Resolución MERCOSUR GMC 80/96 y el Código Alimentario Argentino (CAA), Ley N° 18284, se realizó un relevamiento de la infraestructura (emplazamiento, condiciones edilicias, servicios básicos), equipamiento, utensilios y capacitación de la mano de obra directa e indirecta involucrada en la cadena productiva.

2.3. Ponderación del grado de apropiación de las BPM

La ponderación se determinó mediante la aplicación de índices obtenidos a partir del cociente entre los porcentajes de cumplimiento de los distintos aspectos observados con respecto a los requeridos por el CAA. Las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, que se detallan a continuación, permitieron ponderar los grados de apropiación de distintos aspectos evaluados:

$$Ile = \frac{\text{Condiciones de emplazamiento observada}}{\text{Totalidad de Caminos asfaltados} + \text{Totalidad Contornos con ripio}} \quad (1)$$

$$Ile_{ys} = \frac{\text{Condiciones de infraestructura y servicios basicos observada}}{\text{Totalidad de servicios disponibles e infraestructura requerida}} \quad (2)$$

$$IEyU = \frac{\text{Equipamiento y utensilios disponibles}}{\text{Equipos y utensilios autorizados}} \quad (3)$$

$$IP = \frac{\text{Capacitaciones y habilidades adquiridas}}{\text{Total de capacitaciones requeridas y habilidades administrativas}} \quad (4)$$

Siendo:

Ile: Índice de Infraestructura – Emplazamiento, considera la totalidad de caminos de acceso a la asociación y la totalidad de metros cuadrados del lote externo del emplazamiento del establecimiento.

Ile_{ys}: Índice de Infraestructura Edilicia y Servicios, considera todo lo referido a infraestructura edilicia exigida por el CAA para un establecimiento elaborador de alimentos para consumo humano y el acceso a servicios (agua de red o pozo, gas de red o envasado y energía eléctrica de red o grupo electrógeno).

IEyU: Índice de Disponibilidad de Equipamiento y Utensilios, considera los equipos y utensilios autorizados y definidos por el CAA para un establecimiento elaborador de productos alimenticios destinados al consumo humano.

IP: Índice de Capacitación del Personal, considera el grado de capacitación del personal al respecto de BPM, POES y MIP a fin de aplicar la normativa dentro del establecimiento elaborador.

3. Diagnóstico de situación de cada organización

Conforme a los distintos aspectos relevados, los cuales fueron contrastados con lo establecido en la legislación argentina, se diagnosticó inicialmente la situación de cada una de las organizaciones.

De la Infraestructura: El CAA en su Capítulo 2 -Art. 18 (actualizado a 10/2010) establece las condiciones edilicias que deben cumplimentar los establecimientos de manera de asegurar la producción de alimentos inocuos. En este sentido, a continuación se describirá el estado de situación de cada asociación al inicio de este trabajo.

- Del Emplazamiento: Ambos establecimientos se encuentran situados en predios sujetos a un gran estrés hídrico y salino, sin posibilidad de crecimiento de vegetación apropiada para rodear un establecimiento elaborador de alimentos (ej.: ripio) de manera de menguar el polvo suspendido en el aire, carecen de cerramiento perimetral

para evitar el ingreso de roedores, animales domésticos y salvajes. Los caminos y zonas utilizadas para la circulación vehicular no poseen pavimento o asfalto apto para el tráfico rodado.

- De las condiciones edilicias y de los servicios: La asociación de GS posee un salón único de usos múltiples donde se elaboran, almacenan y fraccionan los productos obtenidos a partir de frutos del monte, dicho salón también se utiliza para reuniones y capacitaciones de la asociación, construido en unos 80 m² aproximadamente. Sus paredes de adobe no poseen pintura o revestimiento lavable, su “techo es de paja” sostenido por una estructura de madera; mientras que el piso está revestido con una carpeta de cemento rugoso y sin alisar, sin la inclinación necesaria para el escurrido de los fluidos de limpieza ni alcantarillas para la evacuación de los mismos. Las aberturas construidas en madera, no cuentan con barreras físicas para el ingreso de plagas, carecen de pintura antihumedad y anti moho. No posee baños ni vestuarios, ni sistema de distribución de agua de red, ni agua extraída de pozo. En cuanto a la iluminación cuenta con un generador de energía cuya capacidad es inferior a la requerida para un día de producción, las luminarias no poseen protección anti estallidos, la iluminación es principalmente solar gracias a amplios ventanales fijos de vidrio. La ventilación se da exclusivamente por la apertura de ventanas y/o puertas ya que no cuentan con extractores de aire ni equipos de climatización. En este contexto la asociación de GS en vista de la precariedad de su infraestructura no asegura la correcta higiene del establecimiento, ni garantiza la inocuidad en la producción y obtención de los productos alimenticios que elabora.

La asociación de SG, por su parte, posee un salón de 108 m² aproximadamente, de mampostería de ladrillo hueco con revoque grueso y fino, cuenta con tres ambientes separados con paredes de ladrillo hueco revocado diferenciando una cocina de 12 m², un salón propiamente dicho para la molienda, almacenamiento de la materia prima (frutos) y productos terminados que abarca unos 84 m² y una oficina de unos 12 m². Los pisos revestidos con cerámico se encuentran en buen estado, no cuentan con alcantarillas o sumideros para la eliminación de los efluentes de limpieza, ni poseen la inclinación requerida para favorecer el escurrido. Se pudo observar pequeñas sediciones del suelo, propio de asentamiento del suelo causado por las filtraciones del agua de lluvia en estructuras antiguas y con escaso mantenimiento. Las paredes no poseen pintura o revestimiento lavable, poseen grietas, lo cual dificulta su limpieza y desinfección. Los ángulos entre las paredes, entre las paredes y los pisos, y entre las paredes y los techos no poseen zócalos sanitarios de manera de facilitar la limpieza y evitar la acumulación de suciedad. Los techos, realizados con viguetas y ladrillos huecos con revestimiento de tejas en la zona externa, se encuentran en mal estado de conservación, debido a la falta de mantenimiento de la estructura, se evidencian filtraciones de humedad y zonas de desprendimiento de revoque. Las ventanas y puertas construidas en madera no cuentan con protección anti-plagas, ni vidrios. Poseen baños en la zona exterior del establecimiento, tanto para mujeres como para hombres en mal estado de conservación. Cuenta con una cisterna, pero la misma carece de tapa o cerramiento y de una bomba centrífuga de aspiración que impulse el fluido hacia las instalaciones, por otro lado, dispone de un tanque superior sin uso. El salón de producción no cuenta con lavabos ni conexiones de agua para la higiene de manos. El salón presenta instalaciones para la circulación de energía eléctrica sin concluir, falta el cableado y la conexión a la red no está finalizada. Las aberturas que favorecen el ingreso de la luz natural son pequeñas para las dimensiones del salón, por lo que se dificulta el trabajo sin el abastecimiento de energía eléctrica. La ventilación

del recinto depende exclusivamente de las aberturas, no poseen extractores de aire ni equipos de climatización, lo que dificulta la renovación del aire y la disminución de la temperatura ambiente en la temporada alta de trabajo, que coincide con el verano. Las aberturas no cuentan con protección que evite el ingreso de contaminantes y plagas.

- Del equipamiento y de los utensilios. La asociación de GS utiliza para transportar la materia prima bolsas plásticas tejidas usadas, que desinfectan previo a la cosecha. Las vainas se clasifican y se secan en horno de barro sobre bandejas metálicas.

Los molinos que disponen son a martillos de acero con motor a implosión. Este tipo de molino tiene la desventaja de generar contaminación sonora por lo que los operarios realizan la molienda en el exterior del salón, “a cielo abierto” a modo de reducir la repercusión del sonido, en este marco la obtención de productos en condiciones de higiene y seguridad alimenticia es aún más compleja.

Para la obtención de harinas de distintas granulometría utilizan una zaranda de tela metálica y marco de madera. Las harinas son almacenadas en bolsas dobles de consorcio dentro de tanques de PVC, tapados.

La asociación de SG, por su parte, transporta los frutos en bolsas plásticas tejidas. El secado de los frutos se realiza sobre catres de lona al sol o en bandejas metálicas en caso que se realice el secado en horno de barro. Los molinos utilizados para el procesamiento de las vainas son eléctricos de martillo de acero, similares a los utilizados por GS.

- Del Personal: Las asociaciones están organizadas bajo la dirección de un Presidente y Vicepresidente, una tesorera, una secretaria, asociados recolectores y asociados vinculados al proceso de recepción, selección, secado, molienda y almacenamiento. El personal involucrado en la manipulación de los frutos en el proceso de molienda carece de capacitación con respecto a la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y Manejo Integrado de Plagas (MIP). En el año 2014 el personal accedió a capacitaciones brindadas por la Universidad Nacional de Santiago del Estero respecto a la introducción en las Buenas Prácticas de Recolección de frutos del monte (BPR), Buenas Prácticas de Secado Solar (BPS) y de Molienda y Almacenamiento de Harinas (BPMA). Las mismas fueron reforzadas y profundizadas durante el año 2015.

Los asociados vinculados al área productiva-operativa carecen del carnet sanitario exigido para manipular alimentos, no cuentan con la indumentaria mínima (uniforme de uso exclusivo para las elaboraciones, cofias, barbijos, calzados apropiados). La falta de agua dificulta el lavado de manos y aseo personal.

Conforme a los relevamientos realizados y a la información de los talleres participativos de trabajo desarrollados con la totalidad de los socios que intervienen en los procesos productivos se analizaron; conjuntamente con técnicos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, de la Secretaría de Agricultura Familiar y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación; las fortalezas y debilidades organizativas y de gestión de cada una de las organizaciones. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fortalezas y debilidades organizativas por asociación.

ORGANIZACION	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Guanaco Sombriana	<ul style="list-style-type: none"> * Capacidad de organización del trabajo del personal. * Buena definición de roles para la ejecución de tareas y asignación de tiempos operativos. * Compromiso con el trabajo que realizan de los socios activos. * Espíritu de superación que motoriza las acciones 	<ul style="list-style-type: none"> * Dificultades en la gestión de trámites. * Ineficiente manejo de la documentación y archivos de la asociación. * Resistencia al cambio y desconfianza ante nuevas propuestas. * Escaso número de socios activos. * Sobresaturación de actividades para los socios activos. * Descreimiento y falta de visión a futuro de las potencialidades económicas del aprovechamiento de frutos silvestres. * Sobrecarga de trabajo de las mujeres que trabajan en la Asociación, quienes además deben cumplir con sus tareas domésticas y el cuidado de los hijos ante la ausencia de los jefes de familia (trabajadores golondrina).
San Gerónimo	<ul style="list-style-type: none"> * Buen conocimiento del proceso productivo de frutos silvestres. * Mayor apertura al cambio. 	<ul style="list-style-type: none"> * Limitaciones para gestionar documentación * Limitaciones para organizar el trabajo y al personal. * Reducido personal para llevar adelante las tareas productivas. * Sobrecarga de trabajo de las mujeres que trabajan en la Asociación, quienes además deben cumplir con sus tareas domésticas y el cuidado de los hijos ante la ausencia de los jefes de familia (trabajadores golondrina).

4. Propuesta participativa de implementación progresiva de las BPM

En la Tabla 2 se muestra la propuesta de implementación progresiva de las BPM elaborada conjuntamente con los productores socios de cada organización y conforme a las pautas establecidas por el CAA.

Tabla 2. Propuesta de implementación progresiva para la implementación de BPM.

Plazo	Ítem	GS	SG
Corto	Emplazamiento	* Compactación caminos de acceso.	*Enripiado camino de acceso a vehículos.
	Edificio	*Revocado y pintado de paredes en caso de ser posible ya que la construcción es de adobe con techo de paja. *Colocación de burletes y telas mosquiteras en aberturas. Impermeabilización de aberturas de madera.	*Arreglo de cielo raso, pisos y paredes. Colocación de burletes y telas mosquiteras en aberturas. Impermeabilización de aberturas de madera. Colocación de vidrios en ventanas.
	Servicios	*Compra de grupos electrógenos de mayor potencia.	*Cableado de instalación eléctrica. Conexión a red eléctrica.
	Equipos y utensilios	*Reemplazo de tamices de marco de madera por marco de acero inoxidable.	*Compra de tanques de pvc para almacenamiento de materias primas, productos intermedios y finales. *Reemplazo de tamices de marco de madera por marco de acero inoxidable
	Personal	*Capacitaciones de refuerzo de BPM, POES, introducción al MIP. *Compra de accesorios de seguridad para el personal (cofias, guantes, protectores auditivos, barbijos etc.).	*Capacitaciones de refuerzo de BPM, POES, introducción al MIP. *Compra de accesorios de seguridad para el personal (cofias, guantes, protectores auditivos, barbijos etc.).
Mediano	Emplazamiento	*Enripiado de caminos de acceso	*Asfaltado de accesos para vehículos.
	Edificio	*Realización de carpeta y colocación de piso cerámico o epoxi en el salón del establecimiento. Construcción de baños y vestuarios.	*Colocación de extractores y zócalos sanitarios. Arreglo de baños y vestuarios.
	Servicios	*Perforación para obtención de agua potable, compra de tanques y cisternas.	*Perforación para la obtención de agua de pozo, compra de bomba centrífuga y conclusión del tendido de cañerías internas para la provisión de agua.

	Equipos y utensilios	*Adquisición de un secadero solar apto para deshidratar productos para consumo humano.	* Adquisición de un secadero solar apto para deshidratar productos para consumo humano.
	Personal	*Refuerzo en capacitaciones de MIP y adquisición de uniformes de trabajo.	*Refuerzo en capacitaciones de MIP y adquisición de uniformes de trabajo
Largo	Emplazamiento	*Asfaltado de caminos, parqueizado. Tapiado de perímetro del lote y colocación de portones de ingreso de personal y de vehículos.	*Parqueizado en el lote de establecimiento. Tapiado de perímetro del lote y colocación de portones de ingreso de personal y de vehículos.
	Edificio	*Cambio de cielo raso por material apto para un establecimiento elaborador de alimentos	*Separaciones físicas de la zona de almacenamiento y producción. *Instalación de zonas de lavados de manos para el personal y colocación de alcantarillas para limpieza del local.
	Servicios	*Acceso a energía eléctrica por Red.	*Acceso a telefonía satelital.
	Equipos y utensilios	*Adquisición de molinos de mayor capacidad, envasadoras al vacío y fechadoras.	*Adquisición de molinos de mayor capacidad, envasadoras al vacío y fechadoras
	Personal	*Manejo de rótulos y acceso a números de habilitaciones de Establecimiento y Producto alimenticio (RNE y RNPA). Capacitaciones de protocolos de calidad para alimentos de exportación.	*Manejo de rótulos y acceso a números de habilitaciones de Establecimiento y Producto alimenticio (RNE y RNPA). Capacitaciones de protocolos de calidad para alimentos de exportación.

Es importante destacar que la posibilidad de disponer de objetivos concretos a corto, mediano y largo plazo para mejorar la infraestructura, el equipamiento y una propuesta de capacitaciones permanentes, proporcionan una herramienta valiosa para direccionar los potenciales proyectos que puedan presentar las asociaciones e acceder a financiamiento de diversos programas regionales, provinciales, nacionales e internacionales.

5. Grado de apropiación

En la Tabla 3 se presenta los índices definidos en este trabajo que ponderan el grado de apropiación de los diferentes aspectos valorados en relación a la aplicación de las BPM en los establecimientos elaboradores de alimentos.

El Índice de Infraestructura – Emplazamiento (*Ile*) es nulo para GS ya que los accesos carecen de compactación, ripio o asfalto, en el caso de SG uno de los caminos de acceso del personal se encuentra pavimentado, no así el acceso para vehículos. Por otro lado, construir los cerramientos y parquizar el lote donde se emplazan ambos salones requiere de gran inversión, y en la actualidad las asociaciones no disponen del capital para poder cumplimentarlo.

Tabla 3. Grado de apropiación por áreas con respecto al estado de situación inicial.

INDICADOR	GUANACO SOMBRIANA	SAN GERÓNIMO
<i>Ile</i>	0	0,35
<i>Ile_{ys}</i>	0,15	0,70
<i>IEyU</i>	0,85	0,80
<i>IP</i>	0,70	0,70

Fuente: Elaboración propia

En el grado de apropiación del ítem que refiere a *Ile_{ys}*, la asociación de GS presenta un índice de 0,15 ya que cuentan con un grupo electrógeno pequeño para satisfacer los mínimos requerimientos de energía eléctrica, sin perder de vista que no hay acceso en la zona al tendido eléctrico en red, y no tienen acceso al agua potable de red o perforación. En cambio la asociación de SG no sólo cuenta con un grupo electrógeno, sino que el salón presenta instalaciones eléctricas sin finalizar para poder conectarse al tendido de red eléctrica presente en la zona, además SG cuenta con tanques y cisternas para agua, debiendo comprar una bomba centrífuga y realizar la perforación para la obtención de agua potable. Por otra parte la asociación de SG accedió a un subsidio de Recursos Forestales de la Provincia de Santiago del Estero, dentro de una línea de apoyo a las comunidades rurales, cuyo principal objetivo era fortalecer la sostenibilidad del monte nativo y evitar la deforestación, de esta manera se invirtió en la compra de pinturas y aberturas acorde a los requerimientos señalados por el CAA para mejorar las instalaciones edilicias.

El grado de apropiación en el ítem *IEyU* se considera de 0,85 para GS y 0,80 para SG, la diferencia que se presenta entre las asociaciones se debe a que la primera cuenta con tanques de pvc para el almacenamiento de los frutos, premolidos y harinas. La asociación de SG almacena los productos en bolsas plásticas dejando expuesta la materia prima y los productos terminados al ataque de insectos y plagas.

El índice de apropiación alcanzado en el ítem *IP*, por ambas asociaciones, es de 0,70 ya que se trabajó en capacitaciones consecutivas “in situ” al respecto de la importancia de la aplicación de BPM y POES, durante los años 2014 y 2015. Los asociados aplicaron en la cosecha inmediata posterior todos los conocimientos adquiridos en cada año. De esta manera se eficientizaron los tratamientos post cosecha, procedimientos de secado, molienda y almacenamiento de los productos terminados o subproductos. Como así también se aplicaron mecanismos de limpieza en seco de manera de cumplir, mediante la aplicación de los POES, con lo estipulado por el CAA. Faltando capacitar al personal con respecto al Manejo Integrado de Plagas.

6. Conclusiones y recomendaciones

Con la implementación de las BPM podemos garantizar la producción de alimentos inocuos para el consumo humano, sin embargo es necesario remarcar que la Asociación de GS no cuenta, a la fecha, con las condiciones exigidas por la Ley para cumplir con la aplicación de las BPM en la producción de alimentos, fundamentalmente debido a que las condiciones

edilicias no cumplimentan lo mínimo establecido por el CAA. Sin embargo, cabe señalar que omitiendo las carencias edilicias de la asociación el personal trabaja operativamente de manera organizada, cuidando cada detalle en el procesamiento y control en la producción de las harinas, que contribuye a generar condiciones de trabajo superadoras.

Por su parte, la asociación de SG requiere de adecuaciones organizativas y edilicias para poder cumplimentar con lo mínimo establecido por Ley, adecuaciones que involucran inversiones de capital, manejo adecuado de las materias primas y de los procesos y de reestructuraciones organizativas que permitan una adecuada división del trabajo y funciones.

Una alternativa para superar las actuales deficiencias de las organizaciones consiste en promover el trabajo conjunto entre ambas asociaciones, potenciando la infraestructura (edificio, servicios, emplazamiento) de SG, fortaleciendo y transfiriendo las capacidades organizativas de GS y aprovechando el acceso a medios de comunicación y, posibles canales de venta de SG, situación favorecida por la cercanía (60km) de Loreto a la ciudad de Santiago del Estero en el Dpto. Capital.

Por otro lado, se hace necesario superar, conforme lo expresa Villarreal et al [8], "...la asistencia técnica discontinua, fragmentada, con poca planificación..." de los organismos estatales que acompañan a los pequeños productores rurales, de tal forma de lograr sinergias entre los distintos sectores tendientes a superar las actuales dificultades de los procesos productivos.

7. Agradecimientos

El presente trabajo es el resultado de los trabajos técnicos de apoyo que realizaron profesionales de Planta Piloto de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, que se ejecutaron gracias al financiamiento otorgado por el Programa de Servicios Agrícolas Provinciales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, a través del proyecto de Iniciativas de Transferencias de Innovación "Desarrollo tecnológico del tratamiento post recolección y la producción de harinas de frutos provenientes del Monte nativo de Santiago del Estero (a escala piloto)"

8. Referencias

- [1] OMS (2015). Centro de prensa de la Organización Mundial de la Salud Nota descriptiva N° 399.
- [2] FAO (2001). Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) Centroamérica-Conclusiones del Foro Mundial sobre Soberanía Alimentaria. La Habana, Cuba.
- [3] BURKART, A. (1949). La posición sistemática del chañar y las especies del género *Geoffrea* (Leguminosae, Dalbergieae) Darwiniana, v.9, p.9-23.
- [4] MEYER, D. (1984). Tesis doctoral, Processing, utilization and economics of mesquite pods as a raw materials for the food industrial. DISS ETH 7688, Zurich.
- [5] FIGUEROA, G.G.; DANTAS, M. (2006). Recolección, procesamiento y consumo de frutos silvestres en el noroeste semiárido argentino. Casos actuales con implicancias arqueológicas. *La Zaranda de Ideas*, v.2, p.35-50.
- [6] DI TELLA, V. (2013). Prólogo del E-Book GONZALEZ, E. Normativas vinculadas a los procesos de producción y comercialización de la agricultura familiar. Buenos Aires. 84p.

- [7] Código Alimentario Argentino (CAA) – Ley 18284 y modificatorias - Actualizado al 2010 www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
- [8] VILLARREAL M.; LESCANO, N.; COSTA MACIAS, K.E. (2016). El desafío de incorporar frutos silvestres subexplotados del monte semiarido argentino a sistemas productivos rentables. En: Hacia la Construcción del Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial. (En prensa).



NORMA IRAM 17.016: PODER CALORÍFICO. PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN, MODIFICACIONES Y MEJORAMIENTO

Pablo Ernesto A. MARTINA, Dto. Termodinámica- UNNE, pablo@ing.unne.edu.ar

Raquel AEBERHARD, Dto. Termodinámica- UNNE, raquelaerberhard@yahoo.com.ar

Juan José CORACE, Dto. Termodinámica- UNNE, jcorace@ing.unne.edu.ar

Veronica RAMÍREZ, Dto. Termodinámica- UNNE, veronica.ramirez.itati@gmail.com

Agripina LEIVA AZUAGA, Dto. Físico-química- UNNE, mimaleiva@gmail.com

Carlos MENDIVIL Dto. Físico-química- UNNE, carlosmendivil@arnet.com.ar

Resumen

La norma **IRAM N° 17.016: Carbones, Método de determinación del poder calorífico**, es utilizada en la actualidad, no solo para determinar el poder calorífico de los carbones (como es su objetivo original), si no de varios tipos de biomásas (aserrines, briquetas, biocombustibles, etc.) A pesar de ser muy utilizada esta norma tiene 56 años de vigencia y varios de sus conceptos y métodos han sido modificados en función del avance tecnológico y técnico. Esta publicación tiene por objeto realizar propuestas de actualización y mejoras de su contenido, explicar con más claridad algunos puntos que causan discrepancias, y aportar una opinión objetiva de lo que se debería modificar, actualizar o desarrollar con mayor precisión en una próxima edición. Algunos de los ítems a mejorar o corregir son: presión de trabajo, sistema de medición de temperatura, sistema eléctrico, etc.

Entre las modificaciones y mejoras que se recomiendan para la norma IRAM 17.016 una fundamental es el agregado de 1 o 2 esquemas del calorímetro y cada una de sus partes.

El análisis de la Norma que se realizará, será sobre un calorímetro de un tipo específico (el de Mahler), debido a que la misma se extiende para varios tipos diferentes.

También se realizan algunas comparaciones con la Norma española UNE-EN 1860-2 de poder calorífico de combustibles sólidos.

Palabras clave— Norma IRAM 17.016, poder calorífico, modificaciones, combustibles

1. Introducción

La norma **IRAM N° 17.016: Carbones, Método de determinación del poder calorífico** establece el método para determinar el poder calorífico de los carbonos empleando las bombas calorimétricas de los tipos: Atwater, Davis, Emerson, Mahler, Parr, Poters, Williams o similares.

La misma establece la forma de determinación del poder calorífico de los carbones empleando bombas calorimétricas de varios tipos.

Nuestro trabajo está orientado exclusivamente a la utilización de la bomba calorimétrica de Mahler, el principal objetivo es plantear modificaciones y actualizaciones de la Norma.

Al final realizamos una comparación con la norma española UNE-EN 860-2 que trata un tema similar.

Norma IRAM 17.016: Poder Calorífico. Propuesta de actualización, modificaciones y mejoras

El Departamento de Termodinámica y Máquinas Térmicas de la Facultad de Ingeniería de la UNNE trabaja con una bomba calorimétrica de Mahler desde el año 2004, desde entonces se han realizado muchos ensayos de materiales diversos, tanto en combustibles sólidos (aserrín, carbonilla, alimentos, etc.) como en líquidos (alcohol, glicerol, diésel, etc.), por lo que se ha adquirido una amplia experiencia en el uso de la bomba y del protocolo a seguir en el ensayo, que es el indicado en la norma IRAM 17.016.

2. Materiales y Métodos

Las características de la bomba calorimétrica de Mahler [9] del Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE son las siguientes:

- Marca IPB 1719, obús maquinado fabricado en acero inoxidable de capacidad 282 ml, con tapa roscada con cierre de 2 anillos plásticos tipo O' ring.
- E (capacidad calorífica de la bomba): $E = 1993 \text{ Cal} / ^\circ\text{C}$.
- Tipo de bomba calorimétrica: adiabática (tiene entre sus paredes plásticas una capa de aislación térmica de lana de vidrio)
- Sustancia patrón utilizada para el cálculo de E: ácido benzoico $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$. Poder calorífico del ácido benzoico = 26.550 joul/gr [7].
- Recipiente calorimétrico de plástico, adiabático, de capacidad = 4.295 ml, aislado térmicamente del exterior con una capa de 4,3cm de lana de vidrio, con agitador de agua eléctrico tipo mono-pala vertical (110 RPM, pala de chapa de acero rectangular de 10,5cm*4cm).
- Dispositivo de ignición: fuente de tensión continua, 46 voltios, pulsador eléctrico manual. Duración del impulso: aproximadamente 0,3seg.
- Amperímetro intercalado en serie: 0,8 A
- Alambre de Nicrome (80%Niquel-20%Cromo): diámetro = 0.15mm
- Medición de temperaturas: sensor tipo Pt100 (resolución $0,01^\circ\text{C}$) con salida a PC.
- Balanza utilizada: marca Becker Sons (Resolución: 0,0001 g



Figura 1: Bomba calorimétrica con la que cuenta el Departamento de Termodinámica y Máquinas Térmicas

3. Resultados y Discusión

En base a la experiencia y a los conocimientos adquiridos durante este tiempo, se encontraron en la norma IRAM 17016, algunas definiciones y conceptos que podrían aclararse y actualizarse. Con estos principios e ideas surgió la iniciativa de realizar esta publicación. La norma IRAM que se analiza es la segunda edición, Reimpresa en los talleres IRAM en mayo de 1976

A continuación, se irán citando textualmente cada uno de los ítems de la norma IRAM 17016 que necesitan modificarse y se indicarán las correcciones, aclaraciones o agregados que se sugieren, resaltando que la idea de la presente no es señalar cosas mal hechas sino aclarar un procedimiento o protocolo que es complicado de por sí.

Uno de los primeros aspectos que no está claro en esta Norma es bien al principio, en la página 1, cuando pasa del punto B- ALCANCE DE ESTA NORMA directamente al punto G- METODOS DE ENSAYO, sin tocar ni nombrar los puntos C, D, E y F. No se sabe si no existen, si es un error de tipeo (quizás se confundió la C con la G) o si en la 2° Edición de la Norma, reimpresa en los talleres de IRAM en mayo de 1976 (lo dice al final del cuadernillo), los puntos C, D, E y F se eliminaron. Quizás allí había gráficos o aclaraciones. En el punto H-1, parece nombrar algún gráfico o esquema cuando dice: [“.....se realiza de acuerdo a lo ilustrado” ...]

G-1 a.

En este punto se habla de “capacidad de ésta” y del “equivalente de agua del calorímetro”, al respecto se hacen las siguientes aclaraciones.

Si bien la Norma hace referencia a la **capacidad** y al **equivalente de agua** como sinónimos de volumen de agua o al contenido del calorímetro, en una primera lectura, estas expresiones se prestan a confusión, debido a que al hablar de *capacidad*, en calorimetría, se podría interpretar como **capacidad calorífica** es decir el cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que éste experimenta. En cuanto al término *equivalente de agua del calorímetro* podría comprenderse como **equivalente en agua del calorímetro**, masa de agua que tiene la misma capacidad calorífica del calorímetro y los elementos del mismo.

- Calorímetro Adiabático: cuando la camisa o chaqueta se hace de un aislante térmico para minimizar el intercambio de calor con el exterior del calorímetro.
- Calorímetro Isotérmico: cuando la camisa tiene agua y durante el curso de la reacción se ajusta la temperatura de modo que la diferencia entre ésta y la temperatura del líquido calorimétrico sea mayor de 1°C.
- Calorímetro Isoperibolico: se mantiene la chaqueta circundante a una temperatura constante mientras que la temperatura de la bomba y la cubeta se elevan a medida que el calor se libera por la combustión [9]

G-1 c.

Algunas bombas calorimétricas tienen un obús con capacidad apenas por debajo de ese valor, como la del Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE. No

Norma IRAM 17.016: Poder Calorífico. Propuesta de actualización, modificaciones y mejoras

habría ningún impedimento técnico para realizar ensayos con bombas de capacidades levemente menores a 300 cm³.

G-3.

El alambre de hierro, mencionado en la Norma, es prácticamente imposible de conseguir en el mercado, utilizándose actualmente alambre de Nicrome (80 % Niquel – 20 % Cromo) de 0,15 mm de diámetro.

Respecto al alambre de platino, su costo es extremadamente elevado y su adquisición es muy complicada. Por otra parte, la mezcla de materiales, tal el caso del alambre hierro con el del platino, dificulta el cálculo del factor de corrección, por la combustión del alambre, que figura como C3 en la ecuación (1)

$$P_s = \frac{E \cdot \Delta t - (C_1 + C_2 + C_3)}{G} \quad (1)$$

G-5

En este párrafo no explica completamente sería conveniente explicar con más detalle el método de revestimiento y la cantidad de muestra, si es solo “esparcir uniformemente sobre la superficie” o al ras.

En el mismo párrafo se hace referencia a combustibles con elevado contenido de cenizas sin indicar a partir de qué valor se lo consideraría elevado.

G-6

En este párrafo sería bueno indicar a que se refiere con bombas grandes y bombas chicas, o definir rangos de capacidades.

En cuanto a la cantidad de oxígeno que debe adicionarse por gramo de muestra, debe tenerse en cuenta que esa relación está dada para los carbones.

Pero en el caso del aserrín, por ejemplo: por 1 gr de muestra la cantidad estequiométrica necesaria es de 1,3198 gr de O₂. Esta cantidad colocada en una bomba de volumen V = 0,282 dm³, a una temperatura T = 293K, produce una presión p = 3,6296 kg/cm² (se usa la ecuación de estado de los gases ideales: p*V = m*Rp*T con Rp del oxígeno = constante particular del oxígeno = 26,47 kilográmetros / kg*K).

Si en vez de colocar 1,3198 gr de O₂, que es la cantidad necesaria estequiométrica (siempre para 1 gr de muestra), se colocan 5 gr de O₂ (como pide la Norma), se producirá en las mismas condiciones (V = 0,282 dm³ ; T = 293K) una presión p = 13,75 kg/cm² [8].

Norma IRAM 17.016: Poder Calorífico. Propuesta de actualización, modificaciones y mejoras

Esta presión, ya de por sí bastante elevada, es muy inferior a los 30 kg/cm² recomendada para las bombas pequeñas (como podría considerarse la bomba del cálculo de $V = 0,282 \text{ dm}^3$). En otras palabras, las presiones de oxígeno sugeridas por la Norma, en el caso que se aplique a biocombustibles, es muy superior a la presión estequiométricamente necesaria.

G-8.

En este párrafo hace falta un esquema para saber a qué se refiere con recipiente calorimétrico y a que se refiere con camisa.

G-9.

En este párrafo sería bueno explicar porque no se deben exceder los 12v.

G-12.

Hasta este punto se refiere a una cuestión determinada [6]. El párrafo que viene: [*“La bomba se saca del.....descartarse la determinación”*], se refiera a otra cuestión (diferente de los 3 periodos preliminar, principal y final), por lo que sería aconsejable que se ponga en otro punto, por ejemplo, párrafo G-13

G-13.

Con respecto a las correcciones C1 y C2, para los biocombustibles se debería hacer una serie de aclaraciones y simplificaciones, para poder extender la Norma a los mismos.

G-15.

En este punto existe un error en la referencia de Δt (diferencia de temperatura corregida) donde dice que se determina “según G-16”, corresponde decir “según G-17”.

G-16.

En este punto se hace referencia a la corrección por la radiación, según la ecuación (2)

$$C = m * \Delta 1 + \frac{\Delta 2 - \Delta 1}{t''m - t'm} * \left[\sum_{ti+1}^{tf-1} t + \frac{ti+tf}{2} - m * t'm \right] \quad (2)$$

En la Norma esta fórmula está escrita de forma confusa y no se explica su deducción, o como fue obtenida, las referencias de (2) no están claras y faltan unidades actualizadas.

G-22.

En este ítem, al final, antes de: INDICACIONES COMPLEMENTARIAS, dice

Pc, pero se trata de un error de tipeo, en realidad debería decir Ps (poder calorífico superior) [5].

Norma IRAM 17.016: Poder Calorífico. Propuesta de actualización, modificaciones y mejoras

Comparación con otra Norma

En cuanto a la comparación de la Norma IRAM 17016 con la Norma UNE-EN 1860-2 [2] se pueden hacer las siguientes aclaraciones:

En realidad, no tratan exactamente del mismo tema. La Norma Española trata sobre los aparatos, sustancias y definiciones que hacen al tema del carbón vegetal y las briquetas. En cambio, la norma IRAM es más técnica, habla del procedimiento en sí, en forma detallada, solo del trabajo con la bomba.

Por lo tanto, se observa la necesidad de incluir en la propuesta de actualización lo siguiente:

- *un índice,
- *anexos con: ejemplos de ilustración de los calorímetros, listas de símbolos utilizados, palabras clave, valores predeterminados de los biocombustibles más utilizados para el cálculo de poderes caloríficos,
- *bibliografía.

Conclusiones

Como resultado del estudio y análisis de la Norma IRAM 17.016 se concluye que ésta puede ser mejorada, corregida y actualizada en muchos aspectos. Le faltan gráficos y esquemas, explicaciones adicionales, índice. Tiene errores de tipeo y de impresión que se podrían mejorar con una edición nueva. Las modificaciones y correcciones propuestas son las siguientes, complementándose con las indicadas en el desarrollo y discusión y mejorarían la comprensión y la comparación de ensayos y resultados.

- **G-1:** En el párrafo donde se habla de la “capacidad de ésta” y del “equivalente de agua del calorímetro” se propone la siguiente expresión:

“En el caso de emplearse camisa de agua se debe tener en cuenta que el volumen de la chaqueta no debe ser menor de cinco veces la capacidad del calorímetro cargado y que, para mantener uniforme la temperatura de la camisa de agua, se debe disponer de un adecuado agitador”

- **G-1c:** Dado que se ha comprobado que bombas calorimétricas con capacidad menores a 300 cm³ no presentan impedimentos técnicos para la realización de los ensayos, se propone entonces permitir la flexibilidad respecto al tamaño de las bombas.
- **G-6:** Se sugiere aclarar si la diferencia entre “bombas grandes” y “bombas pequeñas”, se refiere al tamaño del obús. Según la bibliografía y los diferentes dispositivos observados en los centros de investigación e institutos visitados, las bombas se clasifican según su tamaño como:

Clasificación	Capacidad del Obús (ml)
Bombas grandes	500-400
Bombas medianas	400-300
Bombas pequeñas	Menor a 300

Norma IRAM 17.016: Poder Calorífico. Propuesta de actualización, modificaciones y mejoras

Siguiendo con el mismo ítem y en base a los cálculos realizados en la “Discusión y análisis del método para la determinación del poder calorífico”, se hace la siguiente propuesta de ampliación de la Norma, para que el método sea extensivo a biocombustibles:

*Para bombas chicas, cuyo volumen sea cercano a los 300 ml, trabajar con presiones entre 5 y 10 kg/cm² y para bombas grandes, trabajar con presiones de 4 a 8 kg/cm². En este rango de presiones el oxígeno cargado excedería en mucho al estequiométrico necesario, es decir que se produciría una combustión total y completa. Se aclara que estos cálculos están hechos para las maderas, donde se puede tener una buena ignición reduciendo la presión de carga de oxígeno.

- **G-8:** Para diferenciar entre el recipiente calorimétrico se propone agregar el siguiente esquema, donde se indican las partes principales y características de la bomba calorimétrica, aclarándose que este esquema corresponde solo a la bomba calorimétrica de MAHLER.

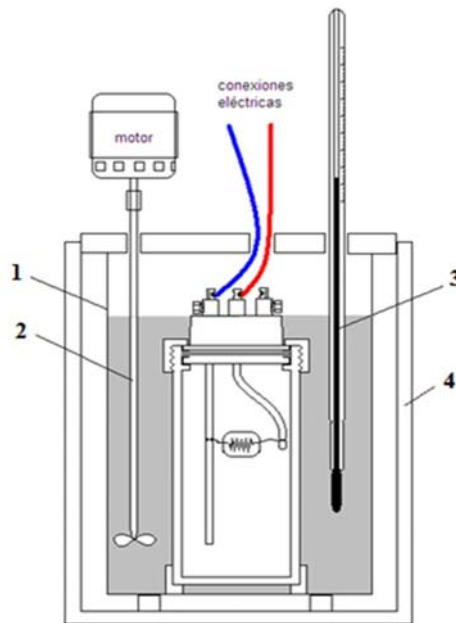


Fig. 2 Partes del calorímetro

1-Cubeta. **2-** Agitador mecánico. **3-**Termómetro. **4-**Chaqueta o camisa.

1 Cubeta, Hielera, vasija o recipiente calorimétrico. Es de sección elíptica y paredes metálicas muy pulidas para tener una baja emisividad y minimizar la pérdida de calor por radiación desde la cubeta hacia el aire y la camisa.

2 Agitador mecánico, se usa para homogeneizar la temperatura del agua.

3 Termómetro de alta precisión (aprox. 0.01° C).

4 Chaqueta, camisa, envoltorio, jaquet. Son las que definen el tipo de calorímetro

- **G-9:** En este párrafo sería conveniente explicar el inconveniente de exceder los 12 voltios.
- **G-13:** para poder extender la Norma a los biocombustibles, respecto a las correcciones C1(corrección para el ácido nítrico formado) y C2 (corrección suplementaria para el contenido de azufre), se debe tener en cuenta que si bien estas correcciones no se anulan en el caso de la biomasa tanto C1 como C2 se desprecian por no generar cambios relevantes en los valores obtenidos del poder calorífico superior (Suarez et al. 1999).

Norma IRAM 17.016: Poder Calorífico. Propuesta de actualización, modificaciones y mejoras

Se podría tomar esta publicación como guía para corregir los inconvenientes y errores que se mencionaron. Como aval de esta tarea podemos mencionar el trabajo de más de 10 años en nuestra bomba calorimétrica, y haber realizado ensayos en bombas similares en distintos Institutos algunos son:

Como aval de esta tarea podemos mencionar el trabajo de más de 10 años en nuestra bomba calorimétrica, la realización de diversos ensayos en diferentes combustibles y haber realizado ensayos en bombas calorimétricas similares en distintos Institutos como, por ejemplo:

- Departamento de Físico-Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNNE, Corrientes, Argentina (bomba marca Parr).
- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Oberá, Misiones (bomba marca Parr).
- INTI-Energía, Centro Tecnológico Miguelete, Provincia de Buenos Aires (bomba marca Shimadzu).
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España (bomba marca Parr).

Referencias

1. Norma IRAM 17.016 Carbones, método de determinación del poder calorífico, junio de 1960
2. Norma UNE-EN 1860-2: Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas, septiembre de 2005, España
3. Raymond CHANG, *Química* Editorial Mc Graw Hill, 4º edición, primera edición en español, pág. 226 a 228
4. Fernando ARENAS, *Termodinámica Técnica*, de pág. 357 a 383, Editorial Universitat, julio de 2004
5. J. SUAREZ, R. CASTRO y F. MASEDA, *Evaluación del poder calorífico superior en biomasa*. Departamento de Ingeniería Agraria de la Universidad de León, España, 2006
6. Tratado de Química-Física, de Samuel GLASSTONE, Colección Ciencia y Técnica – Aguilar, pág. 191 a 195.
7. http://didacta.it/allegati/main_catalogs/CE_T151D_S.PDF junio de 2016
8. <http://sstti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-analisis-termico/analisis-de-poder-calorifico-bomba-calorimetria.html>
9. <http://www.parrinst.com/es/products/oxygen-bomb-calorimeters/1341-plain-jacket-bomb-calorimeter/> junio de 2016

Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería





III CAD I
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

PENSAMIENTO INVENTIVO ESTRUCTURADO UNIFICADO

Juan Carlos Nishiyama, UTN-FRGP, jcnishiyama@yahoo.com.ar

Tatiana Zagorodnova, UTN-FRGP, tatiana_loi@yahoo.com.ar

Carlos Eduardo Requena, UTN-FRGP, carlooseduardorequena@yahoo.com.ar

Resumen— El Pensamiento Inventivo Estructurado Unificado, creado por el Dr. Ed Sickafus en Estados Unidos, es conocido por su sigla en inglés como USIT [1], es una metodología estructurada de resolución de problemas de ingeniería que asiste al analista mediante un pequeño conjunto de componentes unificados (objetos, atributos y funciones), lógicamente concatenados y empleándolos de una manera consistente desde la definición del problema, el subsiguiente análisis y la posterior aplicación de las técnicas de solución sobre el mismo, ampliando la búsqueda de soluciones conceptuales innovadoras. Fue diseñado como herramienta auxiliar y no para reemplazar las metodologías existentes, ya probadas.

Pretendemos con este trabajo difundir y explicar el manejo y funcionamiento de esta herramienta de pensamiento, surgida de TRIZ [2] y de otras metodologías estructuradas [3], y exponer un ejemplo práctico, apreciando las perspectivas inusuales que surgen desde una forma de pensamiento no convencional, con el desafío de encontrar no una solución particular, sino la de descubrir un dominio dentro de un espacio-solución, muchas veces no explorado.

Esta herramienta de pensamiento, aplicable a las necesidades industriales, orienta a quién la utilice hacia un análisis despojado de métricas, direccionado hacia los principios de las ciencias físicas, químicas, biológicas y matemáticas, alcanzando soluciones conceptuales en la resolución de efectos indeseados a su nivel fenomenológico más elemental.

Palabras claves — *USIT, objeto, atributo, función, metáforas, causa raíz, efecto indeseado.*

1. Introducción

El Pensamiento Inventivo Estructurado Unificado ha sido desarrollado y probado en las industrias para, como se explicó en el resumen, ayudar al analista del problema en la definición del mismo, luego de esto, seguir en la etapa de análisis, y finalmente aplicar las llamadas técnicas de solución. Para seguir este camino, USIT posee una “hoja de ruta” denominada Diagrama de Flujo del USIT, que veremos en detalle en el próximo punto. Todo esto tiene el fin de realizar la búsqueda de soluciones conceptuales para resolver el problema definido y analizado previamente. El analista que utiliza USIT debe seguir estos pasos tal cual, saltarlos implica solo hallar, de ser posible y el azar o en el mejor de los casos la propia experiencia, en general una solución de compromiso, esto es, sin resolver la causa raíz del problema. No obstante, esto no descarta que las excursiones desordenadas de la mente puedan ser muy fructíferas cuando son conducidas por una búsqueda para nuevos conceptos.

El mencionado diagrama de flujo, está basado en un modelo llamado Modelo OAF (Objeto-Atributo-Función) que será explicado y aplicado en un problema ejemplo. [4]

2. Diagrama de flujo USIT

El diagrama de flujo del USIT se muestra en la Figura 1. Las flechas en el diagrama de flujo y la palabra "flujo" en el título parece implicar que el proceso es un flujo de un sentido similar al diodo-como flujo con sentido único. Nuestra mente no funciona tan ordenadamente, sino que salta de un lugar a otro más rápidamente que lo que nosotros podemos comprender. Por consiguiente, el esfuerzo exige, por ende, mantener el diagrama de flujo del USIT a la vista cuando el proceso está en marcha, y hacer referencias frecuentes a él para asegurar minuciosidad y eficacia en el procedimiento.

El diagrama está dividido en cuatro secciones: a) Problema bien definido. b) Método del mundo cerrado. c) Técnicas de solución.

Cada una de las secciones será discutirá en los siguientes puntos.

Se destaca la importancia de la sección del problema bien definido. Sin la atención adecuada para esta sección, todas las promesas del USIT entran en riesgo. Resultados y Discusión

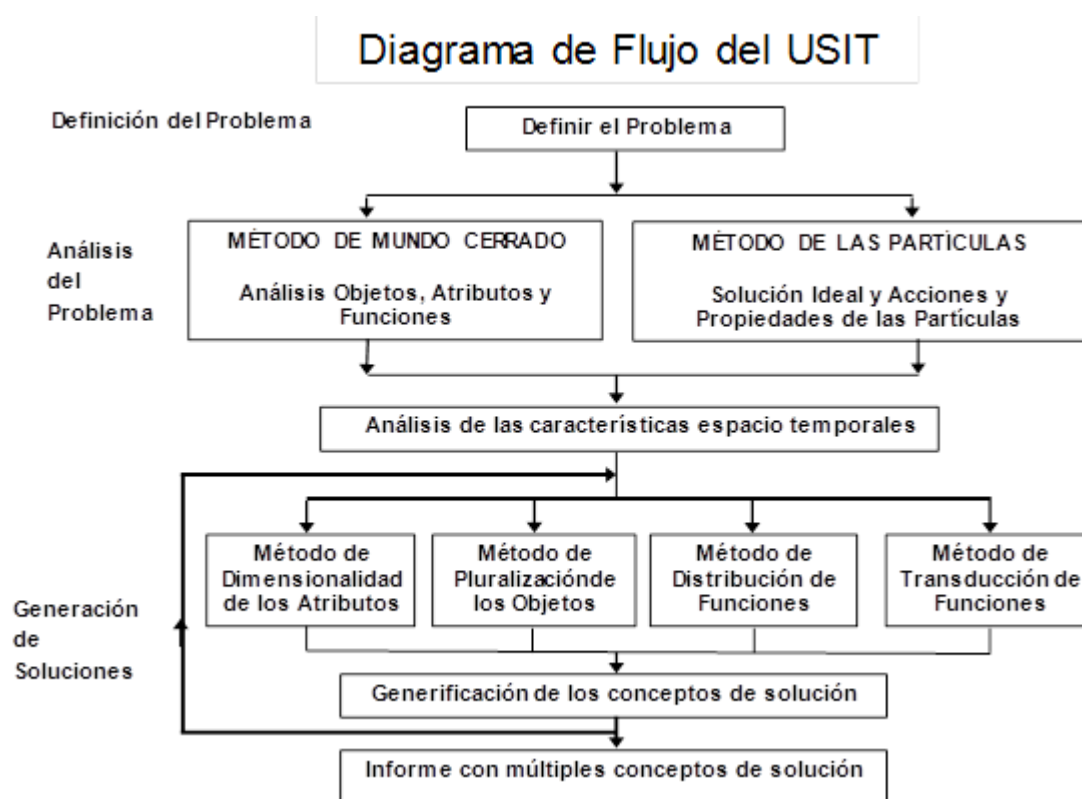


Figura 1. Diagrama de Flujo del USIT, dónde se distingue la Definición del Problema como etapa inicial, el Análisis del Problema como segunda etapa, la cual a su vez se subdivide en El Método de las Partículas y En Método del Mundo Cerrado.

La última etapa es la de Aplicación de las Técnicas de Solución.

2.1 Problema bien definido

Las convoluciones de varios efectos mal definidos simbolizan el planteo del problema inicial. Si esta complicación no se identifica y se busca resolver rápidamente el problema, el analista puede languidecer en un estado de incertidumbre incapaz de encontrar una posición establecida en la situación del problema. La sección del problema bien definido contiene los pasos diseñados para permitir una rápida definición del problema con un enfoque eficaz. [5]

2.2 Diagrama del mundo cerrado

Una vez que el problema ha sido definido, el analista tiene a su disposición dos métodos de análisis. Uno de ellos es el método del mundo cerrado, que se ejecuta con un conjunto fijo de objetos, es decir, dentro de un mundo cerrado.

2.3 Método de las partículas

Este es el segundo método. Tiene la particularidad de aproximar el trabajo desde una solución ideal imaginada hacia la situación inicial del problema. Pueden ser posibles múltiples configuraciones de partículas en el estado final, pero solo se selecciona una para el análisis.

2.4 Técnicas de solución

Son seis técnicas y se las aplica en la última fase del proceso de resolución del problema. A veces, no es necesario agotar el uso de todas las técnicas, pues las soluciones pueden aparecer mucho antes, en cualquier punto a lo largo del proceso del USIT. Las técnicas de solución entran en juego como esfuerzos convenidos para ejercitar las herramientas específicas y encontrar aún más soluciones conceptuales no halladas anteriormente. Sus nombres son: unicidad, dimensionalidad, pluralización, distribución, transducción y generificación. Un detalle más minucioso del diagrama se muestra en el Tabla 1 (adaptada de [1])

Tabla 1. Detalle más minucioso del diagrama de flujo del USIT.

<u>Etapas 1: Definición de problema</u> Paso 1.1- Situación del problema Paso 1.2- Descripción verbal y gráfica Paso 1.3- Listar efectos indeseados Paso 1.4- Seleccionar un efecto Paso 1.5- Listar objetos Paso 1.6- Minimizar lista de objetos Paso 1.7- Buscar causas raíces Paso 1.8- Remover filtros Paso 1.9- Simplifica descripción (volver a Paso 1.1) <u>Etapas 2: Análisis del problema</u> 2.a- Método de las partículas Paso 2.a.1- Croquis del problema Paso 2.a.2- Croquis de la solución Paso 2.a.3- Estados intermedios Paso 2.a.4- Aplicar partículas Paso 2.a.5- Árbol and/or	<u>2.b- Método del mundo cerrado</u> Paso 2.b.1- Construir diagrama mundo cerrado Paso 2.b.2. Planteo OAF (Objeto-Atributo-Función) Paso 2.b.3. Construir gráficos de cambio cualitativo (QC). <u>Etapas 3- Generación de concepto para la solución de problema</u> Paso 3.a- Unicidad Paso 3.b- Dimensionalidad de los Atributos Paso 3.c- Pluralización de los Objetos Paso 3.d- Distribución de las Funciones Paso 3.e- Transducción de las Funciones Paso 3.f- Generificación
--	---

3 Presentación de un problema como ejemplo

3.1 Problema del Excesivo Tiempo y Esfuerzo Consumido Durante la Disolución de la CMC en Agua

3.2 Resumen

Una empresa PyMES que fabrica, entre otros productos, detergente domiciliario, utiliza carboxi metil celulosa (CMC) como parte de su formulación. El problema surge cuando se

intenta disolver CMC en agua para su aplicación. Esta operación acarrea incomodidad, exceso de tiempo, mano de obra adicional, etc. Además se entorpece el procedimiento de operaciones al producir un “cuello de botella” debido a que el sistema de fabricación se hace muy lento, y si se pretende elevar la velocidad de la operación hay que consumir más horas hombre e invertir en equipamiento. El proceso de disolución en caliente conlleva gastos en equipamiento, gasto de combustible, y el riesgo potencial de trabajar con líquidos calientes. Todo esto conduce, inevitablemente, a una elevación de los costos económicos. Se busca imperiosamente mejorar esta operación de disolución de la CMC en agua. La búsqueda de soluciones conceptuales, en este caso, se realizó haciendo uso del USIT. [6]

3.3 Información

Solo se hace mención a lo esencial de toda la información acumulada para la búsqueda de solución. Muy poca información relevante del problema es necesaria para USIT. El resto, solo produce confusión y no orienta hacia el núcleo del problema. No se recomienda exceso de información, aunque sea útil en determinadas circunstancias, puede ser irrelevante al problema.

La carboximetilcelulosa sódica (CMC) es una sal soluble en agua (. Es producida en grandes cantidades, en grados comerciales crudos sin ningún refinamiento para emplearlo en detergentes, fluidos de perforación y en la industria papelera. En grados de pureza más altos se emplea como aditivo alimenticio.

Su carácter hidrofílico, buenas propiedades para formar películas, alta viscosidad, comportamiento adhesivo, entre algunas otras características, la CMC tiene una amplia variedad de aplicaciones como el caso de los detergentes, adhesivos, construcción, alimentaria, etc.

Descripción Física: Polvo o gránulos blancos a débilmente amarillentos o grisáceos, inodoros e insípidos.

Función: Recubrimiento, disgregante en tabletas o cápsulas, aglutinante en tabletas, agente estabilizante, viscosante.

Método de obtención: Es obtenida a partir de celulosa obtenida de pulpa de madera o fibras de algodón. Estas se mezclan hasta el punto de saturación con una solución de NaOH. La celulosa alcalina obtenida se hace reaccionar con monocloroacetato de sodio para producir la carboximetilcelulosa de sodio.

Características fisicoquímicas: Peso molecular: 90000 – 700000 gr. /mol.

Punto de fusión: 227- 252 °C.

Densidad: 0.75 g/ml

Constante de disociación: (pK_a) 4.3

Contenido de Humedad: Usualmente contiene menos del 10% de agua, sin embargo, es higróscopico, y absorbe a 37°C hasta un 80% de agua.

Solubilidad: Prácticamente insoluble en éter, etanol, acetona y tolueno. Forma soluciones coloidales en agua a cualquier temperatura, variando su solubilidad con el grado de sustituciones de la molécula.

Viscosidad: A mayores concentraciones de carboximetilcelulosa sódica, se obtienen crecientes viscosidades en solución acuosa. Por ejemplo, con una concentración de 2% p/v, se consigue una solución de 400-800 mPa s, y cuando es 4% p/v, una de 1500-3000 m Pa s.

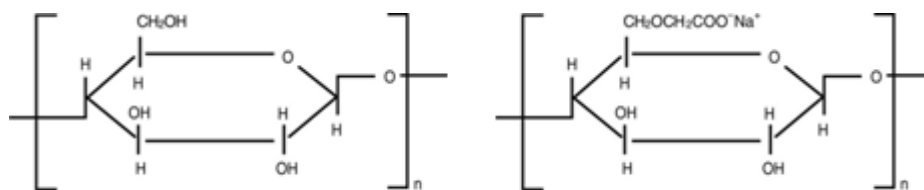


Figura 2. La figura de la izquierda muestra parte de una estructura molecular en donde se aprecian las unidades repetidas de glucosa y a la derecha la de la CMC.[7]

3.4 Búsqueda de soluciones

Procediendo a solucionar el problema de modo tradicional, con mucha información acumulada, a veces inmanejable, podemos algunas veces alcanzar soluciones como las siguientes:

SOLUCIÓN A: Utilizar agua caliente para acelerar el proceso de disolución.

INCONVENIENTE: Hay que invertir en equipamiento que no se tiene o quizás se deba distraer de otras operaciones.

SOLUCIÓN B: Disminuir el tiempo de disolución por agitación.

INCONVENIENTE: Se debe disponer de recipientes de disolución con agitación mecánica o magnética, todo muy costoso.

SOLUCIÓN C: Combinar agitación y aumento de temperatura para disminuir el tiempo de disolución.

INCONVENIENTE: La suma de inconvenientes A y B.

SOLUCIÓN D: Comprar la CMC disuelta.

INCONVENIENTE: Se debe disponer de tanques de almacenamiento, pues la solución ocupa más volumen que el sólido, además de tener que disponer, quizás, de camiones tanques y de personal aplicado a toda la logística y depender de todo de los altibajos del reparto.

SOLUCIÓN E: Rechazar el desafío del trabajo y realizarlo por terceros.

INCONVENIENTE: Demuestra incapacidad ante las exigencias de la tarea. De saberse esto, no daría una buena imagen ante colegas, ante los clientes y de otros potenciales clientes.

SOLUCIÓN F: Contratar más personal para esta tarea.

INCONVENIENTE: Habría que entrenar al personal nuevo, quizás, solo para esa tarea y esto elevaría los costos de producción por tener que pagar más sueldos, lo cual incide negativamente en el precio del producto final, además de problemas logísticos.

SOLUCIÓN G: Humectar previamente la CMC en alcohol o glicerina, la pasta resultante adicionarla lentamente al agua con buena agitación.

INCONVENIENTE: La Pymes no posee agitador para esta tarea ni tampoco para otras donde se lo requiera y además no está económicamente preparada para afrontar esa inversión.

SOLUCIÓN H: Adicionar muy lentamente la CMC en el agua y para disolver las partículas humectadas debe contarse con una vigorosa agitación.

INCONVENIENTE: Nuevamente se nos presenta el problema económico de la inversión en equipos.

SOLUCIÓN I: Usar partículas de CMC con mayor tamaño, las cuales se dispersan fácilmente en agua. Esta CMC es recomendable cuando no se dispone de un sistema de agitación adecuado.

INCONVENIENTE: Requieren de un mayor tiempo de disolución ¿Y el precio?

Algunas de las estrategias de soluciones halladas pueden, probablemente, funcionar muy bien, pero exigen procedimientos costosos y de difícil implementación. ¿Qué hacer?, pues la solución ideal, en donde su aplicación sea perfecta, sin costo y que no exista, es la ambicionada. ¿Cómo hallarla? Se recomienda hacer uso de metodologías estructuradas de resolución de problemas. Hoy día se disponen de algunas como TRIZ, SIT, USIT. Como ya expresamos arriba, haremos uso del USIT, menos conocida, y con el compromiso de difundirlo en la sociedad de habla hispana y portuguesa con permiso de su creador, el Dr. Ed Sickafus.

4. Aplicación de la metodología USIT

Etapla 1: Definición del problema

Paso 1.1- Explicar la situación del problema.

Una empresa PyMES que fabrica detergentes domiciliarios, necesita disolver carboxi metil celulosa (CMC). El problema está en que esto acarrea incomodidad, exceso de tiempo...

Paso 1.2- Descripción verbal y gráfica



El operario, se dedica a revolver el baño con gran esfuerzo físico y gran inversión de tiempo. A pesar de esto no se consigue disolver la CMC satisfactoriamente, por lo cual queda el baño lleno de grumos, lo cual degrada la calidad del producto final. Se necesita encontrar una solución fácil y económica para este problema.

Figura 3. Resumen gráfico y verbal de la tarea del operario.

Paso 1.3- Listar efectos indeseados

Puede resultar útil un AMFE (Análisis del Modo de Falla y sus Efectos). Cada uno de estos efectos indeseados se convierte en un problema particular sobre el cual enfocar el análisis USIT. Veamos:

- Lentitud del proceso.
- Aumento de la cantidad de operarios
- Aumento de costos de operaciones
- Pérdida de tiempo.
- Operaciones desprolijas.
- Roturas y/o deterioro del equipamiento.
- Baja calidad de la producción.
- Aumento del tiempo de entrega.
- Mala relación con el cliente.
- Etc.

Paso 1.4- Seleccionar un efecto

Hay que focalizar en un problema a la vez. Elegimos:

- Lentitud del proceso.

Paso 1.5- Listar objetos

- Operario
- Cuba de disolución
- CMC
- Mesa de trabajo
- Aire
- Agua
- Pieza
- Utensillo
- Luz
- Equipamiento, máquinas.

Paso 1.6- Minimizar objetos

La lista de **objetos** se minimiza, justamente a solo aquellos **objetos** necesarios para contener el problema. los objetos irrelevantes solo desenfocan de la causa raíz del problema.

La máquina y equipamiento no aplican a este caso, dado que nos presentan un problema económico en vez de una solución. Lo mismo podemos decir del operario, ya que todos ellos operan muy homogéneamente. Tanto la luz, como el aire están en óptimas condiciones para las tareas y junto con la mesa de trabajo tampoco aportan al problema, pues con estos, no se observa ninguna influencia, al menos directa, sobre la mejora del proceso. Con todo esto, nuestra lista disminuye su cantidad de objetos. Esto es, ahora tenemos menos objetos sobre los cuales enfocar nuestra atención.

Nuevo listado de objetos:

- Cuba de disolución
- CMC
- Agua
- Pieza
- Utensillo

Un segundo repaso en nuestra lista, nos hace pensar en que el utensillo para revolver, es manejado por el operario, debemos quitarlo. La cuba, puede ser cualquiera de formato normal

para estos casos, lo mismo que la habitación, la cual es adecuada para estas operaciones, por lo tanto, tampoco se puede ver una aplicación directa a la mejora del proceso. Quizás luego, algunos de estos objetos, vuelvan a nuestro razonamiento, por el momento, pasan a un costado.

- CMC
- Agua

Nuestra atención se focaliza hacia solo dos objetos. Los demás, pasan a un costado.

Paso 1.7- Buscar causas raíces

Imprescindible, ya que los problemas desprovistos de la información de las causas raíces tienden a languidecer en las mesas de trabajo de los ingenieros [8]. Ver Figuras 4 y 5.

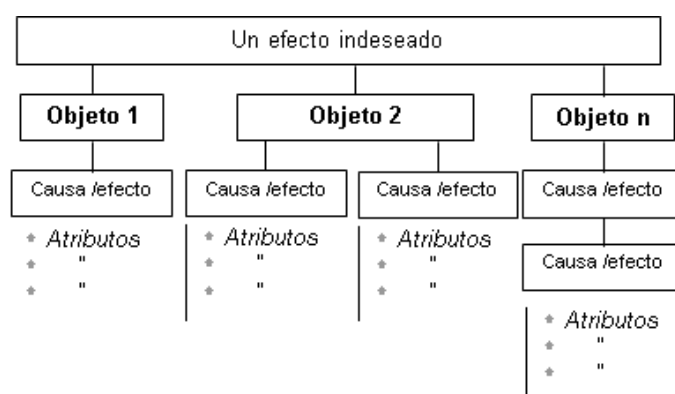


Figura 4. Gráfico de las causas raíces creíbles.



Figura 5. Gráfico de las causas raíces creíbles para el problema de la disolución de la CMC.

Pérdida de tiempo como causa raíz (Usted puede que encuentre otra causa) nos hace pensar, no en un problema fisicoquímico de la disolución rápida de la CMC, sino, en un problema organizacional. Al menos, se descubre que hay otro aspecto a tener en cuenta. Se nos presenta otro “frente de pensamiento”.

Recién estamos en el principio en nuestra mente y destellan potenciales soluciones conceptuales, aún sin haber alcanzado la etapa del análisis del problema y menos aún las técnicas de solución. Conviene anotar las potenciales soluciones conceptuales al margen. Cuidado, el proceso sigue, sin embargo las soluciones halladas no significan el término del proceso USIT, este debe seguir hasta el final, donde “caemos” en un espacio de soluciones conceptuales de dónde se puede elegir aquella que más nos convenga [9].

Paso 1.8- Remover filtros

Posponer el juicio de la viabilidad de una solución es una recomendación bien conocida para resolver problemas innovadores. El USIT va un paso más allá y exige retirar todos los filtros del proceso de resolución del problema. Estos, no juegan ningún papel útil durante el proceso innovador de resolución del problema.

- No escatimar en gastos.
- El tiempo no es problema.

Eliminar frases asesinas de la creatividad:

- No puede hacerse.
- Es demasiado tarde para hacerse.
- No está dentro de lo planeado.
- Es demasiado costoso.
- Ya ha sido probado.
- No es práctico.
- Es contrario a las reglas de diseño.
- No creo que funcione.

Paso 1.9- Simplificar descripción

Se comenzó con un planteo del problema, tal cual es el resumen del mismo, en donde no teníamos más que los efectos indeseados y no se veían claramente los “actores”, es decir los objetos que estaban en juegos y de estos, cuales eran los “protagonistas” principales del problema. Luego de algunas convoluciones, que en esta presentación por razones de espacio no se detallan, pero fueron varias, llegamos a comprender que nuestro problema es: “La pérdida de tiempo” que insume la disolución de la CMC, y como no se puede invertir energéticamente para su solución por un problema económico. Los puntos de vista con respecto al planteo original del problema han evolucionado hacia otro camino. Podemos traducir el planteo a un problema de organización, dado que las soluciones por vía fisicoquímicas exigen aplicar algún tipo de energía. Ahora hemos ingresado en un plano abstracto y la visión de nuestro problema comienza a visualizarse con más claridad. El pensamiento toma mayor impulso.

Etapla 2: Análisis del problema:

Una vez que el problema esté bien definido, el USIT dispone de dos algoritmos para esta etapa ha saber:

- 1) El método de las partículas y
- 2) El método del mundo cerrado.

Ambos pueden usarse para cualquier problema, indistintamente.

2.a- Método de las partículas

Este método es estratégico para problemas que se conoce la solución, pero no sus pasos intermedios para alcanzarlos. Este no es nuestro caso. O quizás no se aprecie tan

directamente. Para casos así descriptos, el algoritmo que mejor se adapta es el Método de las Partículas, aunque también pueda emplearse el Método del Mundo Cerrado.

2.b- Método del mundo cerrado

El mundo cerrado, se aplica a un conjunto fijo de **objetos**, es decir, como su nombre lo indica, dentro de un mundo cerrado. Este método es típico de las situaciones ingenieriles donde una nueva solución a un problema es requerida y debería ajustarse al sistema original.

Paso 2.b.1- Construir diagrama del mundo cerrado

En un diagrama del mundo cerrado (CW, del inglés Close World) se comienza con uno de los **objetos** del mundo cerrado seleccionado como el **objeto** más importante y se lo ubica en la parte superior del diagrama. Los restantes **objetos** subordinados se conectan con éste usando vinculaciones funcionales como se ilustra en la figura siguiente. El criterio del armado de este diagrama es para forzar al pensamiento hacia una nueva perspectiva [10].

- Las funciones deben ser funciones deseables.
- Un mismo **objeto** sólo puede aparecer una sola vez en el diagrama.
- Si a un **objeto** subordinado le quitamos su objeto superior, queda su función innecesaria.
- Un **objeto** puede soportar sólo una función, por consiguiente, se permite ramificarse hacia abajo, pero no está permitido hacerlo hacia arriba.
- Si ninguna conexión funcional existe, un **objeto** puede pertenecer a otro diagrama **CW**, o simplemente permanecer solo. Por ejemplo, un **objeto** autosuficiente podría ser un **objeto** vecino.

En presente caso tengamos en cuenta que:

- El agua disuelve al CMC.
- El CMC se disuelve en el agua.

Entonces sin la CMC, el agua no tiene no tiene función aquí, con lo cual nos queda que la CMC es el objeto más importante. Ver Figura 6:

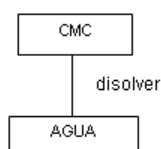


Figura 6. Diagrama del mundo cerrado del problema de la disolución de la CMC.

A esta altura de la labor, si bien no tenemos soluciones definitivas, seguro hay un cierto número de potenciales soluciones. Se está afinando el razonamiento. Es probable que algunos esbozos de soluciones ya puedan aplicarse algunas de ellas con éxito, siendo que aún no se ha agotado el proceso USIT. Esto puede ser bueno si hay una emergencia. Igualmente conviene seguir con el proceso hacia el final.

Paso 2.b.2- Planteo OAF (Objeto-Atributo-Función)

Los planteos **O-A-F** siguen al modelo de contacto **O-A-F** [11]. En un punto de contacto, los **objetos** están presentes al igual que las funciones. Necesitamos identificar los pares de atributos activos, uno por cada objeto que soporta una función. El planteo O-A-F, puede ser usado para analizar funciones deseables e indeseables o efectos.

Pueden usarse frases completas para expresar los planteos **O-A-E**, o un método más rápido, una simple **Tabla OAF**, de componentes en el mismo orden, ver Tabla 2.

Tabla 2. Tabla OAF para el caso de la disolución acuosa de la CMC.

Atributo	Objeto-A	Atributo	Objeto-B	función	Atributo	Objeto-X
Polaridad	CMC	Polaridad	Agua	interactuar	Dipolos	CMC

Observemos como queda de acuerdo a la gráfica del **Modelo OAF**. (Ver Figura 7).

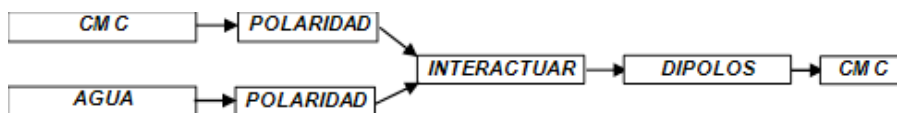


Figura 7. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC.

Otra visión del problema podría ser obtenida en un nuevo gráfico. (Ver Figura 8)

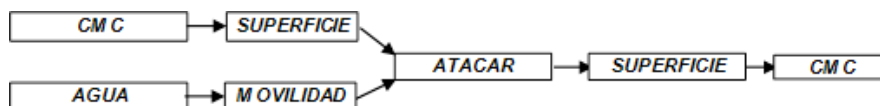


Figura 8. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC.

También, podemos hacer la sustitución de los objetos por otros más genéricos, ver Figura 9.

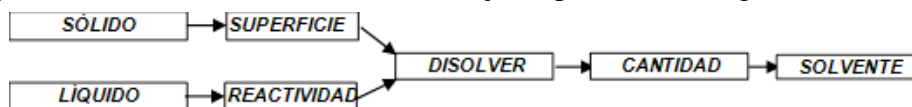


Figura 9. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC.

Siguiendo esta “abstracción” de los objetos, donde a la CMC la llamamos **SÓLIDO**, podemos llamar al líquido como **SOLVENTE**, lograríamos nuevos puntos de visión y posterior ataque al problema (ver Figura 10):



Figura 10. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC haciendo abstracción de los objetos.

Estamos aquí aprovechando una abstracción global de las propiedades de cada uno. Esto nos permite tener una gran ambigüedad, lo cual nos ayuda a eliminar barreras psicológicas y así poder tener un pensamiento creativo más atrevido y audaz.

Así, podemos pensar en propiedades más generales de sólidos y solventes, y por eso proponemos ahora el siguiente gráfico (ver Figura 11):



Figura 11. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC en dónde la abstracción, comienza a direccionar nuestros pensamientos.

Podemos seguir explotando esta línea de pensamiento (ver Figura 12):



Figura 12. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC en dónde la abstracción, parece orientarnos más certeramente hacia un nuevo concepto de solución.

Nos hace pensar en el empleo de energía calórica como recurso para elevar la temperatura y así lograr una mayor agitación molecular y en consecuencia una mayor interacción de los dipolos lo cual acelera los tiempos. También hace pensar en la agitación mecánica para aumentar la agitación molecular. La cual podría ser con paletas o una combinación de campos electromagnéticos con esferas magnetizables permeables al campo para dirigir su movimiento y lograr el rompimiento y disolución del sólido (ver Figura 13).

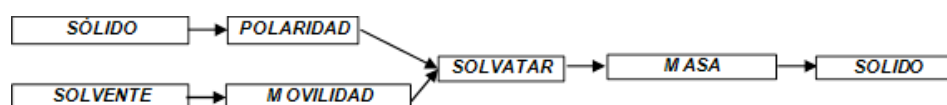


Figura 13. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC en dónde la abstracción, nos posiciona mejor hacia un nuevo concepto de solución.

Los artilugios mecánicos y electromagnéticos antes pensados, pueden ser una solución muy ventajosa, caras pero no importa, no hay que escatimar en gastos, eso ya lo dijimos en la etapa 1 en la eliminación de filtros. No podemos dejar que nuestro pensamiento quede acotado por problemas económicos. En la aplicación de las soluciones, es decir “bajando a tierra”, recién ahí y no antes, se tendrá en cuenta el factor económico.

Una nueva combinación de los gráficos nos lleva a (ver Figura 14):

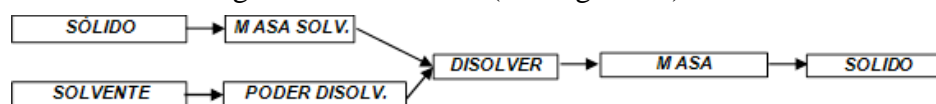


Figura 14. Gráfico del modelo OAF del caso de la disolución acuosa de la CMC en dónde se quiere experimentar con la combinación de los gráficos anteriores.

Aquí no aparece el factor tiempo, solo se tiene en cuenta la *masa solvatada* del **sólido**, el *poder disolvente* del **solvente** que es capaz ahora de disolver a ese **sólido**.

Aquí, es como si las propiedades físicoquímicas del solvente y del sólido, se dejan en libertad de hacer, en vez de interferir acelerando pasos. ¿Por qué no aprovechar esto como estrategia? Es decir, sin modificar el proceso. Esto parece no ventajoso, aunque tienta ver que económicamente una solución así no cuesta nada, ¿y que tal si es perfecta y encima de todo esto no existe? ¿?

Pero no, se tardaría mucho, y el tiempo es un factor importante. Sin embargo, podríamos anotarlo como solución conceptual.

Solución conceptual 1: No interferir en el lento proceso de disolución acuosa de la CMC.

Observar que recién estamos en el principio del mundo cerrado y ya destellan soluciones conceptuales. Anotémoslas.

Quizás Usted tenga en mente otras soluciones conceptuales.

Dejamos al lector el desafío de encontrar otras soluciones conceptuales por esta vía.

Paso 2.b.3- Construir gráficos de cambio cualitativo.

Un gráfico de cambio cualitativo (QC, del inglés Qualitative Change) muestra una característica del problema como una línea de pendiente finita, trazando un efecto indeseado encima de un atributo (ver Figura 15). Un “cambio cualitativo” ocurre cuando la característica del problema puede tender hacia una pendiente de valor cero (función constante). Esto lleva a dos soluciones tentativas recomendadas:

- Eliminar un atributo causal, o
- Hacer que un atributo causal trabaje para nosotros.

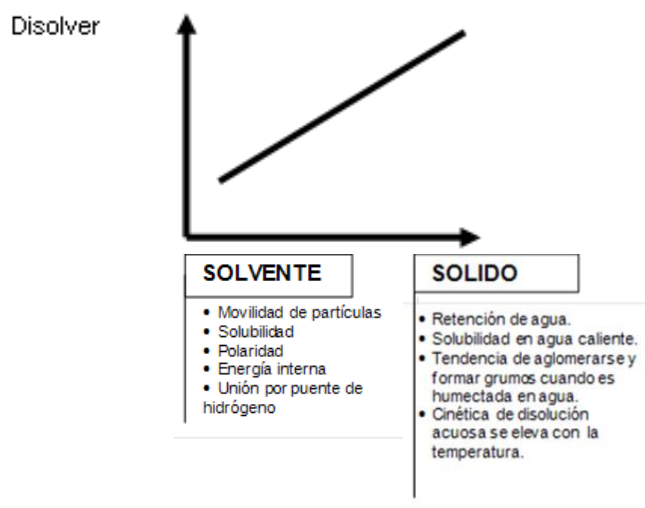


Figura 15. Gráfico de Cambio Cualitativo, donde en el eje de ordenadas está el Efecto Indeseado, y en el de abcisas están los atributos que empeoran el Efecto Indeseado al aumentar la intensidad del atributo de cada objeto del Mundo Cerrado.

Si bien, estos gráficos están incompletos y habría que ser más exhaustivos, vemos como nos lleva hacia una serie de potenciales soluciones conceptuales, sobre todo hacia un mayor entendimiento de las causas del problema, lo cual nos guiará hacia la aplicación de las técnicas de solución. Dejamos al lector la construcción de otros gráficos de cambios cualitativos.

Una vez que el análisis del mundo cerrado se completa, el camino del analista se perfila hacia las **técnicas de solución**.

Etapas 3- Generación de conceptos para la solución de problema

Se aplican técnicas formales enfocando sobre los **objetos**, atributos, y funciones. Se recomienda usar en primer lugar la técnica de **unicidad**, y luego las otras técnicas de solución que pueden usarse en cualquier orden.

Paso 3.a- Unicidad

La **unicidad** no es más que identificar y listar las características del problema que son únicas al mismo, que lo hacen diferente de otro similar. Estas perspectivas pueden ser puntos eficaces de ventaja. Después de listar las unicidades obvias de un problema (o después de desistir) pueden emplearse dos técnicas gráficas.

- Una es examinar las funciones (en el diagrama **CW**) en el espacio (unicidad espacial) y
- La otra es examinarlos en el tiempo (unicidad temporal).

Aplicar calor a un enorme volumen de agua es caro y reviste su potencial riesgo. Pero, ¿Debe aplicarse a todo el volumen simultáneamente para disolver rompiendo los grumos? NO.

Podemos calentar una porción del líquido con todo el CMC, lo cual, no resulta caro y mejor aún es poco riesgoso.

Solución conceptual 2: Disolver la CMC en el menor volumen posible de agua caliente y luego verter esto adecuadamente en el gran volumen restante de agua.

Solución conceptual 3: Combinar la solución conceptual 1 con el añadido de glicerina para facilitar la disolución.

Estas dos soluciones conceptuales las podemos colocar en unicidad espacial. Ahora podemos pensar en unicidad temporal. Lo cual nos lleva a pensar en el largo tiempo que se tarda el proceso de disolución. Podemos incrementar tiempo disponible para una función.

Solución conceptual 4: Distribuir la CMC en polvo más o menos por todo el volumen del agua y dejar durante mucho tiempo que la CMC se hidrate destruyendo los grumos.

Solución conceptual 5: Almacenar reservas de volúmenes adecuados de solución de CMC concentrado para ser utilizadas al instante, de modo que la acción de disolver CMC tenga un efecto nulo en el tiempo total de fabricación de detergentes.

Teniendo en cuenta la solución conceptual anterior, y para independizarnos totalmente del tiempo, podemos hacer:

Solución conceptual 6: Almacenar reservas de volúmenes adecuados de solución de CMC concentrada.

Solución conceptual 7: Utilizar la solución conceptual 3 e introducir operaciones de trabajo durante ese tiempo “muerto”.

¿Y en tiempo como se vería la solución conceptual 1? Se nos ocurre lo siguiente:

Solución conceptual 8: Elevar la temperatura del baño, pero sin la pretensión de llevar a ebullición el sistema, solo lo suficiente para acelerar el proceso a un tiempo conveniente.

Paso 3.b- Dimensionabilidad de los atributos

La dimensionalidad enfoca sobre los atributos. Ambos gráficos, **QC** y los diagramas de árboles and/or, traen a luz los atributos relevantes para soluciones conceptuales. Usando la dimensionalidad, el analista evalúa el hecho de conectar y desconectar los atributos según sus necesidades en situaciones estratégicas y períodos de tiempo. El delineado de atributo-atributo también es tomado en cuenta; esto significa delinear un atributo sobre otro (por ejemplo, tiempo sobre el espacio).

Solución 9: Activar el atributo agitación molecular del agua para acelerar parcialmente el proceso de disolución.

Esto coincide con otras soluciones. Estamos en el camino correcto. Además, si observa en el diagrama de las causas raíces, se nos escapó este atributo, que surge por la necesidad de profundizar nuestro pensamiento. Quizás a usted se le ocurra activar otros atributos, que a nosotros no se nos ocurrió. Es por eso que le encomendamos a usted esta tarea. He ahí la riqueza humana de esta herramienta.

1. Paso 3.c- Pluralización

La pluralización enfoca en los **objetos** permitiendo su multiplicación y división para producir nuevos **objetos** para usos diferentes.

Los **objetos** en el mundo cerrado pueden ser multiplicados para producir tantas copias como se desea, incluyendo números muy grandes (pensar en infinito). Ésta es una aproximación razonable a un problema del mundo real porque uno a menudo interacciona con ambientes industriales dónde muchas copias de un objeto están prontamente disponibles.

En la pluralización de los **objetos**, estos también pueden dividirse en partes y las mismas ser usadas diferentemente. Las partes pueden dividirse infinitesimalmente (pensar en **moléculas**).

Se permite la adición y la substracción de **objetos**, donde la adición involucra a **objetos** vecinos. La substracción permite la remoción de un **objeto**. La suma y substracción, para analistas que piensan matemáticamente, pueden ser metáforas para otros conceptos como la integración y diferenciación, respectivamente.

Solución 10: Podemos hacer coincidir con la solución conceptual 2.

2. Paso 3.d- Distribución

La distribución focaliza en las funciones. Usando el diagrama **CW**, el analista literalmente acciona una función hacia un par diferente de **objetos** y se pregunta lo que el nuevo arreglo implica. Es decir, lo que debe hacerse ahora a los atributos de los objetos para soportar la función.

Podemos hacer que una parte del volumen se le añada la CMC, por ejemplo en un extremo de la cuba, o mejor en una pequeña cuba conectada por un caño al volumen de agua total. Luego calentar esa pequeña cuba solamente. Esto sería como romper la simetría espacial del sistema incrementando la complejidad.

Solución conceptual 11: Hacer que una parte de la solución tenga la función de disolver la CMC y otra parte del volumen tenga la función de diluir hasta una concentración adecuada.

De esta última solución, pueden surgir los más diversos diseños de cubas.

3. Paso 3.e- Transducción

La transducción enfoca sobre vínculos A-F-A (atributo-función-atributo). Una característica importante del modelo de contacto **O-A-F** es sus dos vínculos como parte de la estructura A-F-A. La transducción sugiere pensar en diferentes caminos desde un **objeto** a otro involucrando cadenas de uno o más vínculos A-F-A. Esto es efectivo cuando los atributos iniciales y finales son evidentes pero su conectividad funcional no lo es. La inserción de otro vínculo puede resolver el problema. También pueden construirse cadenas involucrando **objetos** adicionales. Aquí, el lector puede, por ejemplo, combinar las diferentes soluciones conceptuales halladas y otras que él mismo encuentre.

Paso 3.f- Generificación

La generificación como una técnica de solución, simplemente revisita cada solución conceptual y la usa como una plantilla para inducir a nuevas ideas. Antes de usar un concepto ya encontrado se generifica; significa reducir a su fenomenología básica; es decir, a lo que lo hace tener éxito como solución conceptual. Esto permite hallar soluciones a problemas similares rápidamente, pues pasa a formar parte del “bagaje de experiencia” USIT.

El lector puede encontrar más soluciones conceptuales para este problema.

5. Conclusiones y recomendaciones

La meta del USIT es permitir al analista del problema alcanzar múltiples soluciones conceptuales, tantas como sea posible y rápidamente para los problemas del mundo real (problemas técnicos cotidianos en todos los campos). Esta metodología permite establecer, rápidamente, perspectivas inusuales de una situación del problema. En el particular, la aplicación del USIT, nos llevó a razonar una y otra vez sobre el núcleo del problema, sobre un conjunto mínimo de objetos conteniendo la causa raíz. Toma mucho tiempo pensar hasta llegar a la definición del problema, piedra basal de toda metodología estructurada de resolución de problemas. Una vez logrado esto, el problema aún sin solución aparente, o tal vez con algunos conceptos hallados, se convierte en uno muy claro. De aquí en más, se

pueden alcanzar muchas soluciones conceptuales, diríamos, que nuestra mente se dispara, pero eso sí, sesgada y estructuradamente.

Este breve ejemplo, da el alcance total del USIT, pero no su profundidad. Sin embargo, resolviendo problemas conceptuales se comprenden las herramientas descritas aquí. Faltan ejemplos en profundidad y sus discusiones, pero, no es esa la intención de este trabajo. Para el lector interesado en este tema le dejamos una lista de recursos en la parte de referencias.

Cabe resaltar la situación de la acumulación incesante de información, y muy valiosa, pero el exceso, como se vió en este ejemplo, puede desenfocarnos de la causa raíz del problema, sin la cual no se resuelve a fondo el mismo, sino que solo se alcanzan soluciones de compromiso.

En nuestro país se investiga y se aplica USIT en la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional General Pacheco, y allí también se enseña en la materia electiva de tercer año de la carrera de Ingeniería Mecánica: “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería”. Esta materia, es la primera en su tipo, ya que la mayor parte de ella se enseña TRIZ (acrónimo ruso de Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva), de la cual deriva USIT.

6. Referencias

- [1] Ed. Sickafus, “Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent”, Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. (www.u-sit.net)
- [2] Savransky, Semyon D. Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving) © 2000 by CRC Press LLC.M.
- [3] Breve Descripción y Comparación de las Metodologías Estructuradas Para Resolución de Problemas. Juan Carlos Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos Eduardo Requena. 9º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica- AMETRIZ. DF, México. Noviembre de 2014
- [4] Ed. Sickafus “Unified Structured Inventive Thinking – an Overview”, Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, libro electrónico (www.u-sit.net).
- [5] Ed. Sickafus, “Heuristic Innovation”- Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6 (www.u-sit.net)
- [6] “Aplicación del USIT: problema del excesivo tiempo y esfuerzo consumido en la disolución de la cmc en agua”. Juan Carlos Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos Eduardo Requena 7º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica y Desarrollo de nuevos productos. Orizaba, Veracruz, México. 22 de septiembre de 2012.
- [7] <http://www.quiminet.com/articulos/la-carboximetilcelulosa-y-sus-aplicaciones-16100.htm>
- [8] Ed Sickafus “Causes = Effects?” Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA (734) 676-3594 Ntelleck@u-sit.net, www.u-sit.net y Triz journal
- [9] Ed Sickafus “Heuristics for solving technical problems” Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA (734) 676-3594 Ntelleck@u-sit.net, www.u-sit.net y Triz journal.
- [10] Ed Sickafus, Pensamiento Inventivo Unificado Estructurado, como Inventar. Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-94350-X. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 2012
- [11] Ed Sickafus, Innovación Heurística. Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. Dirección Nacional de Derechos de Autor, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Expte. 5023607. Junio 2012



III CADI
IX CAEDI
2016



EMPRENDEDORISMO, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN UNIVERSITARIA. PERCEPCIÓN DE LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS EN LA FCEIA-UNR.

Sergio Albano, Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (CIUNR),
sergio@sergioalbano.com.ar

Leonardo Barrea, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad
Nacional de Rosario, leonardobarrea@yahoo.com.ar

Ariel Patriarca, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad
Nacional de Rosario, arielhpatriarca@yahoo.com.ar

Luis Krapf, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional
de Rosario, luiskrapf@yahoo.com.ar

Laura Serenelli, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad
Nacional de Rosario, laurarserenelli@gmail.com

William Frey, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad
Nacional de Rosario, freywilliam@hotmail.com

Resumen

Modificaciones en el desarrollo económico y social originaron cambios en las necesidades de profesionales de la Ingeniería, que manifiestan la necesidad de realizar adaptaciones de los procesos constructivos que colaboren a un mayor rendimiento, mejorar la funcionalidad y la no agresión al medio ambiente.

Estos motivos originaron la búsqueda de profesionales hacia jóvenes con criterios amplios y capaces de introducir cambios en métodos convencionales.

En este trabajo se presenta el análisis efectuado en el proyecto de investigación “Emprendedorismo un nuevo enfoque en la Educación Universitaria. Análisis situacional en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR” - ING 407, realizando la comparación de la percepción de los estudiantes de grado y los profesionales graduados en los últimos 10 años.

El proceso de investigación fue cuantitativo de carácter presencial en alumnos y por mail en graduados, observándose en todos los casos la excelente formación técnica y una falencia en la cultura emprendedora. Esto se muestra en tablas y figuras que, en forma sintética, dan las pautas para elaborar conclusiones. Este trabajo fue efectuado en tres carreras de Ingeniería: Civil, Eléctrica y Mecánica con resultados similares.

Es de destacar que el grado de participación fue muy importante en los alumnos y egresados, que permitió validar los resultados estadísticamente y la posibilidad de generar nuevos enfoques al conocimiento.

Palabras clave-- emprendedorismo, innovación tecnológica, currícula universitaria, ingenieros, ejercicio profesional.

1. Introducción

"Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo"

Albert Einstein

Esta frase tan simple y de una profundidad tan grande, es la base de este trabajo.

Se busca que el alumno, futuro emprendedor, sea un innovador, es decir, que no se quede con la rutina, sino que sea un eslabón de una cadena que permita un desarrollo social y económico en el país.

El significado de emprendedorismo deviene del vocablo emprendedor, que puede llegar a ocasionar conflictos por su variedad de acepciones según como fue concebido.

Para el economista Schumpeter (visión económica) el emprendedor es el empresario innovador, que es quien, al innovar en cualquiera de los aspectos empresariales, introduce nueva dinámica al desarrollo económico de la sociedad, es decir, nos lleva a un mejoramiento de la productividad por reforma.

Desde el punto de vista operativo, es cuando se realizan cambios para mejorar procesos en una empresa existente, que para nuestro caso es también designado intra-emprendedor, incluyendo a aquel individuo inquieto que realiza cambios en pos de mejores resultados.

Desde el punto vista popular (también considerado pragmático), es el generador de una nueva empresa.

La innovación requiere **Conocimientos, Creatividad, Organización**, en tanto que para el emprendedorismo, además, se debe complementar con **Coraje**, el coraje de no caer ante un fracaso sino de tener la valentía para empezar nuevamente.

"En el sector privado cada vez se buscan de manera creciente personas que puedan pensar de manera amplia, que sean capaces de innovar y de entender el contexto". Estas palabras fueron vertidas por Anna Winthrop [1], Profesora de la Universidad de Nueva York, en el Foro Mundial de Educación y Habilidades, desarrollado en Dubai en marzo de 2016.

En este trabajo se desarrolla la investigación realizada en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), en tres carreras tradicionales de la Ingeniería: Civil, Eléctrica y Mecánica, que a través de encuestas nos permitió comparar, entre otros aspectos, la idea de estudiantes de los últimos años y egresados de los últimos 10 años sobre la temática.

2. Metodología de trabajo

Se realizaron encuestas presenciales a los estudiantes y vía mail a los egresados, en ambos casos la respuesta fue optativa. No hubo rechazos en la encuesta presencial a los alumnos y el porcentaje de respuestas vía mail de los graduados fue de alrededor del 30%.

En primer lugar se realizó la encuesta a los alumnos, la misma fue hecha a los de 4° y 5° año de las tres carreras analizadas. El porcentaje de respuesta fue alto y se encuestó

presencialmente a los alumnos que asisten regularmente a clases de las materias con más inscriptos.

Luego de finalizada la etapa correspondiente a los alumnos, se realizó la encuesta a los egresados (que formó parte de un trabajo integral en todos los estamentos que intervienen en la formación del profesional). Para llevarla a cabo se contó con los correos electrónicos que fueron suministrados por el área estudiantil de la FCEIA y corresponden a egresados entre los años 2006 y 2015 (período elegido en función de que la FCEIA ha realizado un registro más seguro durante el mismo). Resultaron ser 536 correos que se dividen en: 290 para Ing. Civil, 200 para Ing. Mecánica y 46 para Ing. Eléctrica, siendo el porcentaje aproximado de respuesta 30%, 25% y 30% respectivamente.

En ambos casos, estudiantes y egresados, se aplicó una técnica de investigación cuantitativa. Las preguntas realizadas a los alumnos refieren, por un lado, a la experiencia laboral y sus expectativas profesionales y, por otro, a la frecuencia con la que se han tratado en el transcurso de la carrera, tópicos vinculados con el Emprendedorismo y la Innovación Tecnológica.

En cuanto a los graduados, se indaga acerca de su historia laboral a fin de relacionarla con la formación emprendedora que ha adquirido en la Facultad y se les pregunta sobre su opinión respecto a su propia formación en cuanto a los distintos aspectos del emprendedorismo y la innovación tecnológica.

3. Resultados

En primer lugar, se presentan los resultados referentes a la encuesta a los alumnos, los cuales están distribuidos de la siguiente manera según carrera.

Tabla 1. Cantidad de alumnos encuestados por carrera.

Carrera	Año		Total
	4°	5°	
I. Civil	22	24	46
I. Mecánica	37	40	77
I. Eléctrica	8	8	16
Total	67	72	139

Fuente: Elaboración propia.

Las cantidades disímiles responden a las cantidades de alumnos de las tres carreras en esta facultad.

Es de interés mostrar el pensamiento de los alumnos sobre su desempeño profesional al graduarse. La tabla 2 se refiere al pensamiento al ingresar a la carrera mientras que la tabla 3, la visión a futuro.

La primer pregunta se refiere a la forma que ve el ingresante su futuro como profesional de la ingeniería, obteniéndose las siguientes respuestas ante las opciones presentadas sobre su visión como profesional.

Tabla 2. Pensamiento del alumno sobre su desempeño profesional al graduarse.

Satisfacción personal	Lograr una posición social	Trabajo en relación de dependencia	Desarrollar una actividad empresarial	Otra
45,4%	18,6%	6,2%	27,8%	2,1%

Fuente: Elaboración propia.

De estas respuestas se presenta, para satisfacción de la unidad académica, que casi un 50% ve la carrera como una forma de satisfacción personal. Desde el punto que nos interesa, más de la cuarta parte de los entrevistados pretende el desarrollo de una actividad empresarial.

Ahora, ¿cuántos quisieran realizar un emprendimiento propio?

Tabla 3. Porcentaje de alumnos que llevarían adelante un emprendimiento.

	Si	No	No me formé criterio	Total general
I. Civil	52%	39%	9%	46
I. Mecánica	81%	17%	3%	77
I. Eléctrica	56%	31%	13%	16
Total general	68%	26%	6%	139

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se efectúa una pregunta referida a su futuro como profesional al graduarse, se obtiene el siguiente resultado:

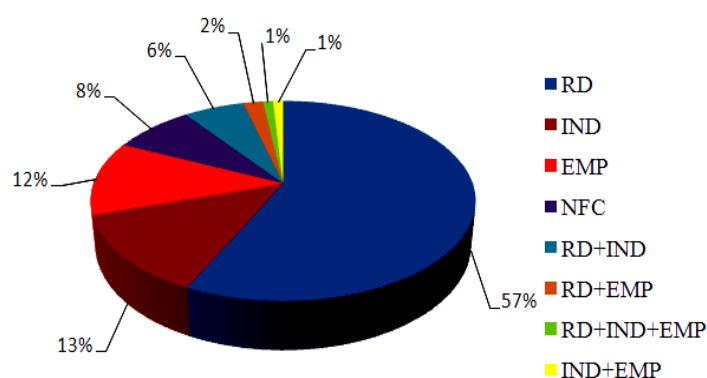


Figura 1. Como piensa el alumno que será su desempeño cuando se gradúe.

Ref: RD: Relación de dependencia; IND: En forma independiente; EMP: Empresario; NFC: No me forme criterio.

Nota: En esta pregunta los encuestados podían elegir mas de una opción.

Fuente: elaboración propia.

Se nota que mayoritariamente ven su salida laboral en relación de dependencia.¹

En las tablas y la figura precedentes puede destacarse, en primer lugar, que un 27,8% de los alumnos al ingresar pensaba a la carrera principalmente como una forma de desarrollar una actividad empresarial. Además un 68% de los alumnos da una respuesta afirmativa en cuanto a si realizaría un emprendimiento propio y un 15% aproximadamente piensa que su desempeño profesional será como empresario (ya sea que respondieron solo a la opción *como empresarios* o a esta opción junto con otra).

Referente a la formación brindada durante la carrera, se obtuvo la siguiente información en cuanto a la frecuencia con la que los alumnos percibieron temas relacionados con la posibilidad de desempeñarse como profesional independiente.

Tabla 4. Frecuencia con la que se trataron temas relacionados a la formación para un desempeño como profesional independiente.

	Frecuen- temente	Algunas veces	Raras veces	Nunca	No responde
I. Civil	20%	35%	37%	7%	2%
I. Mecánica	8%	34%	44%	13%	1%
I. Eléctrica	0%	44%	44%	13%	0%
Total general	11%	35%	42%	11%	2%

Fuente: Elaboración propia.

Referente a los temas relacionados a la posibilidad de formar una empresa propia, se observa que predominantemente prima la respuesta que raras veces o nunca se tratan dichos temas durante la carrera.

Tabla 5. Frecuencia con que los alumnos piensan que se tratan temas referidos al emprendedorismo.

Frecuen- temente	Algunas veces	Raras veces	Nunca	No responde
5%	23,7%	48,2%	20,9%	2,2%

Fuente: Elaboración propia.

De las dos tablas anteriores se destaca que, en general, los alumnos piensan que durante la carrera se tratan de manera poco frecuente temas para desarrollarse como profesional independiente y menos frecuente aún, temas relacionados a la formación de un emprendimiento propio. Ambos temas son de gran importancia para la formación de emprendedores.

Posteriormente se hace referencia a dos temas:

- Emprendedorismo.
- Innovación tecnológica.

¹ Nota de los autores: En general los alumnos de estas tres especialidades consideran que es necesario un período de aprendizaje con una guía. Además, el equipamiento resulta de un valor importante.

Si bien ambos están relacionados, el emprendedorismo exige la capacidad de asumir riesgos y la habilidad de recuperación ante un fracaso.

Al consultar sobre la frecuencia con la que se trataban durante la carrera los temas mencionados, se obtuvieron los siguientes resultados:

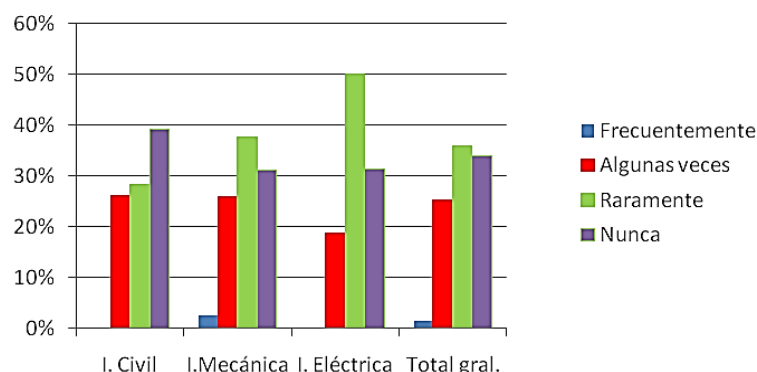


Figura 2. Frecuencia con la que se tratan temas de Emprendedorismo durante la carrera.
Fuente: elaboración propia.

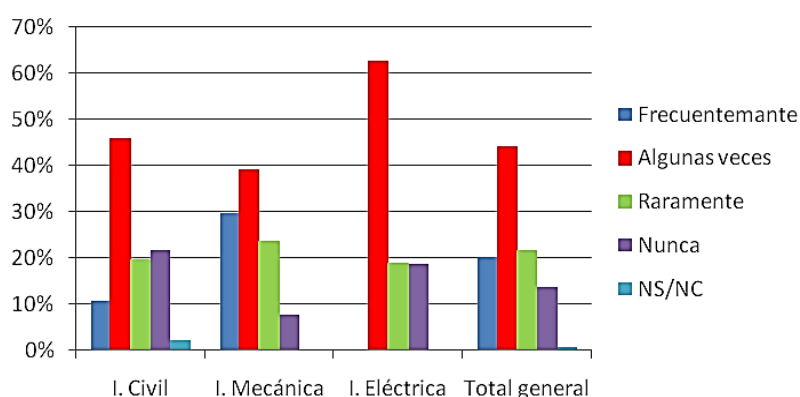


Figura 3. Frecuencia con la que se tratan temas de Innovación tecnológica durante la carrera.
Fuente: elaboración propia.

De la interpretación de los resultados obtenidos se observa que la temática innovación ha sido tratada con mayor frecuencia que el emprendedorismo, la misma está en concordancia con las respuestas de los docentes y directores de carrera. [2][3]

Estos resultados se validan con las respuestas obtenidas de las preguntas efectuadas a los egresados en función de los temas desarrollados durante el cursado y a las competencias adquiridas. Esto se puede visualizar en detalle mas adelante (tabla 6).

Desde el punto de vista de los egresados, la encuesta realizada fue completada por 151 graduados (87 de Ingeniería Civil, 50 de Ingeniería Mecánica y 14 de Ingeniería Eléctrica).

En cuanto a la actividad laboral, por un lado se destaca que el 97,5% de los encuestados ya estaban trabajando en algo relacionado a su profesión antes de cumplir un año de recibidos. El 55% han realizado alguna actividad en forma independiente afín a su título, la mayoría de éstos, como complemento de una actividad en relación de dependencia, y solamente el 15% lo ha realizado como actividad principal. El 84% de los encuestados dice haber realizado alguna

actividad en relación de dependencia afín a su título, y de estos, el 62% dijo haber sido líder en algún grupo de trabajo en la/las empresas donde trabajó y el 59% desarrolló alguna actividad innovadora.

Relacionado a la formación que reciben los ingenieros, cuando se indaga sobre la visión que tienen respecto de la formación que recibieron en la parte técnica específica y como emprendedores, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 6. Opinión de los graduados sobre conocimientos y competencias adquiridas en su formación de grado en relación con su desempeño profesional.

	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	NS/NC	Total
Formación técnica	61%	30%	8%	0,5%	0,5%	0%	100%
Gestión de recursos	11%	36,5%	34,5%	10%	6%	2%	100%
Plan de negocios	1,5%	11%	41%	26,5%	16%	4%	100%
Otros temas de gestión	2%	18,5%	42%	17%	12,5%	8%	100%

Fuente: Elaboración propia.

La pregunta en cuestión es: ¿Cómo evalúa los conocimientos y competencias adquiridas en su formación de grado en relación con su desempeño profesional?

Se observa que las respuestas presentan un porcentaje mayor al 91% de carácter positiva (Muy bueno – Bueno), respecto de la formación técnica. Con mayor detalle, se tiene que del orden del 61%, dice que es muy buena.

No se tienen los mismos resultados para los temas gestión de recursos, plan de negocios y temas de gestión, en los cuales sólo el primero está cercano al 48%, para respuestas positivas y las dos restantes no llegan al 21%.

Para realizar la validación de la pregunta anterior, se consultó a los graduados² qué temas o conocimientos consideran necesarios para poder ejercer la profesión en forma independiente y que no son suficientemente desarrollados en las materias de grado. Sus respuestas pueden clasificarse en cuatro grupos de la siguiente manera:

- 1) 49%. Herramientas: plan de negocios, administración de empresas, finanzas, proyectos de inversión, etc.
- 2) 30%. Gestión: manejo de personal a cargo, toma de decisiones, conocimientos sobre la dirección y ejecución de obra.
- 3) 14%. Conocimientos técnicos.
- 4) 7%. Competencias en cuanto a legislación, leyes, trámites, etc, referentes al ejercicio profesional.

² Nota de los autores: La pregunta realizada fue ‘¿Qué conocimientos y competencias considera usted que son imprescindibles para desarrollar su profesión en forma independiente?’, a la cual respondieron libremente.

Siendo fundamental conocer la actitud de los egresados, se les consultó acerca del pensamiento que tienen sobre su propia actitud emprendedora, y en caso de que consideraran que la tienen, se les preguntó sobre lo influyente que fueron la facultad, el trabajo y la familia para poder adquirirla o desarrollarla.

De esto se destaca que el 76% cree que tiene actitud emprendedora en su actividad profesional (100% en Eléctrica, 82% en Mecánica y 70% en Civil) y de estos graduados, la mayoría opina que su experiencia laboral fue totalmente o muy influyente (69%) en la formación de esta actitud. Con respecto al entorno familiar, el porcentaje que piensa que fue totalmente o muy influyente es del 65%, mientras que con respecto a la facultad este porcentaje es más bajo (43%).

Una consideración importante a realizar fue si los egresados están en conocimiento de apoyo al emprendedorismo por parte de distintos organismos.

La pregunta fue: ¿Tuvo o tiene conocimiento de ofrecimientos de organizaciones para iniciar actividades propias? y en caso afirmativo, indicar si las organizaciones son estatales o privadas.

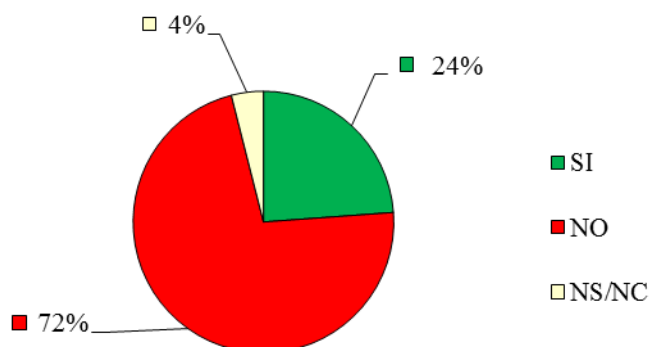


Figura 4. Conocimiento de ofrecimientos de organizaciones para iniciar actividades propias.
Fuente: elaboración propia.

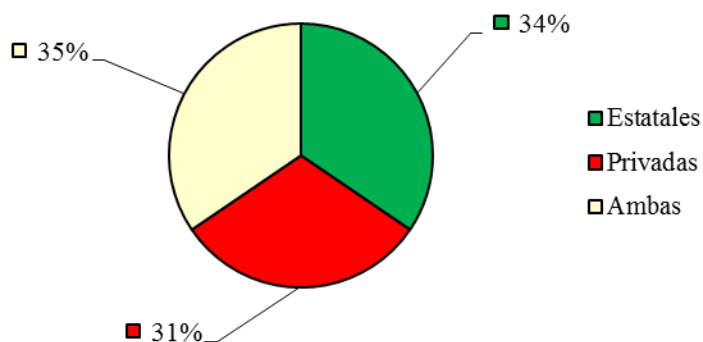


Figura 5. Tipo de organización que efectuó el ofrecimiento.
Fuente: elaboración propia.

Se observa que la mayoría no tuvo información sobre ofrecimientos para poder desarrollar o llevar adelante un emprendimiento propio y, de los que tuvieron, se reparten por igual entre públicos y privados.

Esta información es muy importante ya que, para el logro de un emprendimiento, se debe generar un ecosistema en el que participen Emprendedores, Universidad, Inversores y Sociedad y que, además, se interrelacionen para la evolución y supervivencia del Sistema.

4. Conclusiones

De las opiniones de los **alumnos** encuestados, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Al graduarse, piensan que su actividad principal será en relación de dependencia, aunque manifiestan predisposición para realizar un emprendimiento propio.
- La temática del Emprendedorismo es poco tratada en la carrera, en tanto la Innovación Tecnológica aparece con mayor frecuencia.
- La formación para el desempeño como profesional independiente o para el desarrollo de un emprendimiento propio, no es frecuente en la carrera que cursan.
- Cuando se consideran formas de desempeño profesional alternativas al trabajo en relación de dependencia, los alumnos dividen sus expectativas entre desempeño profesional “en forma independiente” y “como empresario”.
- Consideran que son escasos los espacios curriculares que aporten a los alumnos herramientas para llevar a cabo emprendimientos basados en sus capacidades de innovación tecnológica.

De las opiniones de los **graduados** podemos obtener las siguientes conclusiones, teniendo en cuenta que, antes del año de graduarse, sólo el 1,3% aún no se habían insertado en el mercado laboral:

- Con respecto a los conocimientos alcanzados por los graduados en la facultad, se valora mucho la formación técnica adquirida, pero no de la misma manera las cuestiones relacionadas con la formación de recursos humanos, plan de negocios y gestión.
- Aproximadamente la mitad de los encuestados consideran que los conocimientos necesarios y faltantes en su formación se refieren a plan de negocios, administración de empresas, finanzas, proyectos de inversión, etc. El 30% considera que se debe a la falta de formación sobre el manejo de personal a cargo y toma de decisiones, y solamente un 7% menciona falta de conocimientos en cuanto a legislación, leyes y trámites, todo relacionado con el ejercicio profesional.
- En su experiencia laboral, el 55% de los encuestados han realizado alguna actividad en forma independiente afín a su título, la mayoría de éstos, como complemento de su trabajo en relación de dependencia, y solamente el 15% lo ha realizado como actividad principal.
- Dentro de la actividad laboral en forma dependiente, la mayoría de los ingenieros ha realizado alguna actividad intra-emprendedora, es decir una actividad emprendedora dentro de la propia empresa. Entre quienes no realizaron estas actividades, la mitad alegó

como motivo principal que la empresa no les permitió desarrollarlas.

- La actividad independiente corresponde principalmente al ejercicio liberal de la profesión, que en la mayoría de los casos la llevan a cabo en su forma tradicional, y muy pocos en forma innovadora o emprendedora.
- Se detectó como principales influyentes de la cultura emprendedora a la familia y su entorno, en segundo lugar, al trabajo y en menor medida a la facultad.
- De esto último, también se puede destacar que el 93% de los graduados que creen que tienen una actitud emprendedora, respondieron que al menos una de las entidades mencionadas fue totalmente o muy influyente para adquirirla, lo que muestra que la actitud emprendedora se desarrolla por influencia del entorno de la persona.

Del análisis de las encuestas se observa que existe una gran diferencia entre la visión del alumno y la del egresado en cuanto a la generación de emprendimientos provocado por diversos factores:

- Escasa formación del alumno en temas específicos de autogestión y conducción, lo que los atemoriza para iniciar emprendimientos propios, sumado a la muy poca influencia y motivación de la facultad para encararlos.
- Poca información sobre las necesidades de la sociedad que den origen a la generación de emprendimientos.
- Desconocimiento en la formación del ecosistema en el cual está inmerso y que le permita abordar emprendimientos que le abran nuevos horizontes.

Sin embargo, se vislumbra como algo muy positivo, la actitud de los graduados ya insertados en el mercado laboral, quienes tienen una visión más realista de la sociedad y son proclives a realizar cambios, para no hacer de su labor una rutina monótona, generando mejoras en los procesos laborales y productivos dentro de la organización a la que pertenecen o en las técnicas para llevarlos a cabo. Muchos de ellos perciben que tienen esa actitud emprendedora y se han animado a encarar su propio emprendimiento, donde en la mayoría es como complemento a su actividad laboral principal, siendo los motivadores fundamentales la familia y su entorno, y en menor medida el trabajo en relación de dependencia y la facultad.

5. Recomendaciones

Es necesario que se realice la formación continua de los docentes de manera de favorecer el desarrollo en los alumnos de seres emprendedores y así disponer de un ámbito de trasposición didáctica que permita gestionar acciones en pro de actitudes de cambio.

Es importante notar que en el plan de estudio desarrollado en la FCEIA, y puesto en marcha en el año 2014, se introdujeron temáticas que refuerzan el emprendedorismo:

En Ingeniería Civil las Asignaturas Economía y Organización de Obras, Ingeniería Legal y Práctica Profesional.

En Ingeniería Eléctrica las Asignaturas Legislación y Organización de Empresas, Gestión de la Calidad y de las Operaciones, Higiene y Seguridad y Gestión Ambiental, Responsabilidad Social y Factor Humano, Economía y Costos, Emprendedorismo y Evaluación de Proyectos de Inversión.

En Ingeniería Mecánica las Asignaturas Legislación y Organización de Empresas, Gestión de la Calidad y de las Operaciones, Higiene y Seguridad y Gestión Ambiental, Responsabilidad Social y Recursos Humanos, Economía y Costos y Emprendedorismo y Evaluación de Proyectos de Inversión.

6. Agradecimientos

Es interés de los autores agradecer la colaboración prestada por Directores, Docentes, Alumnos y Egresados de las Carreras en investigación, que ha permitido el desarrollo de este trabajo.

Además fue muy importante la colaboración de la Sección Alumnado de la FCEIA.

7. Referencias

- [1] WINTHORP, ANNA. Exposición de Anna Winthorp Universidad de Nueva York en el Foro Mundial de Educación y Habilidades - Dubai – Marzo 2016. Fuente: diario Clarín. Sección IEKO. Página: 6, 27/03/16.
- [2] ALBANO, S; KRAPP, L; FERNÁNDEZ DE LUCO, M; GIANDOMÉNICO, E; BARREA, L. “El Emprendedorismo en la Currícula Universitaria. Caso: Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR”. *Estados Unidos. Orlando, Florida. 2009. Libro. Artículo Completo. Conferencia. Octava Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2009). 6to Simposium Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática. International Institute of Informatics and Systemics.*
- [3] ALBANO, S; BARREA, L; FERNÁNDEZ DE LUCO, M; GIANDOMÉNICO, E; KRAPP, L. “Emprendedorismo, Innovación y Educación Universitaria. Análisis de la opinión y la acción de Profesores de Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario”. *Argentina. Mar del Plata. 2012. Revista. Artículo Completo. Congreso. I Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2012. VII Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería CAEDI 2012. Universidad Nacional de Mar del Plata - CONFEDI - FASTA*

DE PRÁCTICAS CREATIVAS A PROYECTOS EMPRENDEDORES: UN CAMINO DE ENCUENTROS Y APRENDIZAJES

María Alejandra Espelet, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan
Bosco, aespelet@ing.unp.edu.ar

Juana Berta Fernández, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan
Bosco, juanafernandez@ing.unp.edu.ar

Susana de Chazal, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan
Bosco, sdechazal@ing.unp.edu.ar

Resumen— El presente trabajo da cuenta del diseño de un Plan de Acción en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco en la temática Emprendedorismo e Innovación. El fin del Proyecto es promover y desarrollar competencias inherentes al Emprendedorismo y a la Innovación, en una propuesta integral que involucra a los estudiantes que cursan sus carreras de grado y a los docentes e investigadores que conforman el cuerpo docente de la Unidad Académica.

La idea de esta iniciativa es asumir el compromiso de incorporar el Emprendedorismo a la agenda institucional de la Facultad de Ingeniería, contribuyendo activa y directamente a la gestión y formación de profesionales emprendedores atendiendo a la importancia que el tema tiene en el contexto del mundo actual y de las instituciones de nivel superior.

El Proyecto recupera todas las acciones que, en forma independiente, se llevaron a cabo como estrategias para abordar el tema y articula el tratamiento de dos ejes componentes “Docentes” y “Estudiantes” que se desarrollarán en forma simultánea.

En esta presentación se explicitan el marco teórico conceptual que fundamenta la propuesta y las actividades realizadas en las etapas implementadas.

Palabras clave— *espíritu emprendedor, formación, competencias.*

1.Introducción

En la enseñanza de las Ingenierías se observa una marcada tendencia a considerar el desarrollo de competencias como horizonte formativo y hay consenso acerca de que el ingeniero no sólo debe saber, sino saber hacer. Y ese saber hacer implica valerse de una compleja estructura de conocimientos, habilidades y destrezas. En esta línea de pensamiento se incluye el desarrollo de competencias transversales tales como la ética, el Emprendedorismo, el desarrollo sostenible y la formación dirigencial, entre otras.

En los procesos de formación de ingenieros, durante los primeros años de las carreras de Ingeniería, es indiscutible la importancia que tienen la matemática, la física y la química como áreas de conocimiento indispensables para la construcción de nuevos aprendizajes. En este sentido, las Ciencias Básicas desempeñan un rol importante porque proporcionan a los estudiantes una sólida formación que brinda los fundamentos para afrontar, con éxito, el planteo, el estudio y la solución de problemas que permiten comprender fenómenos relacionados con la Ingeniería.

En esta formación se excede a lo estrictamente disciplinar. Dicen Ferreyra y Rimondino (2005):

La UNESCO en 1993, estimó la conveniencia de construir, de cara al siglo XXI, una educación sobre la base de cuatro tópicos fundamentales: “aprender a conocer”, “aprender a hacer”, “aprender a ser” y “aprender a vivir juntos”. Consideramos que a estos cuatro pilares es preciso adicionar un quinto: “aprender a emprender” (Ferreyra, 1996), destinado a promover el desarrollo de cierto espíritu emprendedor y pionero, de la disposición para esforzarse para alcanzar un objetivo, de una actitud proactiva, que desde el hacer, con saber y conciencia, posibilite a las personas fijarse metas, hacer propuestas y tomar iniciativas, enfrentando con inteligencia, innovación y creatividad las dificultades, y desde sus fortalezas, aprovechando las oportunidades y superando las amenazas que se le presentan en el escenario actual.(Ferreyra y Rimondino, 2005) [1]

Según la Declaración Mundial sobre la Educación Superior para el Siglo XXI, “Aprender a emprender y fomentar el espíritu de iniciativa deben convertirse en importantes preocupaciones de la educación superior, a fin de facilitar las posibilidades de empleo de los diplomados, que cada vez estarán más llamados a crear puestos de trabajo y no a limitarse a buscarlos” (UNESCO, 1998, art.7.d). [2]

Según Dehter [3] “Emprender es la acción de un sujeto independiente, de un equipo o de una organización con el fin de materializar una idea. Formar emprendedores es facilitar ese proceso”... “Hoy son necesarios nuevos componentes en los contenidos pedagógicos de los currículos académicos, con el fin de que los estudiantes de ingeniería maduren sus iniciativas emprendedoras a la vez que modelan sus competencias como ingenieros. Esto requiere reconvertir las clásicas metodologías didácticas con una renovada base conceptual, acerca de las experiencias de aprendizaje requeridas por las nuevas orientaciones estratégicas, territorialmente sensibles y que se puedan adaptar a diferentes perfiles individuales y a sus preferencias de estilos de aprendizaje”.

En este contexto de ideas en el que se pretende articular el cambio de paradigma en la enseñanza de la Ingeniería con la necesidad de satisfacer los requerimientos que plantea el mundo actual, se formula la siguiente pregunta:

A ser emprendedor, ¿se aprende?

La respuesta tentativa es que sí. El desafío es elaborar una experiencia educativa que, basada en un modelo de investigación – acción, explore con un abordaje integrador, los alcances de

cómo esta temática se aprende y qué estrategias metodológicas pueden implementarse para favorecer su enseñanza, en el marco del proceso de formación de los futuros ingenieros.

Para Duhalde [4], el enfoque del modelo de investigación – acción “se basa en la reflexión y comprensión sistemática de la práctica por parte del mismo docente, a efectos de mejorarla y transformarla metodológicamente, se puede caracterizar como un proceso, que no es ajeno a la propia realidad del docente, que parte de ella y que, inevitablemente vuelve para modificarla como un espiral.”

Con este sentido surge la iniciativa de elaborar una experiencia educativa que contenga un Plan de Acción en la temática “Emprendedorismo”, con la finalidad de promover la cultura emprendedora en el ámbito de incumbencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

El Plan de Acción pretende la promoción y desarrollo de competencias inherentes al Emprendedorismo y a la Innovación, en una propuesta integral que comprenda a los estudiantes que cursan sus carreras de grado y a los docentes e investigadores que conforman el cuerpo docente de la Unidad Académica. La estructura contempla el tratamiento de dos ejes componentes denominados “Estudiantes” y “Docentes”. En particular para el primer eje y partiendo del supuesto que a “ser emprendedor se aprende” si se abordan y perfeccionan las capacidades que se ponen en juego en el proceso de emprender, se acuerda planificar distintos espacios en la modalidad de talleres presenciales donde se trabajarán las capacidades emprendedoras desde los primeros años del trayecto curricular.

La implementación del Plan para ambos ejes se ejecuta en forma paralela y simultánea al proceso formativo de los estudiantes, con convocatorias diferenciadas para los ciclos básico y superior de las carreras de Ingeniería de la Facultad para el eje “Estudiantes” y convocatorias específicas para “Docentes”. Ambos ejes se realizan durante el primero y segundo cuatrimestre de cada ciclo lectivo.

La propuesta de investigación – acción se implementa como experiencia piloto y con un plazo de ejecución de cuatro años. Se contempla además una propuesta metodológica para el registro y la sistematización de las acciones que se vayan ejecutando, con la intención de valorar la experiencia educativa y generar documentación de evaluación del proceso durante toda la fase de su implementación.

Como punto de partida y con la intención de orientar el recorrido de la enseñanza de las Ingenierías, se conceptualiza en primer lugar qué se entiende por ingeniería y cuáles son las funciones que debe cumplir un profesional en este campo.

Etimológicamente, la palabra ingeniería deriva del término ingeniero en el idioma inglés. Un *engineer* es el operario de un motor o una máquina y en sus comienzos se refería a un constructor de máquinas militares. El término *engine*, más antiguo, deriva del latino *ingenium* y en español significa ingenio.

En un primer abordaje del término, la Ingeniería puede considerarse como un conjunto de conocimientos y procedimientos científicos que se aplican para desarrollar, implementar, mantener y perfeccionar estructuras, tanto a nivel teórico como físico, con el fin ulterior de resolver los problemas que afectan el desarrollo de la actividad humana en múltiples contextos.

Desde esta perspectiva, un ingeniero combina sabiduría e inspiración y en la práctica debe ser capaz de aplicar estos conocimientos a la invención, al perfeccionamiento y a la modelación de cualquier sistema.

En cuanto a la práctica de la Ingeniería, con una visión actualizada, el Ing. Sobrevila afirma:

La Práctica de la Ingeniería comprende el estudio de factibilidad técnico económica, investigación, desarrollo e innovación, diseño, proyecto, modelación, construcción, pruebas, optimización, evaluación, gerenciamiento, dirección y operación de todo tipo de componentes, equipos, máquinas, instalaciones, edificios, obras civiles, sistemas y procesos. Las cuestiones relativas a la seguridad y la preservación del medio ambiente, constituyen aspectos fundamentales que la práctica de la Ingeniería debiera observar (CONFEDI, 2001, p.4) [5]

La función principal del ingeniero es diseñar o desarrollar soluciones tecnológicas que respondan a necesidades originadas en los órdenes social, industrial o económico. En este contexto, su tarea tiene múltiples aristas que abarca desde la identificación y comprensión de los obstáculos que delimitan el problema hasta el diseño propiamente dicho y la elección de la solución óptima. En líneas generales, estas soluciones están asociadas a la búsqueda de modelos matemáticos y a la elección, como opción de diseño, del modelo que mejor se ajuste o sea el más conveniente.

La cuota de responsabilidad profesional de los ingenieros es de alto impacto, sus decisiones inciden directamente sobre la vida, la salud y el bienestar de las personas, razones por las cuales es necesario minimizar los factores de riesgo que puedan ocasionar sus prácticas, para evitar poner en peligro la integridad física y/o psíquica de las personas.

La Ingeniería y la Tecnología constituyen la aplicación del conocimiento obtenido por la ciencia. Los científicos trabajan con la ciencia y los ingenieros con la tecnología, y ambas tareas no son excluyentes, sino por el contrario, complementarias.

En el informe del Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe “Cerrando la brecha entre educación y tecnología” se advierte:

Lo que se necesita en el actual mundo de acelerados cambios tecnológicos intensivos en destrezas es la capacidad de aprender, de adaptarse, innovar, trabajar en equipo y relacionarse con una amplia variedad de actores. No se trata de educación técnica excesivamente especializada, a lo menos no hasta llegar a los estudios terciarios o de posgrado, pero incluso en ese momento son más importantes los conocimientos científicos básicos en sus áreas y el desarrollo de capacidades de resolución de problemas, que dominar técnicas específicas que pueden quedar obsoletas con suma rapidez. (Banco Mundial, 2002, p.10) [6]

En el Congreso Mundial Ingeniería 2010 “Tecnología, Innovación y Producción para el desarrollo sostenible” realizado en la ciudad autónoma de Buenos Aires, se organizó un capítulo de “Formación del ingeniero para el desarrollo sostenible”. Este evento coincidió con la realización del 8vo. Congreso de la Educación de la Ingeniería (8WCE) y del VII Congreso Argentino de Educación (VII CAEDI).

En ese ámbito, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) presentó un documento “La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible”. Este documento es producto del trabajo realizado por los decanos miembros reunidos en un taller ad hoc por invitación de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Argentina (SPU).

En el documento mencionado se señalan los siguientes lineamientos:

- ✓ Generar vocaciones tempranas
- ✓ Asegurar la calidad de la formación
- ✓ Formar ingenieros con visión sistémica

- ✓ Formar ingenieros con perspectiva supranacional-regional
- ✓ Apoyar el desarrollo local y regional

Estos aspectos consensuados por el CONFEDI constituyen una guía para la gestión y la formación en facultades de ingeniería de universidades argentinas y tienen como objetivo ofrecer al país profesionales con perfiles que respondan a las demandas reales de la sociedad en su conjunto y para asegurar el desarrollo sostenible en el transcurso del siglo XXI.

Específicamente, para el lineamiento “apoyar el desarrollo local y regional”, se señala como estrategia la implementación de actividades y proyectos dentro y fuera de la universidad, en forma aislada o en red, con el propósito de despertar en los estudiantes el espíritu emprendedor. En el apartado conclusiones de este documento se expone:

Para este mundo del tercer milenio, los ingenieros tendrán que desarrollar, además de conocimientos y destrezas específicas, competencias y habilidades de tipo general, así como valores, aptitudes y actitudes que los califiquen no sólo para poder competir profesionalmente, sino muy especialmente para contribuir al desarrollo social y económico de sus comunidades.

En cuanto a la formación en ingeniería propiamente dicha, más allá de los aspectos que hacen al aseguramiento de su calidad, la necesidad de competencias, además de conocimientos, en los profesionales propone a las facultades de ingeniería un nuevo paradigma de formación.

La ingeniería tiene un rol fundamental en lo que hace al cuidado del ambiente y desarrollo sostenible, que requiere de profesionales comprometidos, con una visión clara del mundo y de la región donde se desempeñan, articulando en su ejercicio conocimientos tanto técnicos como sociales.(CONFEDI, 2010, p.22) [7]

En 2012, el CONFEDI pone en marcha el Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería (PRECITYE) con el propósito de promover y difundir la cultura emprendedora y de innovación entre los estudiantes de carreras de ingeniería de la región. El programa se implementa en forma simultánea en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay, comprende cuatro componentes y entre sus objetivos figuran cuatro aspectos a destacar:

- ✓ Lograr consenso entre las Facultades de Ingeniería de los cuatro países en cuanto a la selección de estrategias eficaces para formar ingenieros emprendedores.
- ✓ Desarrollar un conjunto de herramientas con materiales didácticos y pedagógicos.
- ✓ Realizar una prueba piloto de formación y entrenamiento de docentes.
- ✓ Implementar una prueba piloto de difusión de la cultura emprendedora. [8]

Los aspectos señalados conforman el marco teórico conceptual que guía y sustenta el Plan de Acción en la temática Emprendedorismo que se implementa en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, desde el año 2014.

En el caso de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco(UNPSJB), los planes de estudio no contemplan ninguna actividad curricular que aborde específicamente el Emprendedorismo y la Innovación, aunque se han llevado a cabo, fuera del trayecto curricular formativo, diferentes acciones vinculadas a las temáticas mencionadas.

A partir del año 2005 y hasta el año 2009, la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB participó en la elaboración del diseño de un proyecto curricular denominado Ciclo General de

Conocimientos Básicos (CGCB) en el marco del Programa de Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería (PROMEI), como miembro titular de la Red Pre-ingeniería conformada por las Universidades Nacionales de San Juan, Cuyo, San Luis, La Pampa y de la Patagonia San Juan Bosco. Durante el proceso de construcción del Diseño Curricular del Ciclo desde la formación basada en competencias, se llevaron a cabo reuniones, encuentros y talleres entre docentes de las distintas Universidades que conformaban el consorcio. En ese ámbito, se acordaron estrategias comunes apropiadas al desarrollo de las capacidades que fueron seleccionadas para trabajar durante el Ciclo. Tomando como base las competencias profesionales de la ingeniería se cubrieron las áreas Matemática, Física, Química, Estadística, Informática y Sistemas de Representación.

Desde el ciclo lectivo 2009, la Facultad de Ingeniería incorporó un espacio denominado “Charlas de creatividad” en el marco del “Ciclo Integrado de Ingreso” que comprende el dictado del Curso de Matemática, el Taller de Lenguaje y Resolución de Problemas y actividades propias del Sistema de tutorías. Esta propuesta destinada a los alumnos aspirantes a carreras de Ingeniería se desarrolla durante los meses de febrero y marzo de cada año.

En enero de 2012, un grupo de docentes de la Facultad participó del 1er. Concurso de ejercicios del PRECITYE denominado “Competencias Emprendedoras en las Ingenierías” obteniendo el segundo lugar en la premiación de los trabajos. Este material forma parte del conjunto de herramientas didácticas y pedagógicas instrumentado y que se encuentra a disposición de todos los docentes.

En el año 2013, la Facultad de Ingeniería auspició el dictado de dos Cursos de Posgrado en Emprendedorismo destinado a profesores y abierto a la comunidad.

En setiembre de 2013, en el marco del PRECITYE, la Facultad de Ingeniería fue sede para el Curso Inicial de Formación de Formadores para profesores de Ingeniería. En esa instancia se asumió el compromiso de socializar los contenidos de Emprendedorismo entre docentes y alumnos.

En noviembre de 2013, la Unidad Académica avaló la participación de docentes al Curso Avanzado de Formación de Formadores desarrollado por el PRECITYE en la ciudad de Buenos Aires.

2. Materiales y métodos

2.1 Descripción del plan de acción en la unidad académica

Con el Plan de Acción se asume el compromiso de incorporar el Emprendedorismo a la agenda institucional de la Facultad de Ingeniería, contribuyendo activa y directamente a la gestión y formación de profesionales emprendedores.

El diseño del Plan incluye y articula el tratamiento de los ejes componentes “Docentes” y “Estudiantes”. El eje “Estudiantes” contempla su desarrollo en forma paralela al proceso de formación de los estudiantes de carreras de Ingeniería. Se elabora priorizando la formación emprendedora en los estudiantes, desde la óptica de futuros empleadores y principalmente como ciudadanos activos y responsables que puedan emprender y tomar riesgos sin temor al fracaso.

Para las capacitaciones propuestas en el eje “Docentes” se organizan dos etapas: la primera, de sensibilización del tema concientizando sobre la importancia del Emprendedorismo como elemento generador de desarrollo regional y nacional, y la segunda, de capacitación propiamente dicha, brindando un espacio para la formación teórica específica, la reflexión sobre las prácticas docentes y la búsqueda de consenso acerca de nuevas metodologías que posibiliten potenciar el Emprendedorismo y la Innovación en las aulas.

Las actividades de capacitación que se incluyen en el Plan para ambos ejes se programan atendiendo periodos anuales, previéndose su implementación en etapas sucesivas durante el primero y segundo cuatrimestre de cada ciclo lectivo.

2.2. Propósito del plan de acción

El Plan de acción tiene como objetivo principal:

- *Generar un espacio destinado a promover y estimular el desarrollo del espíritu emprendedor en estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.*

2.3. Ejes componentes

Componente 1: Estudiantes

Los objetivos de este componente son:

- ✓ Estimular actitudes y valores emprendedores entre los estudiantes.
- ✓ Fomentar en ellos el pensamiento creativo y la generación de ideas innovadoras que contribuyan a desarrollar una cultura emprendedora y con compromiso social.
- ✓ Facilitar un espacio para la comunicación efectiva entre los equipos de trabajo, fomentándose actitudes éticas y comportamientos responsables.

En este componente se prevé la realización de talleres presenciales destinados a los estudiantes de carreras de ingeniería. En su organización se incluyen actividades concretas para el desarrollo de múltiples capacidades individuales y grupales. Con base en el principio de aprender del y con el otro, se busca potenciar la construcción colectiva de proyectos emprendedores en el ámbito universitario.

Componente 2: Docentes

Para este componente se plantean los siguientes objetivos:

- ✓ Recuperar los principales conceptos de Emprendedorismo abordados en las capacitaciones previas sobre el tema y desarrolladas en forma aislada en la Facultad.
- ✓ Fomentar las capacitaciones docentes en las áreas Emprendedorismo e Innovación.
- ✓ Relevar acciones y/o actividades vinculadas con el desarrollo de la temática.
- ✓ Consensuar estrategias para promover en los estudiantes el desarrollo de capacidades emprendedoras.

Para alcanzar estos objetivos se elabora un programa de formación docente que promueve la asistencia y participación de profesores en cursos y/o Talleres sobre Emprendedorismo e Innovación en forma continua y la realización de encuentros presenciales, con el propósito de ir conformando un equipo multidisciplinario de docentes capacitados en la Unidad Académica.

2.4. Metodología elegida para el tratamiento de los ejes componentes

La modalidad que se adoptó para la elaboración del Plan de Acción fue la de construcción participativa entre docentes y responsables de la gestión académica. Esta elección se basó en el hecho de que una propuesta elaborada a partir del consenso y con participación de distintos actores genera mayores compromisos y aumenta las probabilidades de éxito al momento de su implementación.

En particular, para el desarrollo de las propuestas de formación para los estudiantes se acordó elegir dinámicas de trabajo grupal, prácticas vivenciales y la implementación de diversas técnicas para incentivar la creatividad grupal.

Estas propuestas articuladas entre sí constituyen fases de entrenamiento progresivo de los estudiantes y tienen como principio rector ir consolidando, en etapas sucesivas, capacidades y competencias, un buen dominio de recursos, herramientas y técnicas que son elementos indispensables para el diseño e implementación de proyectos emprendedores.

Para los espacios destinados a capacitaciones docentes, se acordó realizar charlas motivacionales y talleres para trabajar contenidos específicos del tema y organizar espacios para reflexionar sobre los procesos de apropiación de estos contenidos por parte de los estudiantes.

2.5. Evaluación

El Plan de acción tiene una estructura flexible y permite que las actividades diseñadas admitan modificaciones para cada ciclo lectivo, de acuerdo a los resultados obtenidos en implementaciones anteriores y atendiendo las características propias del grupo participante.

El Plan contempla una etapa de evaluación de los ejes componentes al término de cada ciclo lectivo. Para evaluar las actividades implementadas en cada eje se eligen como instrumentos los informes, los cuestionarios y otros documentos de registro, que serán elaborados por los equipos responsables de sus implementaciones.

En este proceso, la sistematización de todos los aspectos valorativos serán objetos de análisis y los insumos a tener en cuenta en la planificación de actividades para el siguiente período.

2.6. Actividades implementadas dentro del plan

Edición 2014

En este periodo, para el eje “Estudiantes” se realizó un Taller destinado a estudiantes de tercero, cuarto y quinto año de carreras de Ingeniería.

La primera convocatoria a estudiantes se denominó “Taller para estudiantes emprendedores” y se elaboró como una estrategia para contribuir al desarrollo de capacidades relacionadas con el Emprendedorismo.

Se desarrolló como una actividad de extensión y la capacitación a estudiantes comprendió el tratamiento de los siguientes tópicos:

- ✓ El reconocimiento de las características del Emprendedorismo y las cualidades de los emprendedores.
- ✓ La estimulación de actitudes y valores emprendedores.
- ✓ El fomento del pensamiento creativo y la generación de ideas innovadoras.

Para la selección de las actividades que conformaron los tópicos se puso el énfasis en el desarrollo de capacidades puestas en juego en el proceso de emprender.

Para el tratamiento de las temáticas presentadas se planificaron ocho encuentros presenciales, con frecuencia semanal y de dos horas de duración cada uno.

Desde agosto a septiembre de 2014, estudiantes del último año de carreras de ingeniería cumplieron un cuestionario organizado por el PRECITYE cuyo objetivo fue relevar información sobre la inclinación emprendedora de los estudiantes de ingeniería en los países miembros del programa.

Por primera vez, en el mes de octubre de 2014, la Facultad de Ingeniería fue sede del Rally Latinoamericano de Innovación edición 2014. Esta competencia internacional, que se realizó durante 28 horas consecutivas, tuvo como objetivo principal el de contribuir a desarrollar una nueva cultura de innovación abierta con compromiso social en los estudiantes de las Unidades Académicas con carreras de Ingeniería de Latinoamérica. La competencia está orientada a grupos interdisciplinarios de estudiantes y se presentan soluciones innovadoras a temas propuestos por empresas, ONGs e instituciones participantes. En este evento participaron nueve grupos, interviniendo 57 estudiantes y 4 docentes. El grupo “UNPSJB” obtuvo el 1er. Premio de la sede en la categoría Innovación y el grupo “Martensita” en la categoría Impacto Social.

Para el eje “Docentes”, en la primera etapa de desarrollo, se realizaron Encuentros - Talleres con docentes que habían realizado alguna capacitación previa en Emprendedorismo.

Se recuperaron los principales conceptos de Emprendedorismo abordados en las capacitaciones previas sobre el tema y se relevaron acciones y actividades vinculadas con el desarrollo de la temática.

Se programaron cuatro encuentros presenciales concretándose dos en el primer cuatrimestre y dos en el segundo. Como producto de estas reuniones se evidenció la necesidad de realizar una mayor difusión del tema mediante charlas motivacionales con el fin de generar mayor interés por emprender y propiciar una mayor sensibilización en el cuerpo docente.

Para la etapa de capacitación docente propiamente dicha, se impulsó la asistencia y la participación docente en Jornadas, cursos y talleres sobre Emprendedorismo.

En este contexto, en mayo de 2014, docentes de la Facultad de Ingeniería participaron del “Encuentro Regional de Emprendedorismo en el Medio Universitario”, organizado por el Ministerio de Educación y el Programa PRECITYE, en la ciudad de Buenos Aires.

En noviembre de 2014, otro grupo de docentes de la Facultad de Ingeniería asistió al evento “Emprender Chubut”, jornada organizada por el grupo de jóvenes empresarios de la Cámara de Industria y Comercio de la ciudad de Comodoro Rivadavia, que contó con el auspicio del Ministerio de Educación de la provincia del Chubut.

Como actividades de difusión y sensibilización acerca del Emprendedorismo y la Innovación se participó en programas radiales y a través de una ponencia sobre el tema en las Segundas Jornadas de Ingeniería Civil, llevadas a cabo el 28 y 29 de Octubre de 2014 en la ciudad de Comodoro Rivadavia.

Edición 2015

En cuanto a las acciones para el ciclo lectivo 2015, para el eje “Estudiantes” se planificaron dos talleres a implementarse uno en cada cuatrimestre.

El primero, destinado a estudiantes del Ciclo Superior de carreras de Ingeniería, llevó por título “Despertares: Taller para estudiantes emprendedores”.

En esta segunda convocatoria a estudiantes del Ciclo Superior se enfatizó en la generación de ideas novedosas a problemas reales que requerían soluciones creativas, la vivencia del trabajo grupal en la búsqueda de solución a conflictos y en el estímulo permanente de propuestas de ideas innovadoras.

Para el taller del segundo cuatrimestre destinado a estudiantes de primero y segundo año de carreras de Ingeniería se acordó trabajar la creatividad, el ingenio y técnicas de trabajo grupal. Esta actividad se reprogramó para el 2do. cuatrimestre del Ciclo lectivo 2016.

Los días 9 y 10 de octubre de 2015, la Facultad de Ingeniería fue nuevamente sede del segundo Rally Latinoamericano de Innovación 2015. En virtud de la experiencia del año anterior se realizaron dos talleres, previos a las jornadas de competencia, con el fin que los estudiantes se entrenaran en edición de videos y adquirieran conocimientos sobre el Modelo de Negocios CANVAS. En esta edición participaron cuatro grupos: “Los Nudos”, “Los Navegantes”, “H₂O” y “Dinamo”. El grupo “Los Nudos” obtuvo el 1er. Premio de la sede en la categoría Innovación y el grupo “Los Navegantes” en la categoría Impacto Social. Esta actividad fue publicada en el Boletín digital de la Facultad de Ingeniería N° 6 de Diciembre 2015.

Para el eje “Docentes” se realizaron cuatro reuniones de intercambio y sensibilización. Como producto de estos encuentros docentes y considerando además las valoraciones realizadas por los estudiantes que participaron de los talleres de la edición 2014, se elaboró la “Agenda de Emprendedorismo 2015” que cuenta con el aval institucional del órgano Directivo de la Facultad.

La “Agenda de Emprendedorismo 2015” incorporó, por primera vez en la Unidad Académica, la realización de la “*Jornada Inaugural del ciclo lectivo 2015*” incluyendo en su apertura una clase magistral cuyo título fue: “Emprendedorismo: ¿opción o necesidad?” a cargo de un especialista invitado.

En abril de 2015, un grupo de docentes y estudiantes participó del evento Emprender Chubut dando continuidad al trabajo en red iniciado en 2014 con el grupo de Jóvenes Empresarios de la Cámara de Industria y Comercio de Comodoro Rivadavia, en conjunto con la Municipalidad de Comodoro Rivadavia y el Ministerio de Educación de la Provincia de Chubut.

Como actividades de difusión y sensibilización acerca del Emprededorismo y la Innovación se participó en la IV Jornada de Experiencias en la Enseñanza de la Facultad de Ingeniería con la presentación de la ponencia “El desarrollo de capacidades emprendedoras en la formación de ingenieros: aprendiendo a emprender” realizadas el 1 y 2 de Octubre de 2015 en la sede Comodoro Rivadavia.

3. Resultados y discusión

En este trabajo se informan los resultados de los dos primeros años de implementación del Plan. Si bien se encuentra en la etapa media de su ejecución, cabe señalar que la respuesta a las convocatorias a estudiantes hasta el momento concretadas, va en aumento progresivo. Los grupos de estudiantes que comenzaron su formación en el tema pertenecen a las carreras de Ingeniería Industrial, Electrónica, Química, Civil y Petróleo, siendo Ingeniería Industrial la especialidad que concentró el mayor número de estudiantes.

La amplia participación de estudiantes, en eventos que promueven el despertar del espíritu emprendedor y la innovación, permitió la constitución de la Facultad de Ingeniería como sede del Rally Latinoamericano de Innovación durante los dos años de realización de este evento.

En referencia a la participación de docentes e investigadores de la Unidad Académica, se señala que un grupo de 30 docentes se muestra interesado y comprometido con esta iniciativa lo que significa un 10 % del cuerpo docente de la sede involucrado. La estrecha vinculación entre el Emprendedorismo y los desarrollos local y regional amerita la capacitación del cuerpo docente en el tema y propicia el análisis respecto a su incorporación en los procesos formativos de los futuros ingenieros.

Durante esta fase de desarrollo del Plan, la Facultad recibió del medio social y productivo, múltiples solicitudes de asesoramiento técnico para la elaboración y/o evaluación de proyectos emprendedores. Atendiendo a este aspecto desde un encuadre formal, se está analizando la inclusión de un nuevo eje al Plan de Acción en Emprendedorismo que podría denominarse “Vinculación con el medio social y productivo” en un nuevo espacio conformado por docentes especializados y estudiantes capacitados en la cultura Emprendedora.

Al concluir las experiencias de aprendizaje, los equipos responsables elaboraron los informes y la recopilación fotográfica de cada actividad. Se registraron datos cualitativos y cuantitativos que se analizaron para constatar si las acciones emprendidas cubrieron las expectativas. Como dato cuantitativo parcial se tiene que un total de 148 estudiantes, del ciclo superior de las carreras de Ingeniería, participaron de las acciones implementadas representando a un 15 % de los alumnos regulares de la Facultad de sede Comodoro Rivadavia. En cuanto al aspecto cualitativo, los cuestionarios y encuestas que cumplimentaron los participantes arrojaron resultados muy alentadores. Los asistentes valoraron como muy satisfactorias las actividades que se están llevando a cabo en el marco del Plan de acción. Una gran mayoría, independientemente de la terminal de ingeniería elegida acuerda con la decisión de incluir el desarrollo del espíritu emprendedor y la capacidad emprendedora, en el trayecto de formación de sus carreras.

4. Conclusiones y recomendaciones

El cambio de paradigma en la enseñanza de la Ingeniería exige la revisión de cómo se enseña y cómo aprenden los estudiantes. Este cambio mantiene la vigencia de una formación básica de calidad que además de lo disciplinar integre competencias para el saber hacer, el saber ser y el ser emprendedor.

Alcanzar estos objetivos significa adoptar estrategias que trasciendan el proceso de enseñanza basado exclusivamente en la exposición y que sean superadoras de sólo el dominio cognitivo disciplinar. Esta visión implica pensar lo metodológico y replantearse las prácticas docentes para considerar otras estrategias que motiven el estudio de nuevos saberes, la puesta en práctica de valores éticos y actitudes de respeto y solidaridad, el trabajo en equipo y el desarrollo de la creatividad y el ingenio.

En este sentido es necesario que desde los primeros años de formación, se promuevan espacios destinados a fomentar el pensamiento creativo y la generación de ideas innovadoras, trabajando técnicas de creatividad y análisis de casos de emprendedores para observar en ellos las competencias emprendedoras. La capacidad emprendedora se evidencia a partir de la generación de una idea que se materializa en el diseño de un proyecto razón por la cual estos

aspectos deben ser retomados en los ciclos superiores para favorecer su profundización y desarrollo en forma gradual y progresiva.

Es importante señalar que las estrategias que se seleccionen para la enseñanza siempre se deben diseñar en función de un grupo de personas que tiene características de aprendizaje propias y determinadas condiciones socioculturales. Las propuestas de formación que se elaboren requieren de la incorporación permanente de elementos innovadores que respondan a las exigencias del mundo actual y a los nuevos perfiles de la profesión en el ámbito educativo y laboral.

En esta línea de pensamiento que toma como centro las personas y su desarrollo integral, se advierte que una misma estrategia puede resultar favorable para un grupo y desfavorable para otro y que el éxito de la implementación depende en gran medida del contenido que se quiera trabajar, del tiempo que se asigne para su desarrollo y de la participación activa y reflexiva que genere en los estudiantes.

En las prácticas de enseñanza y aprendizaje, en la medida que sea posible, se deben alentar iniciativas por parte de los estudiantes de observaciones o planteos ingeniosos, aunque éstos no se consoliden o no resistan las pruebas de validez a las que serán expuestos.

En cuanto a la consistencia del Plan de acción es fundamental que acciones en esta línea mantengan su continuidad para permitir que, en capacitaciones de carácter progresivo y en distintas etapas de formación, se puedan retomar, fortalecer y perfeccionar las capacidades emprendedoras de los estudiantes.

La ejecución de un Plan de Acción en forma paralela al trayecto curricular de las carreras, por sí solo, no alcanza a cubrir todos los aspectos y requerimientos vinculados al Emprendedorismo y la Innovación, sin embargo resulta una herramienta válida como punto de partida para iniciar su tratamiento.

No es una tarea fácil la que está por delante, los docentes formadores deben elaborar propuestas activas que faciliten el desarrollo de la creatividad y las competencias para ser emprendedor, atentos a los requerimientos del mundo del trabajo y de la sociedad actual. Pensar acciones en esta dirección recupera el sentido del término *ingenio* en la acepción etimológica de la palabra ingeniero.

En el mediano plazo, se espera que la cultura emprendedora se instale como eje formativo en la comunidad académica de la Facultad de Ingeniería. Esto posibilitará que se consoliden equipos docentes capacitados en la temática y que, utilizando los espacios curriculares de los planes de estudio de las carreras, puedan articular lo disciplinar y el desarrollo de competencias emprendedoras. En este camino de encuentros y aprendizajes, la creación y puesta en marcha de un Programa Permanente de Emprendedorismo e Innovación constituye un nuevo reto para esta institución educativa de la Región Patagónica.

5. Referencias

- [1] FERREYRA, H., AND R. RIMONDINO. (2005). "Nuevo tópico formativo: aprender a emprender". *Actualidad y campo pedagógico. Textos con el pretexto de habilitar el debate*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- [2]UNESCO (1998). "Declaración Mundial sobre la Educación Superior para el siglo XXI: Visión y acción". *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior*, París, 5-8 de octubre.
- [3]DEHTER, M. "Aprender a emprender con código abierto". *Ingeniería Solidaria*, vol. 11, n.º 18, pp. 9-21, ene.-dic. 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v11i18.987>
- [4] DUHALDE, M.A. "La investigación en la escuela. Un desafío para la formación docente" pp 70. Editorial Novedades Educativas. Buenos Aires .1999.
- [5]CONFEDI (2001). Informe "Estudio del vocablo Ingeniería". Argentina.
- [6] Mundial, B. (2002). Cerrando la brecha en educación y tecnología. *Informe del Banco Mundial*.
- [7] CONFEDI (2010). Documento "La Formación del ingeniero para el desarrollo sostenible". Memorias del Congreso Mundial de Ingeniería. Buenos Aires. Argentina
- [8]PRECITyE (2012). "Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería" Argentina



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DINAMICA DE LA GESTIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN ASERRADEROS PYMES – UN ENFOQUE HACIA LA GESTIÓN AMBIENTAL Y LA HIGIENE Y SEGURIDAD LABORAL

Mario José Mantulak, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, email:

mmantulak@gmail.com

María Claudia Dekun, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, email:

dekun@fio.unam.edu.ar

Gilberto Hernández-Pérez, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, email: ghdez@uclv.edu.cu

María del Carmen Ibarra, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, email: ibarra@fio.unam.edu.ar

Alejandro Javier Kerkhoff, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, email: kerkhoff@fio.unam.edu.ar

Área temática: 2. Innovación y emprendedorismo en ingeniería.

Resumen – Los procesos de producción en aserraderos PyMEs implican una variada gama de actividades vinculadas con la gestión e innovación tecnológica que consecuentemente tienen su correlato en prácticas de gestión ambiental y seguridad laboral. El objetivo del trabajo se centró en el reconocimiento de las estrategias tecnológicas desarrolladas con enfoque hacia las prácticas de gestión ambiental y seguridad laboral. Para atender dicho objetivo se desarrolló una investigación a través de un diseño transeccional descriptivo. Para ello, se realizaron diagnósticos de situación en diversos establecimientos de aserrío de la provincia de Misiones, Argentina, utilizando un cuestionario del tipo semi-estructurado, aplicado a entrevistas y relevamiento de instalaciones. Como resultados se identificaron las tecnologías utilizadas, las practicas vinculadas a la gestión ambiental y a seguridad laboral. Posteriormente se establecieron las características que conforman las actividades de gestión tecnológica, los impactos positivos y las barreras para la innovación tecnológica. Además, se identificaron las estrategias tecnológicas llevadas a cabo en los establecimientos relevados y las respectivas prácticas de gestión ambiental e higiene y seguridad laboral. Por último, se considera pertinente avanzar en futuras investigaciones que evalúen los impactos de la gestión e innovación tecnológica en variables ambientales y laborales.

Palabras clave — *Gestión e innovación tecnológica, Gestión ambiental, Higiene y seguridad laboral, PyMEs, Aserraderos.*

1. Introducción

En la actualidad, el factor tecnológico está cada vez más presente en las estrategias empresariales dirigidas a mejorar su posicionamiento competitivo. Sin embargo, estar a la vanguardia tecnológica no garantiza a las empresas alcanzar niveles adecuados de eficacia y eficiencia en la producción o los servicios. Es por ello que debe considerarse otro factor fundamental para la organización, el capital intelectual.

En un sentido amplio, puede entenderse por gestión tecnológica en una organización al conjunto de acciones destinadas a lograr una mayor eficiencia en el manejo de la tecnología, a través del perfeccionamiento en la utilización de su capital intelectual, posibilitando un mejor conocimiento de sus actividades, de la información científica y tecnológica, de políticas públicas y privadas de promoción, y de la oferta y demanda del mercado, con el objetivo de mejorar la vinculación investigación-industria-sociedad (Brito Viñas et al. [1]; Hidalgo Nuchera [2]; Castellanos Domínguez [3]; Baena Marulanda et al. [4]; Salazar y Romero [5]; Cetindamar et al. [6]).

En el contexto de la gestión tecnológica han de tenerse en cuenta, tanto las innovaciones en las denominadas tecnologías duras, relativas al desarrollo de nuevos productos y procesos, como también las innovaciones en tecnologías blandas, vinculadas con las funciones y estructuras organizacionales. Esto ha de permitir atender de manera efectiva los requerimientos de los clientes y enfrentar eficientemente a sus competidores, dentro de un ámbito laboral creativo, participativo y pertinente, que garantice una rentabilidad económica atractiva en el futuro mediano (Paredes *apud* Martínez de Carrasquero et al. [7]).

En las organizaciones de producción, la gestión tecnológica no sólo minimiza la brecha entre el hombre y su herramienta productiva, sino que, además, lo induce a procurar un máximo aprovechamiento de esta. La adecuada utilización de los elementos tecnológicos se apoya en la existencia de personal calificado.

Para gestionar la tecnología de forma eficiente, es necesario establecer una estrategia en el contexto de la planificación global de la empresa. En este sentido, un adecuado diagnóstico permitirá planificar la utilización de los recursos existentes y la obtención de aquellos que no posea, con el propósito de garantizar el desarrollo de una estrategia tecnológica adecuada. En este sentido, Hidalgo Nuchera [2], expresa: “[...] *La estrategia tecnológica debe hacer explícitas las opciones tecnológicas de la empresa y su éxito o fracaso estará basado en la identificación de oportunidades y en la concentración de recursos en aquellas áreas tecnológicas en las que posea mejores capacidades internas y que les permitan alcanzar con rapidez la fase de comercialización*”.

En un informe elaborado por la CEPAL [8] referido al segmento de las PyMEs de manufactura en América Latina, se expresa que existe una mayor productividad en aquellas que desarrollan innovaciones y que en comparación con las empresas grandes que innovan, la productividad en las PyMEs es mayor. Por otra parte, se identifican deficiencias en cuanto al proceso de innovación, y un reducido esfuerzo interno de adaptación y mejora de la tecnología. En el ámbito del MERCOSUR, y en comparación con los principales competidores a nivel internacional, son notorios el atraso tecnológico del parque industrial de base forestal y la necesidad de ampliar el apoyo a la investigación tecnológica forestal (Ihle Kimmich) [9].

En el contexto de la República Argentina, el sector de la madera es uno de los que dispone de una mayor cantidad de actividades y servicios tercerizados, situación que contribuye a promover activamente la creación de nuevas PyMEs, las cuales forman casi la totalidad de la industria maderera nacional (MRECIyC¹) [10].

¹ Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, República Argentina.

En la provincia de Misiones, las PyMEs de aserrío no poseen la visión integral de concebir la tecnología como una parte de la estrategia general de la empresa (Mantulak et al.) [11]. Si se parte de la base de que en su mayoría, las empresas no realizan un análisis de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas para determinar el real posicionamiento del negocio en el mercado, no es común que se establezca un direccionamiento de la empresa en función de una estrategia empresarial debidamente formalizada. La no utilización de herramientas de planeación estratégica tecnológica se traduce necesariamente, en un aumento de los costos de producción, con la consecuente disminución de oportunidades para la colocación en el mercado de los productos fabricados.

Si bien existe cierta tendencia a la incorporación de nuevas tecnologías, esta se manifiesta como una estrategia de tipo reactiva, presente por lo general cuando surgen requerimientos de clientes. En general, la gestión de la tecnología no es considerada como prioritaria en las PyMEs del sector, y cuando la llevan a cabo, es de manera muy simplificada, sin considerar la complejidad del escenario productivo ni sus posibles tendencias (Mantulak et al.) [12].

Por otra parte, investigaciones anteriores llevadas a cabo en el sector empresarial bajo análisis por Zorrilla [13] y Caballero et al. [14] señalan que las implicaciones ambientales están relacionadas, entre otras, con el uso incorrecto del suelo, el uso irracional de recursos naturales (materia prima), la disposición inadecuada de residuos orgánicos (corteza, aserrín, viruta, etcétera), generación de residuos tóxicos (productos fungicidas, aceites, combustibles, etcétera) y la contaminación del aire (quema de residuos de madera, polvillo de madera en suspensión, entre otros).

Al respecto, autores como Mantulak [15], Forés [16], Mantulak et al. [17], Vega [18], y Zdanovicz [19], indican que las condiciones que implican peligro para la higiene y seguridad laboral (HySL) están vinculadas, entre otros, con: la generación de ruido y polvo (procesos de corte, fresado, cepillado, etcétera), los riesgos mecánicos, químicos y eléctricos, la carga térmica, los riesgos de incendio, y los movimientos y posturas indebidas.

En función de lo expresado, se estableció como objetivo del trabajo el reconocimiento de las estrategias tecnológicas desarrolladas con enfoque hacia las prácticas de gestión ambiental y seguridad laboral.

2. Materiales y Métodos

El diseño de la investigación corresponde a un diseño no experimental transeccional descriptivo (Hernández Sampieri [20], no se manipularon deliberadamente las variables, y el estudio es transeccional dado que la recolección de datos se realizó en un periodo de tiempo determinado. El universo de estudio son las empresas PyMEs del sector de aserrío de la provincia de Misiones, Argentina. Según los datos del Censo de Foresto Industria (SIFIP) [21], las PyMEs de aserrío representan en porcentaje acumulado el 96 % del total.

El muestreo realizado corresponde a un muestreo no probabilístico. Se realizó un muestreo por estratos. Se consideraron como estratos las 3 zonas geográficas en el contexto de la provincia de Misiones, definidas en el citado Censo de Foresto Industria, establecidas en este, oeste y sur. El muestreo comprendió: 4 aserraderos de la zona oeste, 3 de la zona este y 5 correspondientes a la zona sur, lo cual fue determinado en función de la cantidad de aserraderos instalados en cada zona.

La recolección de los datos se realizó mediante un cuestionario, del tipo semi-estructurado. El procedimiento para la recolección de los datos consistió en la visita a los establecimientos de aserrío, previa concertación de la cita por parte del equipo de investigación con los empresarios. La información requerida en los cuestionarios se centró en la estructura organizativa, datos de producción, tecnología utilizada, actividades vinculadas a la gestión tecnológica, estrategias tecnológicas utilizadas, prácticas ambientales, aprovechamiento de

residuos de madera, condiciones de higiene y seguridad laboral y capacitación de recursos humanos.

3. Resultados

En la Figura 1 se muestran los diferentes procesos de transformación mecánica de la madera en los aserraderos PyMEs. En dicha figura se observa una línea de transformación mecánica denominada principal, a partir de la cual se saca el producto principal que será utilizado luego en procesos de segunda transformación mecánica (remanufactura), y una línea denominada secundaria, en la que se reaprovecha parte de la madera derivada de la línea principal.

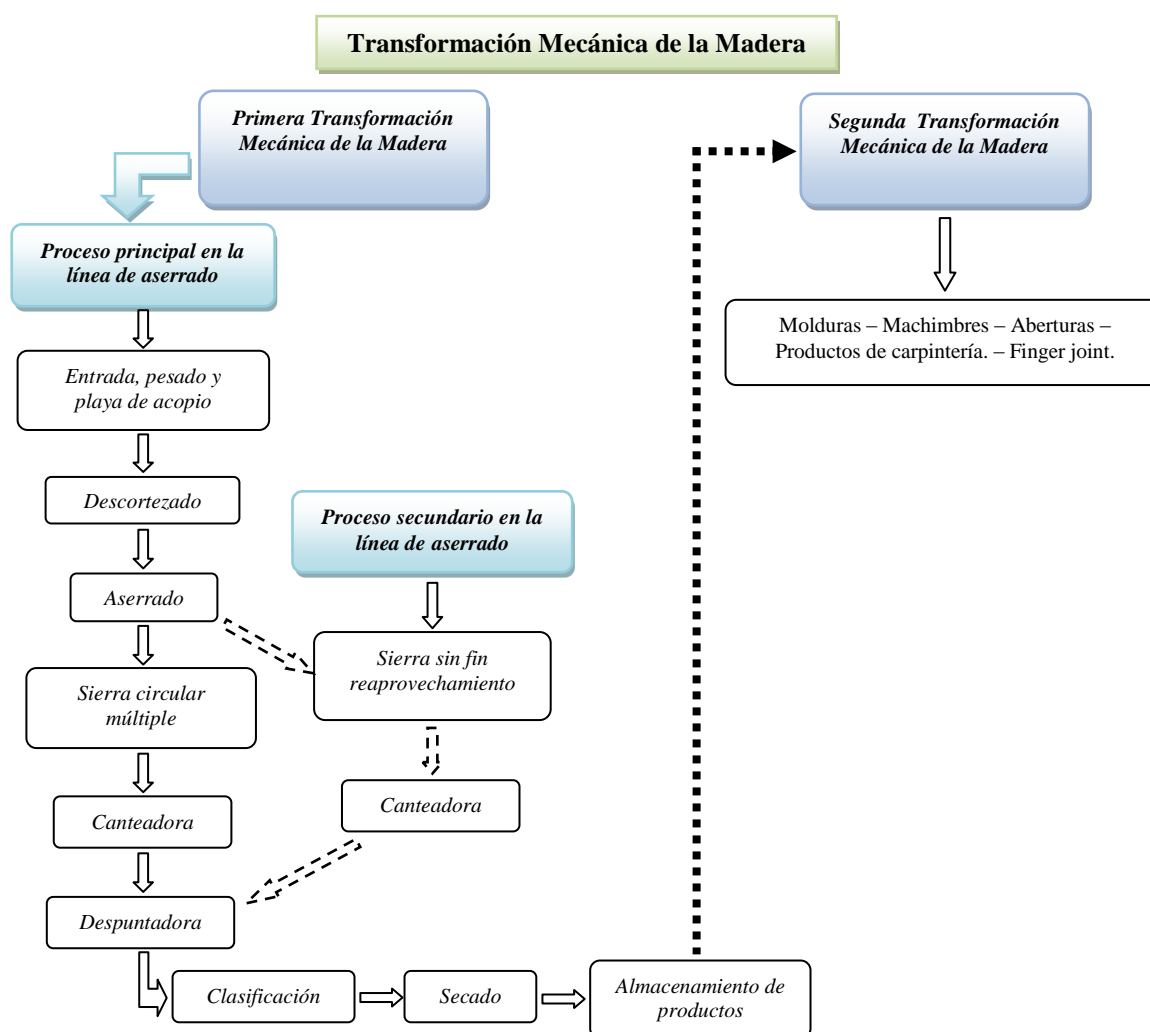


Figura 1. Transformación mecánica de la madera en aserraderos PyMEs. Fuente: elaboración propia

3.1. Actividades vinculadas a la gestión e innovación de la tecnología

Se presentan a continuación los resultados obtenidos a través del desarrollo de las entrevistas y aplicación de cuestionarios a los diferentes empresarios y los respectivos relevamientos realizados en sus aserraderos. La Figura 2 presenta los tipos de innovación realizados en las empresas encuestadas. En el 30% de las empresas se realizaron innovaciones de producto, en el 50% de proceso, en el 70 % de tipo organizacional y el 40% de mercadotecnia. En todos los casos estas innovaciones corresponden a productos, procesos, organizaciones y mercados

nuevos para la empresa, no se presentó ningún caso de introducciones nuevas para el mercado.

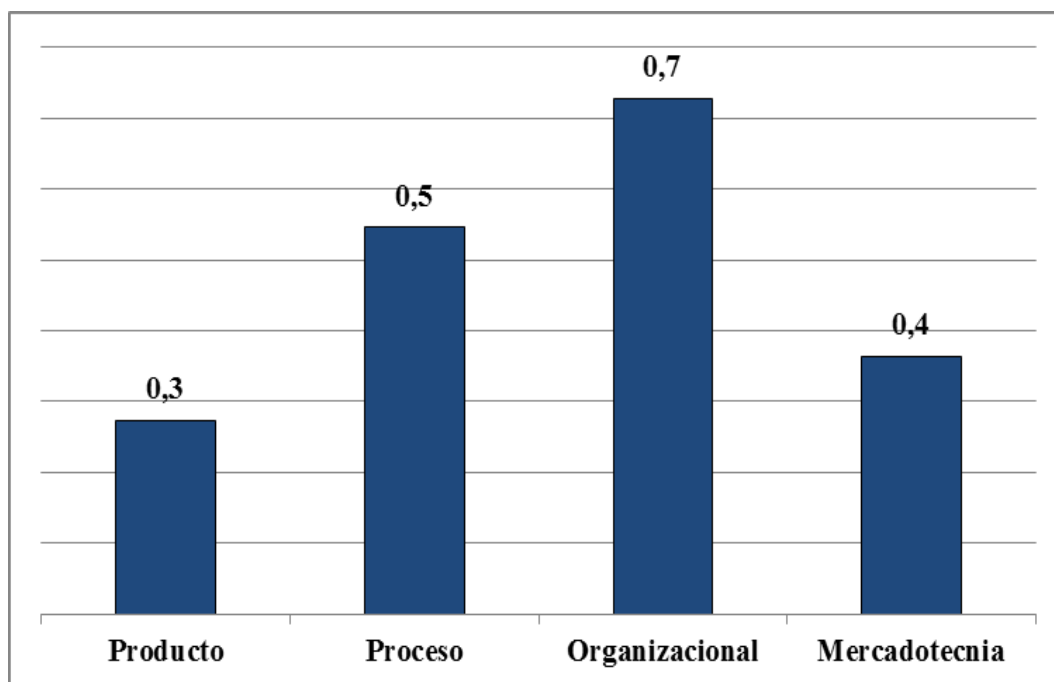


Figura 2. Tipos de innovación en los aserraderos PyMEs relevadas. Fuente: elaboración propia

En la Figura 3 se presentan las diversas alternativas con que cuentan las empresas como fuentes de información, entre las fuentes que más se destacan se encuentran las provenientes de ferias y exposiciones, las obtenidas de la competencia, y las de los proveedores y clientes.

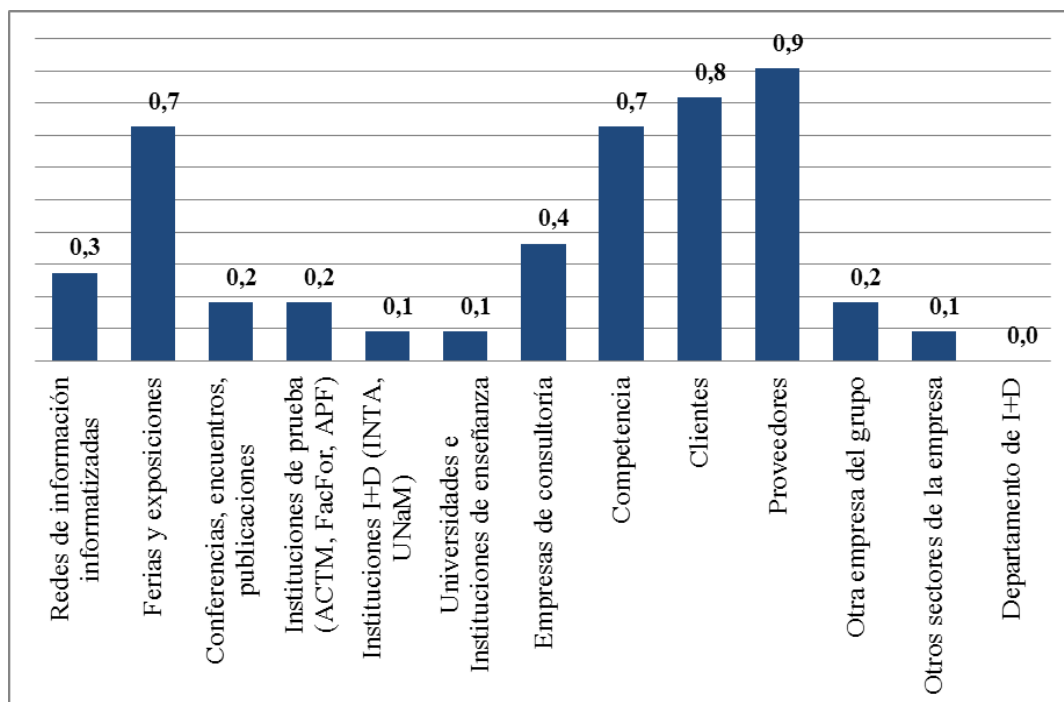


Figura 3. Fuentes de información que proveen alternativas para la innovación tecnológica en las PyMEs relevadas. Fuente: elaboración propia

La figura 4, en función del relevamiento realizado, se presenta la orientación que llevaron las innovaciones. Según se observa en el 90% de las empresas se realizó adquisición de máquinas y equipos y también de ampliaciones en la infraestructura. Le siguen en un 50% de las empresas la realización de actividades de capacitación, las cuales corresponden en su mayoría a temas de higiene y seguridad laboral, así como la incorporación de procedimientos de HySL exigidos por las ART, y en otros casos operación de máquinas y equipos nuevos. También se registraron en un 40% proyectos industriales y técnicos, e incorporación de prácticas relacionadas con la GA. Un 30% se enfocó en la creación de redes de vigilancia tecnológica. Finalmente un 20% se orientó a adquisición de software, incorporación de conocimientos de gestión tecnológica y otras innovaciones. En síntesis, la adquisición de máquinas y equipos y las ampliaciones de infraestructura son las actividades de innovación tecnológica que predominan en el sector de empresas encuestadas.

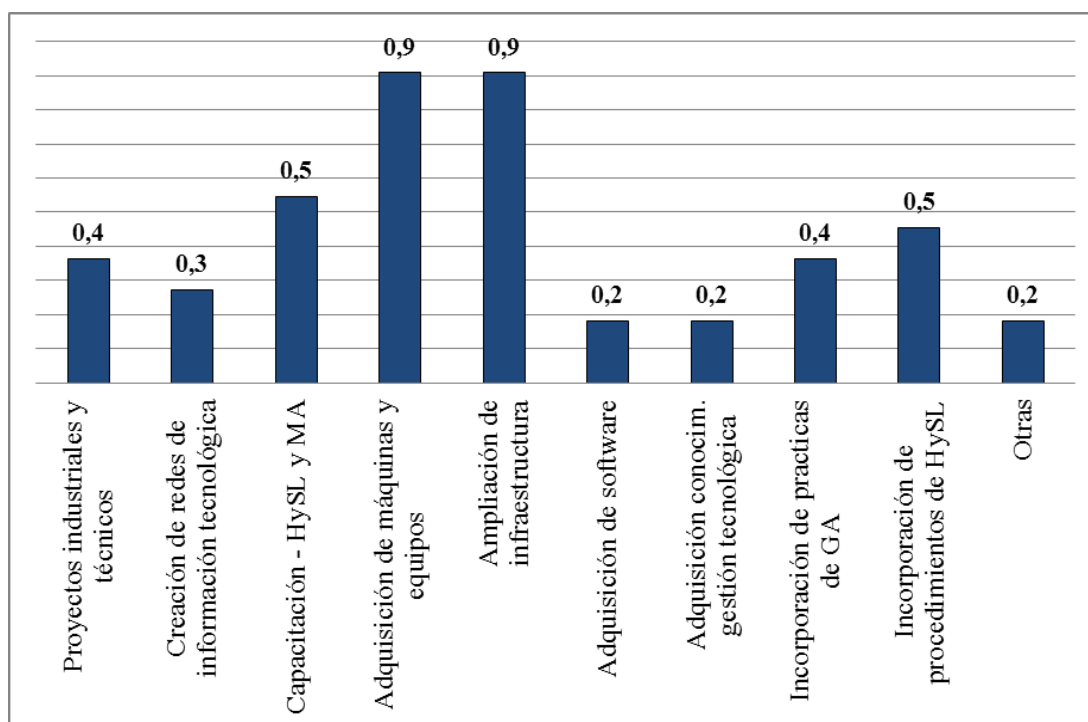


Figura 4. Orientación de las diversas innovaciones, en las empresas encuestadas. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se presenta el impacto de las innovaciones tecnológicas realizadas en los diferentes emprendimientos relevados. Se destacan los impactos que generaron aumentos en la producción de los aserraderos, la ampliación de la gama de productos elaborados, mejora en el aprovechamiento de materia prima; además de reducción en la generación de residuos y consecuentemente una disminución de la carga ambiental; por otra parte se obtuvieron impactos positivos en cuanto a las condiciones de higiene y seguridad laboral de los trabajadores. Estos impactos tienen directa relación con la naturaleza de las innovaciones tecnológicas que se corresponden con la adquisición de máquinas y equipos, y la ampliación en materia de infraestructura. La adecuación a normativas de higiene y seguridad laboral, y la entrada en vigencia de la Ley Nacional N° 26.331 de protección de bosques nativos (Ley Bonasso) motivaron la adecuación de las empresas en temas ambientales y explican en su mayoría los impactos positivos identificados.

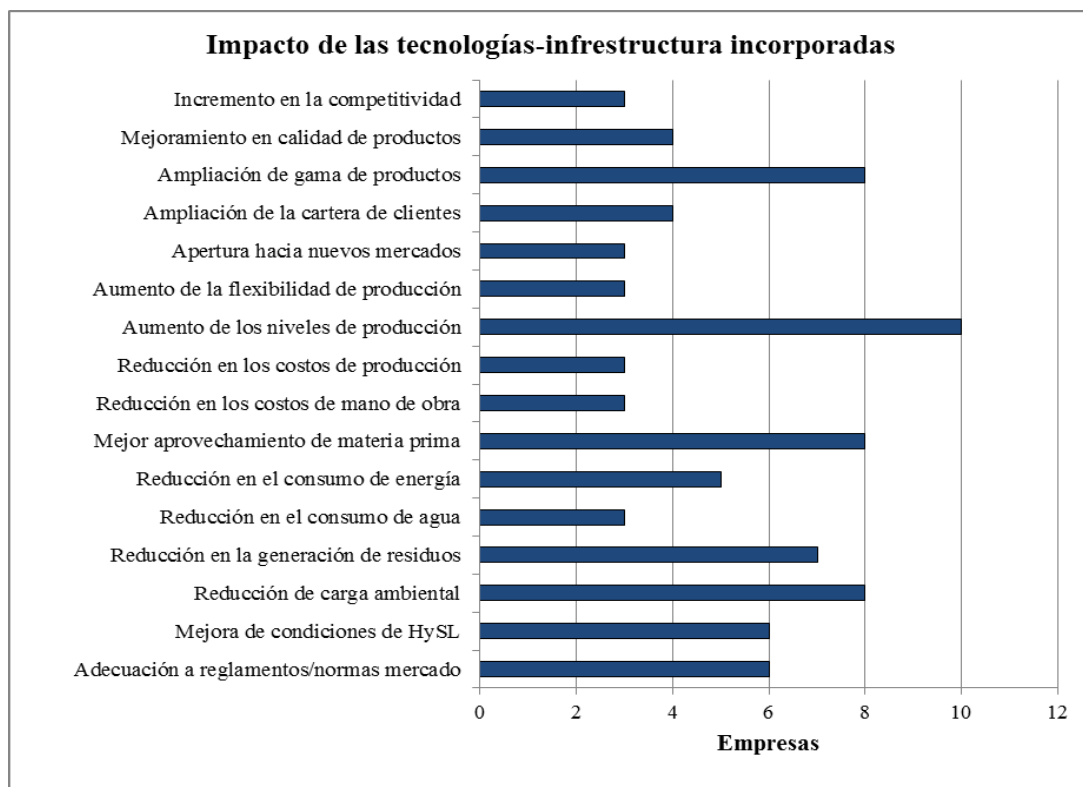


Figura 5. Impacto positivo de las innovaciones tecnológicas e infraestructura realizadas. Fuente: elaboración propia

La Figura 6 presenta los resultados de dificultades para la incorporación de tecnología e infraestructura. Los aspectos más resaltados fueron los elevados costos de tecnología, los elevados riesgos de la innovación y la incertidumbre en el mercado, además de la escasez de fuentes de financiación. También resaltaron que la escasez de información, de servicios técnicos y la priorización de otras actividades son dificultades para innovar.

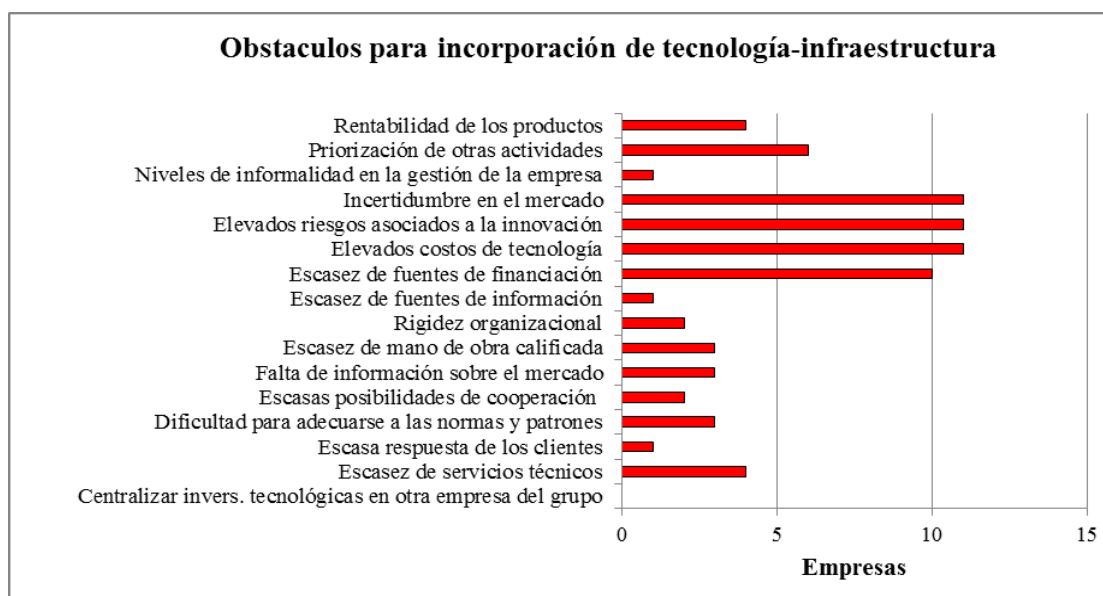


Figura 6. Dificultades detectadas para la incorporación de tecnología e infraestructura. Fuente: elaboración propia.

3.2. Actividades vinculadas con prácticas ambientales

En la Figura 7 se presentan los resultados de actividades relacionadas con el medio ambiente. En abscisas se indica la cantidad de empresas y en ordenadas los tipos de actividades que ocurren en las empresas relevadas. Las prácticas más frecuentes relacionadas con el medio ambiente, con impacto positivo, el reaprovechamiento de madera residual del aserrado principal y la gestión de los residuos de madera; en tanto aquellas más frecuentes con impacto negativo son los residuos del taller de máquinas, los problemas generados por máquinas de corte, los inconvenientes por polvillo y quema de residuos con los vecinos, y la ubicación en lugar seguro de los barros de pileta antimanchas.

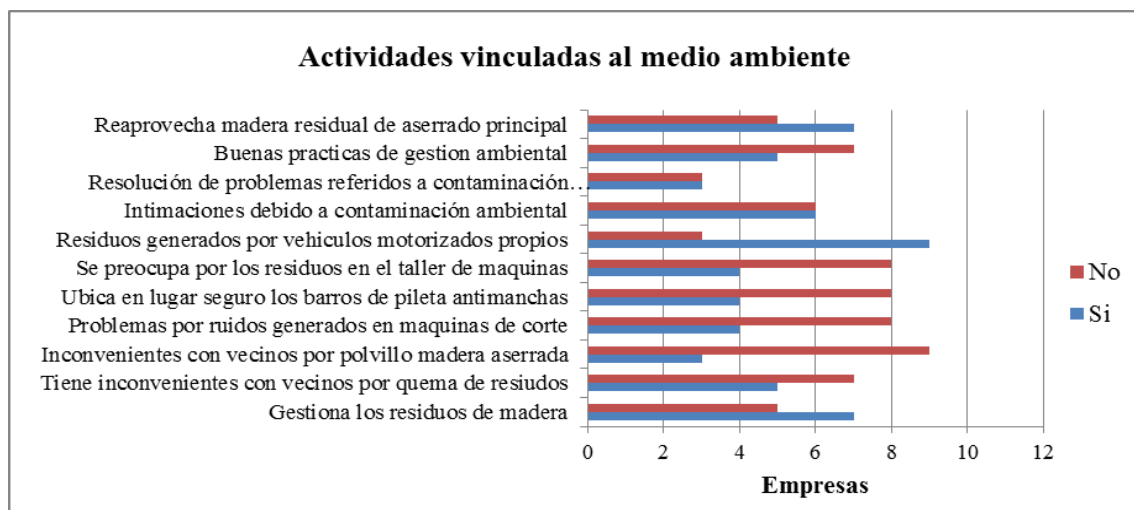


Figura 7. Actividades vinculadas con prácticas ambientales. Fuente: elaboración propia

3.3. Actividades vinculadas con la higiene y seguridad laboral

En la Figura 8 se presentan los resultados de actividades relacionadas a higiene y seguridad en el trabajo. En abscisas se indica la cantidad de empresas y en ordenadas las actividades de mayor ocurrencia en las empresas relevadas.

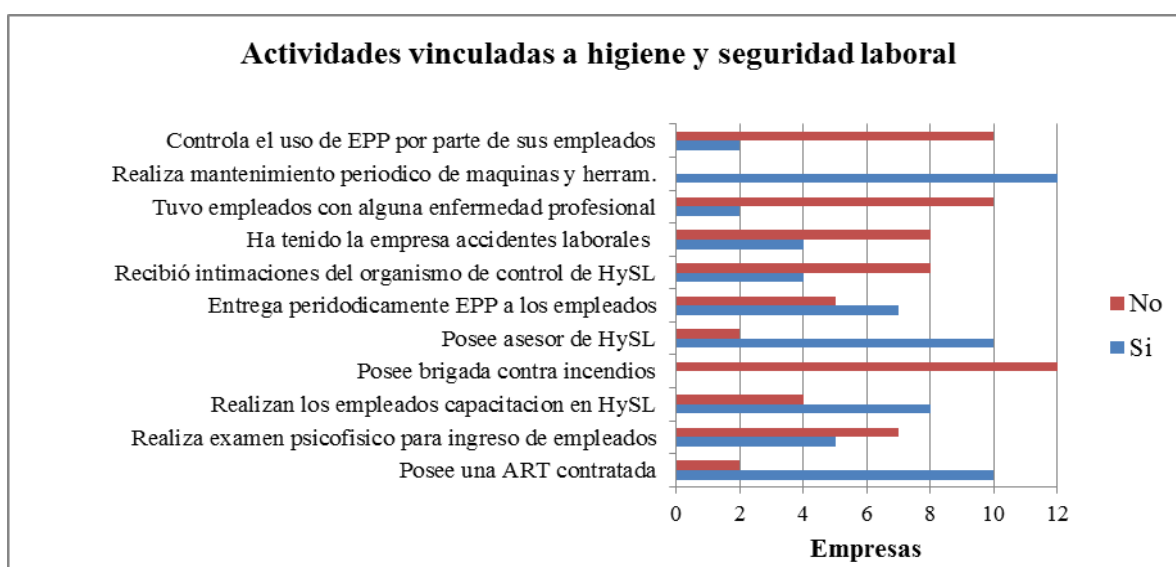


Figura 8. Actividades vinculadas con la higiene y seguridad de los trabajadores. Fuente: elaboración propia

Las actividades más frecuentes, con impacto positivo, son la realización de mantenimiento de máquinas y herramientas (aunque no periódico), la contratación de una aseguradora de riesgos del trabajo, la existencia de un asesor en higiene y seguridad laboral, la entrega de elementos de protección personal y la capacitación de los empleados en materia de higiene y seguridad laboral; estas dos últimas relacionadas directamente entre sí; en tanto que la inexistencia de acciones, que podrían provocar impacto negativo para los trabajadores, son la falta de control en el uso de elementos de protección personal (EPP), la inexistencia de una brigada contra incendio, y la no realización de exámenes psicofísicos para empleados que recién ingresan a la empresa.

3.4. Estrategias de gestión e innovación tecnológica

En este punto debemos destacar que al momento de realizar las entrevistas con los empresarios, en la parte del cuestionario en que se realizan preguntas vinculadas con estrategias de gestión e innovación tecnológica, no se le mencionaba al consultado a qué tipo de estrategia correspondía cada una de las preguntas realizadas. Si bien, en la mayoría de los casos las estrategias desarrolladas por los aserraderos no se encontraban taxativamente expresadas y claras, se identificaron ciertas actividades predominantes y consecutivas en el tiempo que pudieron ser encuadradas mayoritariamente en un determinado tipo de estrategia tecnológica. A partir de ello, y como consecuencia del análisis realizado por el equipo de investigación se determinó en cada caso que tipo de estrategia de gestión e innovación tecnológica, según lo establecido por Fernández Sánchez [22], lleva adelante cada aserradero PyME.

En la Figura 9 se aprecian los diferentes tipos de estrategias detectadas en los diferentes aserraderos relevados. Si bien estas estrategias no son reconocidas como tales por los dueños de los establecimientos, las mismas fueron determinadas en función de las actividades de gestión e innovación tecnológica que llevan a cabo cada una de ellas. La citada figura deja en evidencia que las estrategias tecnológicas que más se destacan en los aserraderos en cuestión son del tipo tradicional. Aunque también se detectaron estrategias tecnológicas del tipo dependiente, defensiva, y en un solo caso imitativa.

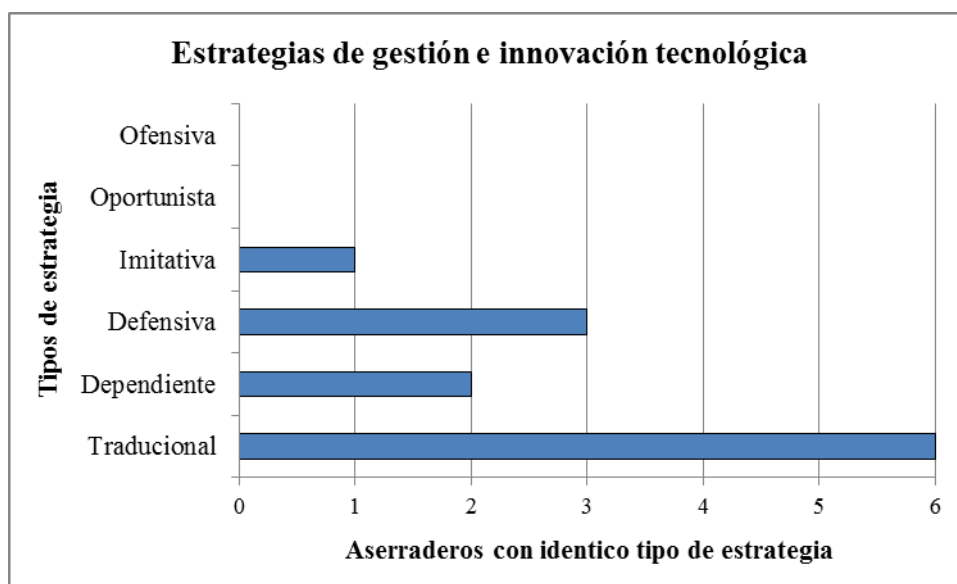


Figura 9. Dificultades detectadas para la incorporación de tecnología e infraestructura. Fuente: elaboración propia

Los aserraderos que llevan adelante una estrategia tecnológica de tipo tradicional se limitan a innovaciones de proceso, disponibles por igual para todo el segmento industrial al que pertenecen: tienen una producción poco flexible, tecnología basada en productos casi artesanales o tradicionales, fabrican productos de larga permanencia en el mercado, realizan pocas prácticas vinculadas a la gestión ambiental, y cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la legislación vigente en cuanto a condiciones de higiene y seguridad laboral. Las empresas de aserrío que desarrollan estrategias tecnológicas de tipo defensiva vigilan constantemente el entorno, a la espera de la aparición de tecnologías modificadas localmente con el propósito de mejorar el rendimiento productivo de estas empresas: implementan mejoras incrementales en procesos y mejoras incrementales en productos, realizan imitaciones creativas de productos incorporando innovaciones tecnológicas para hacerlos más atractivos, las actividades de gestión ambiental surgen como consecuencia de mejoras incrementales en máquinas-equipos y están enfocadas hacia la reducción de residuos de madera generados, al reaprovechamiento de la madera residual proveniente del proceso principal de aserrado, y al control de la contaminación proveniente de los barros de piletas para baño antimanchas; en lo que respecta a las condiciones de higiene y seguridad laboral cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la legislación vigente y realizan actividades sistemáticas de capacitación con sus empleados.

Los establecimientos de aserrío que llevan a cabo estrategias tecnológicas dependientes actúan en el mercado sin asumir riesgo tecnológico alguno y con objeto de satisfacer la demanda de productos ya consolidados, para lo cual recurren a acciones de adaptación y/o transferencia tecnológica: asumen mínimos riesgos tecnológicos y dependiendo de lo desarrollado por sus competidores, y mantienen sus ventas concentradas en un número reducido y fijo de clientes, las actividades de gestión ambiental se enfocan en el reaprovechamiento de la madera residual proveniente del proceso principal de aserrado, y con referencia a las condiciones de higiene y seguridad laboral cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la legislación vigente y realizan actividades sistemáticas de capacitación con sus empleados.

Los aserraderos que aplican estrategias tecnológicas imitativas poseen un grado mínimo de actividades de gestión tecnológica e innovación, aunque copian el producto de otra empresa precursora, lo cual les permite ser competitivas en su segmento de mercado: desarrollan políticas tecnológicas orientadas a copiar productos de otros competidores del sector, e innovarlos mínimamente para el mercado, poseen un nicho de mercado cautivo debido a menores costos productivos que sus competidores, se destacan frente a los competidores por una mejor adaptación tecnológica al entorno local, desarrollan pocas prácticas vinculadas a la gestión ambiental, y cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la legislación en materia de higiene y seguridad laboral para sus trabajadores.

Por último, son mínimas las actividades llevadas a cabo en los aserraderos PyMEs relevados, que podrían indicar que llevan adelante estrategias tecnológicas del tipo ofensivo u oportunista.

4. Conclusiones y recomendaciones

- Los estudios de investigación y artículos explorados, referidos a la situación de las empresas madereras PyMEs de la provincia de Misiones, Argentina, permitieron comprobar una situación de debilidad en sus capacidades de gestión tecnológica e innovación, así como deficiencias en lo referido a las prácticas de gestión ambiental y a la gestión de la higiene y seguridad laboral.
- El proceso en su conjunto posibilitó la identificación de los principales impactos positivos en procesos y productos vinculados a la incorporación de tecnologías e infraestructura,

que han permitido en general un mejor aprovechamiento de la materia prima y consecuentemente un aumento en los indicadores de producción; y por otra parte, la detección de principales obstáculos para realizar mejoras en tecnología e infraestructura.

- Las actividades de gestión ambiental que más se destacan son las vinculadas a la reducción de residuos de madera generados, al reaprovechamiento de la madera residual proveniente del proceso principal de aserrado, y a prácticas de control de la contaminación de la atmósfera (ruido de máquinas de corte, polvillo de madera, humo proveniente de quema de residuos).
- Las acciones de gestión de higiene y seguridad laboral que más predominan son la contratación de una aseguradora de riesgo del trabajo, la existencia de un asesor en higiene y seguridad laboral, la capacitación del personal de forma temporal irregular, la entrega de elementos de protección personal, y el mantenimiento de máquinas y herramientas aunque de forma no regular; aunque en ninguno de los establecimientos relevados se cuenta con una brigada contra incendios.
- El relevamiento de los aserraderos evidenció una priorización de inversiones en tecnologías duras (maquinarias y equipos) por sobre las tecnologías blandas (recursos humanos y gestión), y ha quedado de manifiesto que las estrategias tecnológicas que más se destacan en los aserraderos PyMEs de la provincia de Misiones, son del tipo tradicional, aunque también se detectaron estrategias del tipo dependiente, defensiva, e imitativa.
- Se considera pertinente avanzar en futuras investigaciones que evalúen los impactos de la gestión e innovación tecnológica en variables ambientales y laborales, así como su impacto en los indicadores de productividad de la empresa.

5. Referencias

- [1] BRITO VIÑAS, B. C. (2000). *Modelo conceptual y procedimientos de apoyo a la toma de decisiones empresariales para potenciar la función de GTI en la empresa manufacturera cubana*. Tesis de Doctorado. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
- [2] HIDALGO NUCHERA, A. (1999). La gestión de la tecnología como factor estratégico de la competitividad industrial. *Revista Economía Industrial*. N° 330, pp. 43-54.
- [3] CASTELLANOS DOMÍNGUEZ, O. F. (2007). *Gestión Tecnológica: de un enfoque tradicional a la inteligencia*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 286 pp.
- [4] BAENA MARULANDA, E.; BOTERO, C. A. Y MONTOYA SUÁREZ, O. (2003). Gestión tecnológica y competitividad. *Scientia et Technica*. N° 21, pp. 121-126.
- [5] SALAZAR, D. Y ROMERO, G. (2007). Tecnología aplicada en las pequeñas empresas venezolanas, *Revista de Ciencias Sociales*, Vol. XIII, N° 3, pp. 507-517.
- [6] CETINDAMAR, D.; WAST, S.; ANSAL, H.; BEYHAN, B. (2009). Does Technology Management Research Diverge or Converge in Developing and Developed Countries?. *Technovation*, Vol. 29, Issue 1, pp. 45-58.
- [7] MARTÍNEZ DE CARRASQUERO, C.; GONZÁLEZ DE GUTIÉRREZ, M.; ROJAS DE MAVÁREZ, L. (2003). Gestión tecnológica en el proceso de relación universidad del Zulia – sector productivo. *Revista Venezolana de Gerencia*, Vol. 8, N° 22, pp. 323-340.
- [8] CEPAL (2008). *La transformación productiva: 20 años después – Viejos problemas, nuevas oportunidades*. 32° Periodo de sesiones, Santo Domingo, República Dominicana.

- [9] IHLE KIMMICH, A. A. (2005). *Aspectos de competitividad y medio ambiente: la cadena de valor madera-muebles en el MERCOSUR con especial enfoque en PyMEs de Paraguay y Uruguay*. MERCOSUR (SGT6) y Alemania (GTZ).
- [10] MRECIyC (2011). *Informe sectorial: sector de la industria de pasta de madera, papel y cartón*. Subsecretaría de Comercio Internacional. Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto. Buenos Aires, Argentina.
- [11] MANTULAK, M. J.; SENN, J.; DEKUN, M. C. Y KERKHOFF, A. J. (2011). *La innovación tecnológica en aserraderos de la provincia de Misiones, República Argentina*. XVI Jornada de Pesquisa. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Rio Grande Do Sul, Brasil.
- [12] MANTULAK, M. J.; HERNÁNDEZ PÉREZ, G.; DEKUN, M. C. Y KERKHOFF, A. J. (2012). Diagnóstico de la gestión tecnológica y sus implicancias ambientales y laborales en aserraderos PyMEs – estudio de un caso. *Revista Científica Visión de Futuro*. Año 9, Vol. 16, Nº 1, pp. 105-126.
- [13] ZORRILA, A. (2004). *Evaluación de sustitución por tecnologías limpias – Industria del aserrado*. División para el Desarrollo Sustentable (Naciones Unidas) y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Argentina). Buenos Aires, Argentina. 73 pp.
- [14] CABALLERO, A. L.; MANTULAK, M. J.; CRUZ, E. R.; BETTAGLIO, J. C.; C.; DEKUN, M. C.; KERKHOFF, A. J.; CHRISTIANSEN, R. H. (2009). *Desarrollo de un modelo de evaluación de desempeño ambiental para PyMEs del sector de aserrío*. Informe final de proyecto de investigación. Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina.
- [15] MANTULAK, M. J. (2005). *La revisión ambiental inicial en la industria de la madera*. Editorial Universitaria, Universidad Nacional de Misiones. Buenos Aires, Argentina. 157 pp.
- [16] FORÉS, C. A. (2009). *Análisis ambiental y estratégico, con evaluación de riesgos laborales en un aserradero PyME de la provincia de Misiones*. Trabajo final de Especialización. Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina.
- [17] MANTULAK, M. J.; DEKUN, M. C.; CABALLERO, A. L.; KATOGUI, S. E.; KERKHOFF, A. J. (2009). *Desempeño ambiental y de seguridad laboral en una industria de aserrado de madera: un enfoque desde el análisis multivariado*. 3º Congreso Argentino de Ingeniería Industrial (COINI). Misiones, Argentina.
- [18] VEGA, J. B. (2010). *Análisis de impacto ambiental y ergonómico en un aserradero Pyme*. Trabajo final de Especialización. Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina.
- [19] ZDANOVICZ, R. D. (2013). *Riesgos laborales en un aserradero*. Trabajo final de Especialización. Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina.
- [20] HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ-COLLADO, C. Y BAPTISTA LUCIO, P. (2006). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. Distrito Federal, México. 850 pp.
- [21] SIFIP (2009). *Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial*. Ministerio del Agro y la Producción, Subsecretaría de desarrollo forestal – Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Misiones, Argentina.
- [22] FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E. (2005). *Estrategia de innovación*. Thomson Editores Spain – Paraninfo, S.A. Madrid, España. 615 pp.



III CADI
IX CAEDI
2016



APORTES PARA EL ESTIMULO A LA CREATIVIDAD, LA INNOVACION Y EL EMPRENDEDORISMO EN INGENIERIA

Juarez, Marcelo Adrián, Universidad Nacional de la Matanza,

marcelo_juarez@yahoo.com.ar

Pirker, Elizabeth, Universidad Nacional de la Matanza, elipirker@gmail.com

Szelagowicz, Christian Gustavo, Universidad Nacional de la Matanza,

chrystyan_23@hotmail.com

Resumen. Las carreras de ingeniería han priorizado el desempeño cognitivo y la adquisición de conocimientos en detrimento de otros aspectos en la formación integral del ingenier@. En la actualidad, los debates internacionales sobre el fomento del emprendedorismo y la innovación señalan la necesidad de incorporar otras dimensiones educativas como el autoconocimiento, la interrelación social y la gestión de proyectos.

La urgencia planetaria por el desarrollo de energías y producciones sustentables abre enormes oportunidades para la creación de emprendimientos orientados a esos fines. Sin embargo, para responder a los desafíos de un mundo incierto en transición, no sólo se requieren conocimientos de ingeniería sino imaginación para crear nuevos proyectos y llevarlos a cabo con pasión.

La capacidad de emprender es un don humano del mismo modo que lo es la planificación y la gestión de proyectos, aunque no se valora ni estimula conscientemente en las aulas universitarias. Para ahondar en estos aspectos, se realizó un sondeo de opinión entre alumn@s de tercer año de carreras de Ingeniería en la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). Los resultados obtenidos se enfocan a valorar los talentos requeridos para la práctica de la innovación y el emprendedorismo durante la formación profesional del ingenier@ y cómo lograr un mayor impacto en la sociedad.

Palabras clave— *Autoconocimiento, Creatividad, Espíritu Emprendedor, Innovación.*

1. Introducción

Las indagaciones sobre cómo fomentar el emprendedorismo en las carreras universitarias es materia de atención en distintos ámbitos educativos internacionales. Recientemente, el Foro Mundial de Educación y Capacidades (Global Education & Skills Forum – GESF 2016) [1], [2] en Dubai, giró en torno a las competencias que debe adquirir un graduado y puso de manifiesto la urgencia por desarrollar nuevas prácticas y capacidades en la educación superior. El diagnóstico sobre el cual coincidieron los especialistas es un contexto mundial incierto que demanda profesionales flexibles, creativos, capaces de innovar, escuchar y generar confianza. Estos atributos son también requeridos a la hora de emprender; así, esta confluencia permite ensayar algunos interrogantes vinculados al espacio universitario como promotor de talentos emprendedores que derivan en profesionales dichosos con lo que hacen.

Al respecto, Fernando Reimers [3] define que desde una perspectiva del siglo XXI la educación debe abastecer tres dimensiones: i) la cognitiva, ii) la capacidad de autoconocimiento y reflexión y iii) la de relacionamiento social. El señala que “las currículas en América Latina están todas muy orientadas a la dimensión cognitiva y a lo más básico de lo cognitivo, al conocimiento. Las mejores incluyen un poquito la capacidad de procesar el conocimiento, pero de innovación y creatividad, cero; y de capacidades sociales y de autorregulación, nada”.

Este es el panorama global sobre el cual se asienta este trabajo que focaliza el análisis de la pasión emprendedora de estudiantes de las carreras de ingeniería que dicta la UNLaM. En este sentido Mario Dehter [4] opina que, “los ingenieros “clásicos” no consideran aptitudes profesionales relevantes a la habilidad para entablar y desarrollar relaciones sociales interpersonales y el pensamiento visionario”, y suelen estar enfocados a formular preguntas para diseñar e implementar soluciones; en tanto que los empresarios son más sociales y están más interesados en las respuestas que en las preguntas.

¿Es esto así?, y en tal caso, ¿qué se requiere para mejorar las relaciones interpersonales y desarrollar los talentos? ¿Estudiar ingeniería dificulta o potencia la pasión por emprender? Estas y otras cuestiones condujeron a los autores a realizar un sondeo de opinión entre estudiantes de carreras de ingeniería de la UNLaM con el propósito de identificar los anhelos, talentos y necesidades de l@s futur@s ingenier@s y emprendedor@s.

2. Materiales y Métodos

El documento ha utilizado bibliografía, documentos y periódicos con información actualizada sobre los debates nacionales e internacionales relativos a la educación universitaria y el emprendedorismo en las carreras de ingeniería, que se referencian al final. A partir de la discusión de esos tópicos se elaboró un cuestionario que incluyó quince aspectos de opinión relacionados con las siguientes líneas temáticas:

- Perfil del estudiante.
- Visión presente y futura.
- Universidad y Emprendedorismo.
- Competencias tecnológicas y sociales, políticas y actitudinales.

El sondeo fue llevado a cabo en forma presencial dentro del aula entre los días 1 de junio de 2016 hasta el 7 de junio de 2016 y vía web (<http://goo.gl/forms/Vou00cGiUYwwz97m2>) obteniéndose 100 respuestas de los estudiantes. A continuación se presentan los resultados y el debate a que dan lugar las opiniones relevadas.

3. Resultados y Discusión

3.1. Perfil de estudiantes

De los alumnos encuestados del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), el 50% cursa la carrera Ingeniería Industrial, el 18% Ingeniería en Informática, y el resto, dividido en partes iguales, cursa Ingeniería Civil y Electrónica, todos ellos al menos promediando sus carreras.

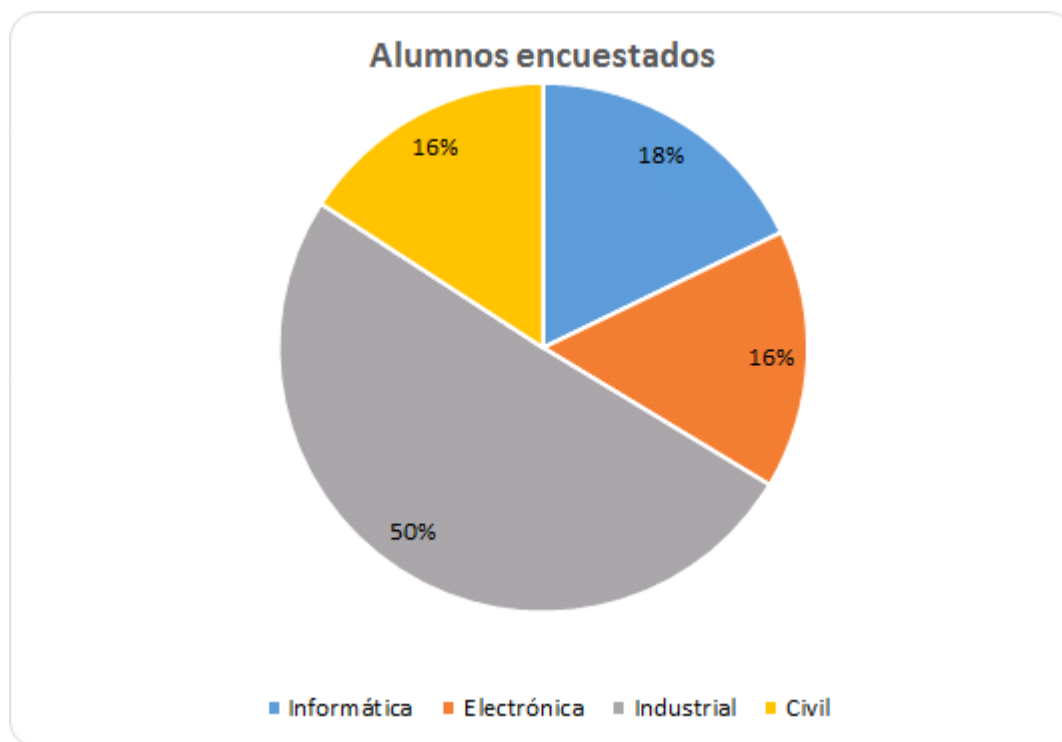


Figura 1: Alumnos encuestados por carreras (en %)

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

3.2. Visión presente y futura

Se solicitó a los estudiantes que resumieran en tres palabras los principales dones o talentos que reconocían de sí mismos. La respuesta mayoritaria fue la **perseverancia** (incluyendo la paciencia, constancia y tenacidad), seguida por la **creatividad**. Estos dones o talentos remiten a la habilidad o aptitud del individuo para hacer algo, en este caso, perseverar y crear; justamente dos atributos imprescindibles para cualquier tipo de emprendimiento.

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

Sostener lo iniciado, afrontar adversidades y tener el temple y la paciencia para sobrellevarlas sin desviarse del propósito, son dones que en tiempos de fugacidad relacional e incertidumbre económica, dejamos de desarrollar. Crear es el fundamento de cualquier tipo de emprendimiento; la creatividad y el ingenio, su sello distintivo.



Figura 2: Uso de talentos (en %)

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

Ahora bien, consultados respecto del uso o aplicación efectiva de sus dones, sólo el 36% de los estudiantes respondió que siempre utiliza sus talentos, mientras que los demás lo hacen algunas veces o nunca. Esto revela un desaprovechamiento social de las aptitudes disponibles y nos alerta respecto de qué tipo de dones podrían estar perdiéndose por falta de aplicación: la perseverancia y la creatividad, cualidades innatas al proceso emprendedor.

También se interrogó sobre cuáles son los sueños o proyecciones a futuro, en términos genéricos, y el 70% de los estudiantes se inclinó por una visión productivista, donde se destacan el desarrollo profesional y objetivos netamente laborales. Sólo una persona del conjunto sueña ser feliz y unos pocos, mejorar el mundo y aportar soluciones ambientales y sociales. ¿Por qué los sueños están orientados casi exclusivamente al mundo del trabajo? ¿Es acaso en un espacio no familiar donde encontramos el goce de la vida? ¿Dónde se origina este imaginario que focaliza el área de producción como espacio de realización personal? Sobre este aspecto, en 1932 Bertrand Russell explicaba “Como casi toda mi generación, fui educado en el espíritu del refrán “La ociosidad es la madre de todos los vicios”. Niño profundamente virtuoso, creí todo cuanto me dijeron, y adquirí una conciencia que me ha hecho trabajar intensamente hasta el momento actual. Pero, aunque mi conciencia haya controlado mis actos, mis opiniones han experimentado una revolución. Creo que se ha trabajado demasiado en el mundo, que la creencia de que el trabajo es una virtud ha causado enormes daños y que lo que hay que predicar en los países industriales modernos es algo completamente distinto de lo que siempre se ha predicado (...) El tiempo libre es esencial para la civilización, y, en épocas pasadas, sólo el trabajo de los más hacía posible el tiempo libre de los menos. Pero el trabajo era valioso, no porque el trabajo en sí

fuera bueno, sino porque el ocio es bueno. Y con la técnica moderna sería posible distribuir justamente el ocio, sin menoscabo para la civilización” [5].

¿Por qué retomamos aquí este debate que es la antítesis del trabajo? Porque para emprender, debemos revisar en primer término del clichés heredados, creencias y mitos. Y si el 70% del alumnado ve su futuro en perspectiva laboral, podemos preguntarnos si acaso el ocio no es una condición necesaria para el desarrollo creativo, don con el cual muchos se identifican. En definitiva, si el futuro es visto exclusivamente como una carrera profesional, ¿dónde nutre el espíritu emprendedor su creatividad?

3.3. Universidad y Emprendedorismo

El 87% de los estudiantes manifestó estar satisfecho con la carrera de ingeniería elegida y un 11% medianamente satisfecho, lo cual también es mérito indiscutido de la UNLaM que propicia el aprendizaje en un entorno que favorece el resguardo integral de sus miembros (estudiantes, docentes, no docentes y autoridades).

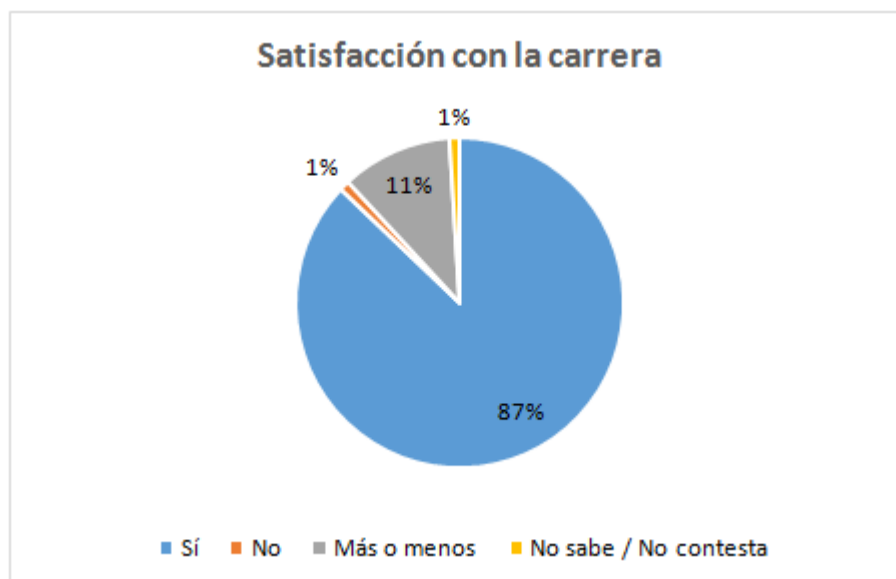


Figura 3: Satisfacción con la carrera (en %)

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

La Universidad ha invertido esfuerzos para priorizar la satisfacción de su alumnado mediante actividades deportivas, artísticas y científicas, para lo cual dispone de dos gimnasios, una pista de atletismo, una pileta de natación, un teatro y un polo de desarrollo TIC (estos dos últimos en pleno desarrollo), donde los estudiantes pueden realizar prácticas profesionalizantes en proyectos productivos.

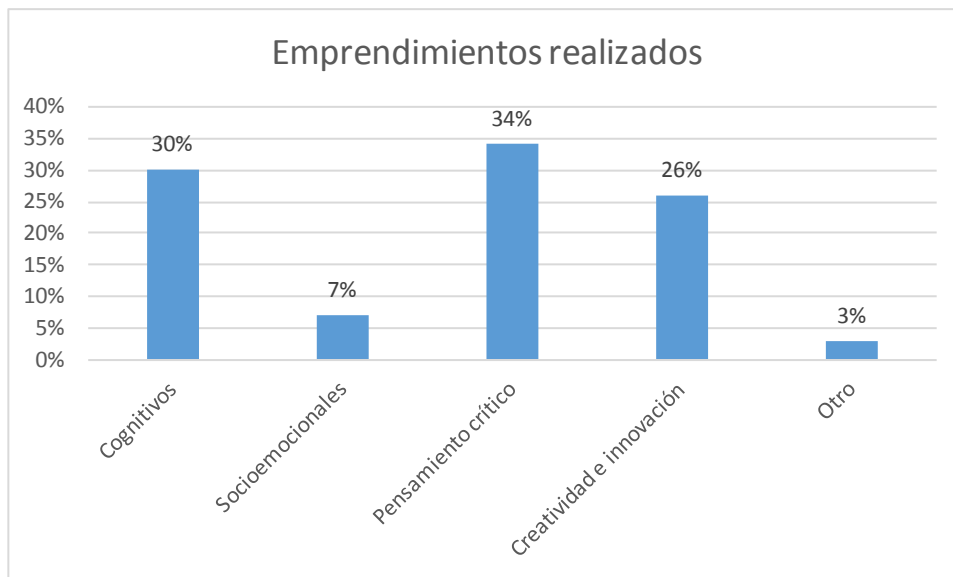


Figura 4: Recursos brindados por la Universidad (en %)

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

Pero la UNLaM no sólo brinda un entorno para el desarrollo armonioso de distintas expresiones humanas, también según el 64% de los encuestados, ofrece recursos para el desarrollo del pensamiento crítico y la adquisición de conocimientos, el 26% adquiere habilidades para la creatividad y la innovación, mientras que el 7% aspectos socioemocionales, y el resto de la población adquiere otro tipo de recursos.

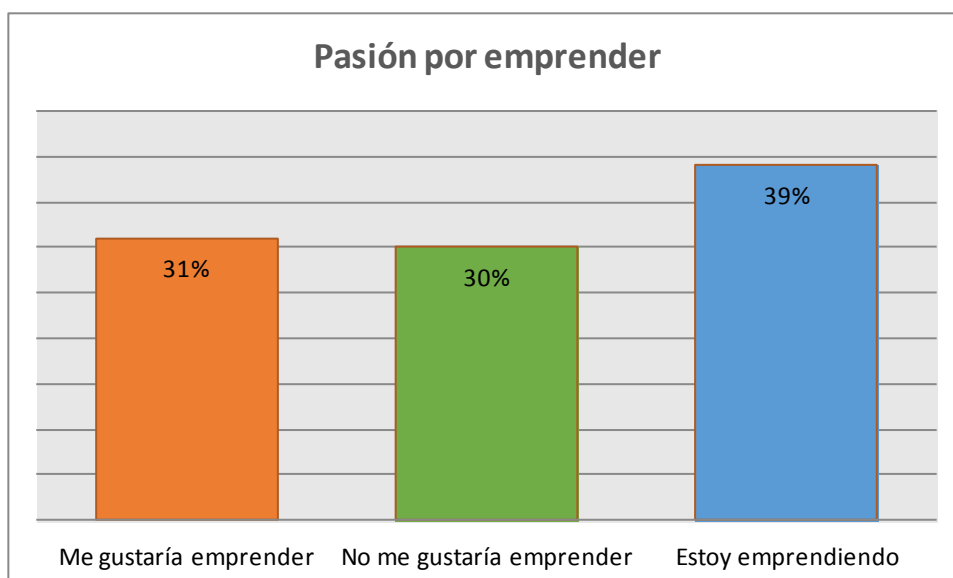


Figura 5: Pasión por emprender (en %)

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

A la hora de emprender, el 70% de los estudiantes son emprendedores o quieren serlo, a la vez que casi en igual medida afirman no haber participado de capacitaciones sobre emprendedorismo. Esta brecha entre la pasión emprendedora y la capacitación recibida abre un campo fértil para propiciar programas de capacitación dentro y fuera del ámbito universitario e implementar prácticas voluntarias de innovación y emprendedorismo. La voluntad de participar en este tipo de iniciativas fue expresada por el 68% de los encuestados.

3.4. Competencias genéricas acordadas

De acuerdo al Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) [6], en su Acuerdo sobre Competencias Genéricas, señalan que las competencias:

- aluden a capacidades complejas e integradas,
- están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental),
- se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional),
- están referidas al contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer),
- están referidas al desempeño profesional que se pretende (entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido),
- permiten incorporar la ética y los valores.

Teniendo en cuenta estos alcances hemos indagado en los encuestados que tipo de competencias han adquirido a lo largo de su trayectoria universitaria, diferenciando las competencias de esta forma:

- Competencias Tecnológicas
 - a) Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
 - b) Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
 - c) Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar- proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
 - d) Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
 - e) Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.
- Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales
 - f) Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
 - g) Competencia para comunicarse con efectividad.
 - h) Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

- i) Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
- j) Competencia para actuar con espíritu emprendedor.

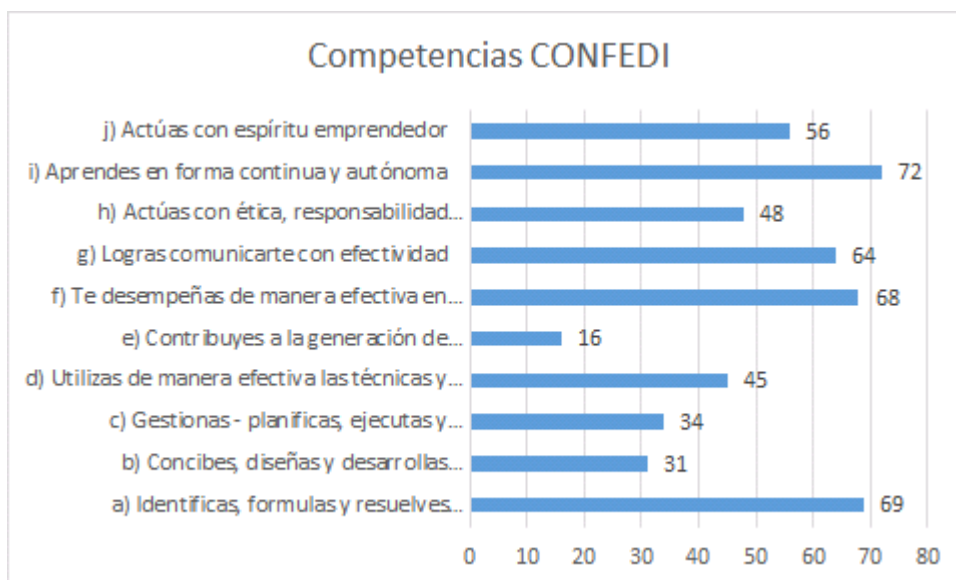


Figura 6: Competencias CONFEDI

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

Sobre el análisis de las *competencias tecnológicas* adquiridas por los encuestados al menos el 69% reconoce haber adquirido la competencia sobre identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Pero sólo el 16% refleja haber obtenido como competencia, la de contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. Entonces es importante frente a este resultado, destacar que para desarrollar nuevas innovaciones a futuro, debemos fomentar a nuestr@s estudiantes fuertemente la “creatividad”.

Asimismo si consideramos las *competencias sociales, políticas y actitudinales*, es destacable que el 72% de los estudiantes reconocen como principal competencia el aprendizaje autónomo y continuo y el 56% comenta haber adquirido a lo largo de su trayectoria universitaria, el espíritu emprendedor. En este caso los porcentajes obtenidos resultan considerables para de esta forma reconocer que el autoconocimiento es un vector que promueve el desarrollo de una conducta proactiva, fundamental para el crecimiento de una cultura emprendedora dentro de la UNLaM.

¿Ante este escenario, qué camino deberíamos transitar? ¿Cuáles son las competencias preponderantes preferidas a desarrollar por los alumn@s?

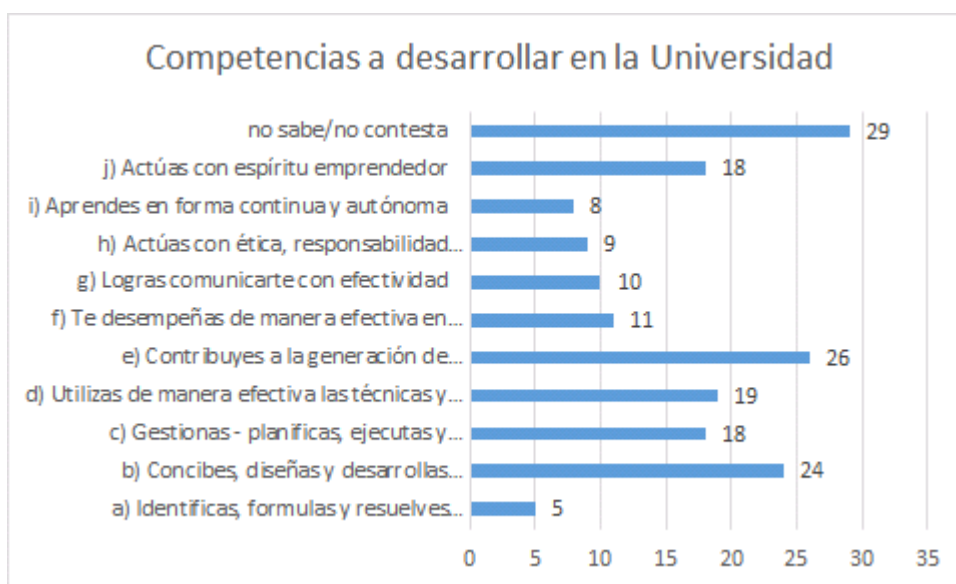


Figura 7: Competencias a desarrollar en la Universidad

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. Junio de 2016

Con respecto a las tres principales competencias que a los estudiantes les gustaría desarrollar, por cuanto no se estimulan en las aulas, el 29% no sabe o no responde, el 26% requiere mayor estímulo de la Universidad para generar desarrollos tecnológicos y la innovación. Es decir que en términos generales, las competencias adquiridas en la Universidad satisfacen a los estudiantes aunque podrían potenciarse la concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería y el espíritu emprendedor, según las sugerencias de los encuestados.

4. Conclusiones y recomendaciones

No siempre las ideas surgen en forma espontánea o por accidente. ¿Pero necesitamos contar con una buena idea, con un conocimiento técnico o bien con alguna habilidad específica para emprender? Muchas veces las oportunidades se encuentran delante nuestro sin que nos detengamos a reconocerlas y aprovecharlas. Para ello, es importante desarrollar la observación y el pensamiento crítico entre los estudiantes desde el inicio de la carrera. El espíritu emprendedor y los atributos de sus cualidades se encuentran en gran parte de los estudiantes encuestados. Este constituye el punto de partida para promover todas aquellas capacidades, habilidades y aptitudes que harán de ellos personas emprendedoras. Despertar la creatividad es la clave, el vector para que el espíritu emprendedor sea fomentado en sus múltiples expresiones humanas, trascendiendo el ámbito individual-laboral para transformarse en agente de cambio que el futuro demanda: conciencia socio-ambiental, ética y responsabilidad social. Quizás en el encuentro entre las necesidades del mundo productivo y el de la vida social y cotidiana, donde el ocio implica tiempo para crear y compartir afectos, logremos formar **“Ingeniosos-Ingenieros”**. Esto significa compromiso para emprender en cualquier ámbito de la vida, para mutar del viejo mundo al nuevo mundo que se avecina, donde la creatividad, la perseverancia y el autoconocimiento juegan un papel fundamental.

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

Despertar en los estudiantes la pasión por emprender mediante distintas prácticas que incentiven la creatividad y la ruptura de paradigmas preexistentes, es una posibilidad concreta para la UNLaM. No sólo se trata de brindar talleres aúlicos, sino principalmente interactuar con los estudiantes en distintos contextos y territorios del país para identificar y proponer soluciones técnicas y diseñar proyectos que atiendan tecnologías sociales (por ejemplo, territorios de pueblos originarios, poblados de frontera, ámbitos rurales, zonas con urgencias medioambientales). Este tipo de prácticas permiten el encuentro de saberes populares con los universitarios, al complementar los conocimientos adquiridos con el aprendizaje vivencial de intercambio en culturas y pueblos no habituales para los estudiantes. Adquirir una mirada global de las necesidades y urgencias técnicas es un imperativo que la sociedad y nuestro hábitat reclaman.

Ser Emprendedor, en cualquiera de sus manifestaciones, requiere adquirir prácticas y reconocer los propios dones al recorrer el camino universitario. En tal sentido, la Universidad puede potenciar el desarrollo de los talentos con actividades tradicionales y no tradicionales, que estimulen la conciencia y el autoconocimiento para que el sueño profesional incluya una vida mejor para tod@s.

“Quien conoce a los demás, es sensato.

Quien se conoce a sí mismo, es sabio.

Quien vence a otros, es fuerte.

Quien se vence a sí mismo, es poderoso

Quien consigue sus propósitos, es voluntarioso

Quien se contenta con lo que tiene, es rico

Quien no abandona su puesto, es perseverante

Quien no muere ni siquiera con la muerte, posee la Vida”

Lao-Tsé [7]

5. Referencias

- [1] Global Education & Skills Forum. <https://educationandskillsforum.org/>
- [2] Global Partnership for Education. <http://www.globalpartnership.org/>
- [3] SAMELA, G. *El graduado ideal, según un experto en educación en Harvard*. Entrevista a Fernando Reimers en Suplemento iEco. 29/03/15. disponible en: http://www.ieco.clarin.com/campus-ieco/graduado-experto-educacion-Harvard-Reimers_0_1329467333.html
- [4] DETHER, M. *Ser emprendedor facilita ser mejor ingeniero*. 03/11/03. disponible en: http://mariodehter.com/aprender/ser-emprendedor-facilita-ser-mejor-ingeniero_6887/
- [5] RUSELL, B. (1932). *Elogio de la ociosidad*.

- [6] CONFEDI (2006). “Primer acuerdo sobre competencias genéricas. 3er. Taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina” – Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química”, Carlos Paz.
- [7] LAO-TSÉ. *Tao Te King*. v. XXXIII, Ed. Richard Wilhem

DESARROLLO DE COMPETENCIAS EMPRENDEDORAS: LA EXPERIENCIA EN EL ÁMBITO DE LA FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Fernandez, Bettina Noel, UTN Facultad Regional Bahía Blanca, bfernandez@frbb.utn.edu.ar

Porris, María Susana, UTN Facultad Regional Bahía Blanca, msporris@frbb.utn.edu.ar

Resumen

Las nuevas realidades del mundo obligan al modelo educativo universitario complementar la enseñanza de los saberes técnicos con el aprendizaje de competencias emprendedoras. Estas capacidades involucran la combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten actuar eficazmente en diferentes ámbitos de la vida. Por ello, la UTN Facultad Regional Bahía Blanca se ha propuesto como uno de sus objetivos fomentar la vía del emprendimiento propio como opción de desarrollo profesional, propendiendo a una actitud orientada a la innovación, a fortalecer la proactividad y la actitud intra-emprendedora para quienes se desarrollen en empresas u organizaciones.

En el presente trabajo se resumen las experiencias desarrolladas en la institución, en su labor de apoyo al emprendedorismo: implementación de la cátedra electiva y abierta “Creación de Emprendimientos”, puesta en marcha de la plataforma virtual “Impulso”, mentoreo y acompañamiento personalizados a cada emprendedor, articulación con instituciones del ecosistema emprendedor: municipios local y regionales, sector empresario e industrial, entre otras acciones.

Palabras clave: emprendedorismo, competencias, ingeniería

1. Contexto

Históricamente Argentina posee un patrón productivo disgregado del sector científico tecnológico [1]; con el objetivo de revertir dicha situación, en los últimos tiempos y a través de diferentes políticas se incentiva la profundización de la interacción entre ambos sectores con el objetivo de construir una nueva cultura empresarial vinculada a la producción de conocimiento y al agregado de valor a partir de su explotación a fin de superar el retraso tecnológico, disminuir la importación de tecnología y la baja inversión, entre otros problemas [2]. Para alcanzar dichos objetivos una de las estrategias más utilizadas es el incentivo a la creación de empresas de base tecnológica a partir de órganos de intermediación situados en las universidades y centros de investigación cuyo rol es estrechar brechas y vincularlos con las empresas y centros productivos a fin de crear o mejorar productos, servicios y procesos a través de la creación de empresas y spin offs [3].

La economía de la ciudad de Bahía Blanca se caracteriza por tener un grupo de grandes empresas basadas en la explotación de recursos naturales (agroindustrias y petroquímica), que trabajan para el mercado nacional y externo, desarticuladas al entorno local-regional en términos de generación de empleo y demandas hacia otros sectores y un numeroso grupo de micro empresas y PYMES dedicadas al abastecimiento del mercado local y regional. Así mismo concentra un número importante de organizaciones de conocimiento, por contar con dos universidades nacionales e institutos de investigación [4]. Conforme al fenómeno nacional, en la ciudad se replican las conductas, dinámicas y escasas articulaciones verificadas a nivel país, es decir una marginal propensión a realizar actividades I+D, una trama de vinculaciones de escasa densidad y baja representación de actividades intensivas en conocimiento [5].

Bahía Blanca y su zona de influencia poseen una gran potencialidad para transformar su matriz productiva hacia un área de producción basada en el agregado de valor intensivo en conocimiento [6]. Esta oportunidad de cambio requiere de herramientas de intermediación que apoyen, incentiven y faciliten la creación de empresas de base tecnológica, creación de productos y procesos. En esa línea se describen algunas experiencias llevadas adelante desde la Dirección de Vinculación Tecnológica de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca (UTN-FRBB).

2. La cátedra “Creación de Emprendimientos”

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN), desarrolla desde hace años actividades y programas destinados a fortalecer las capacidades de sus estudiantes y profesionales en la temática emprendedora. Desde hace quince años, en la UTN FRBB se han venido dictando diversos cursos en forma conjunta con otras instituciones con el objetivo de fortalecer el espíritu emprendedor y brindar habilidades propias de este perfil¹. Algunas de estas

¹ Los cursos fueron, “Sociedad y trabajo”, “Hacer empresa”, “Comercio electrónico” y “Competencias en la importación y exportación de productos agroalimentarios y frutihortícolas”.

actividades incluían la posibilidad de conseguir un pequeño financiamiento para su puesta en marcha.

En el año 2004 la Facultad participó de la creación, junto a un alumno y a un graduado, de una empresa de base tecnológica llamada Tecnodesarrollo Sociedad Anónima², la empresa especializada en el desarrollo de tecnología en el área de telecomunicaciones y geoposicionamiento, fue lanzada y asesorada desde la Facultad a pesar de que la institución no contaba con una estructura formal de incubación. Asimismo colaboró en el desarrollo de la empresa Loiano en las instalaciones de la Facultad dentro del Consorcio del Parque Industrial y actualmente hospeda en sus laboratorios a emprendedores que diseñan y construyen un exoesqueleto para la rehabilitación de personas con discapacidades motrices.

En línea con estas acciones, la Secretaría de Vinculación Tecnológica de la UTN comenzó en 2011 a trabajar activamente en la promoción del clima emprendedor en las Facultades Regionales desde el ámbito académico. Así fue que se lanzó la convocatoria “Cátedra de Emprendedores” orientada al personal docente con interés en desarrollar y dictar una materia especializada en la temática.

A partir de la formación de recursos locales y luego de gestiones para su implementación, la cátedra Creación de Emprendimientos comenzó a dictarse en la UTN-FRBB en el primer cuatrimestre de 2012. Ingeniería Mecánica fue la primera carrera que la incluyó dentro de sus electivas; en el segundo cuatrimestre del mismo año se sumaron el resto de las carreras es decir Ingeniería Civil, Electrónica, Eléctrica y la Licenciatura en Organización Industrial. La nueva materia tiene características diferenciadoras como por ejemplo ser de carácter electivo, abierto y transversal.

La asignatura está diseñada con el objeto de que los estudiantes vivencien la experiencia de emprender y puedan potenciarse. Con este fin los estudiantes analizan su propias competencias, estudian casos, contenidos, conocen herramientas, contactan emprendedores, instituciones del ámbito emprendedor, realizan diferentes talleres, y trabajan y ponen a prueba sus propias ideas y proyectos.

Luego de dos años de dictado de la materia, durante el 2014 se trabajó con el objetivo de **aggiornar y de profundizar contenidos** respecto a la primera versión. Esta variación generó un cambio superador ya que por un lado, la experiencia obtenida con el devenir de las ediciones de la misma reveló la necesidad de profundizar ciertas temáticas y por otro lado, debido a que las herramientas, modelos y teoría vinculados a la creación de empresas se encuentran en constante avance, se consideró oportuno realizar una actualización consistente en sumar nuevos contenidos vinculados al tópico en cuestión.

² Desarrolló un sistema de adaptación y transmisión de datos provenientes de los sistemas de monitoreo de parámetros para el Comité Técnico Ejecutivo de Monitoreo Ambiental de Bahía Blanca y sistemas de ubicación y trayectoria por geoposicionamiento (GPS) para flotas de vehículo, los que fueron transferidos a empresas privadas.

Asimismo en los últimos tiempos en nuestro país han surgido numerosas instituciones, programas, mecanismos y recursos de fomento y apoyo a emprendimientos y emprendedores, por lo que se consideró fundamental incluir un apartado que muestre al alumno el entorno y la red (ecosistema emprendedor) que contextualizarán sus iniciativas.

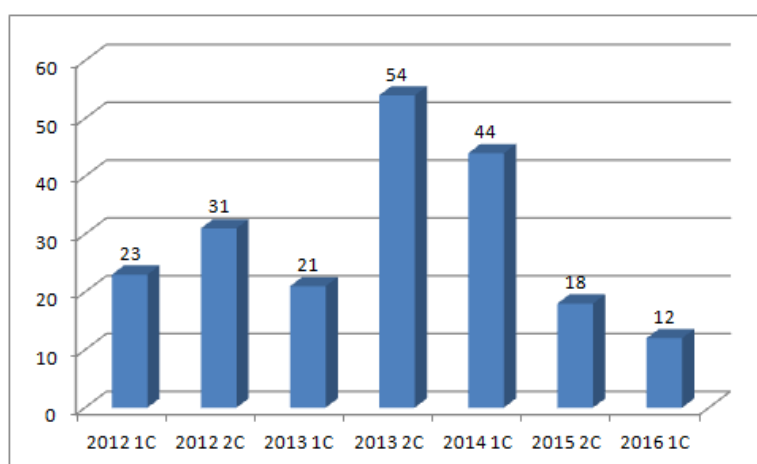
Este cambio en la propuesta de estudio resulta de más utilidad para el estudiante de ingeniería ya que le permite conocer las competencias emprendedoras y autoevaluarse respecto a ellas, estar al tanto de las diferentes formas de surgimiento de ideas e innovaciones y adquirir experiencia para optimizar el trabajo interdisciplinario y en equipo. Asimismo manejar las más modernas herramientas vinculadas al análisis de oportunidades y modelos de negocio para poder rápidamente evaluar en el mercado la posibilidad de éxito de su proyecto.

El programa posibilita al alumno evaluar cómo la actitud emprendedora y el manejo de diferentes herramientas le facilitarán el desarrollo profesional así como conocer los pasos a seguir para crear su propio emprendimiento como una alternativa posible de desarrollo profesional y personal.

Es por ello que el programa de la materia quedó conformado por los siguientes cuatro módulos: El proceso de emprender, Creatividad, idea e innovación, Detección de oportunidades de negocio y mercado, Ecosistema emprendedor y herramientas emprendedoras.

Desde su inicio hasta la finalización del primer cuatrimestre de 2016, ha habido 219 alumnos de la Facultad inscriptos en la misma. De este universo el 58% (127 alumnos) cursaron la materia, de los cuales el 67% (85 alumnos) ya la han aprobado definitivamente.

Gráfico 1: Alumnos UTN FRBB- Evolución Inscriptos CE por cuatrimestre

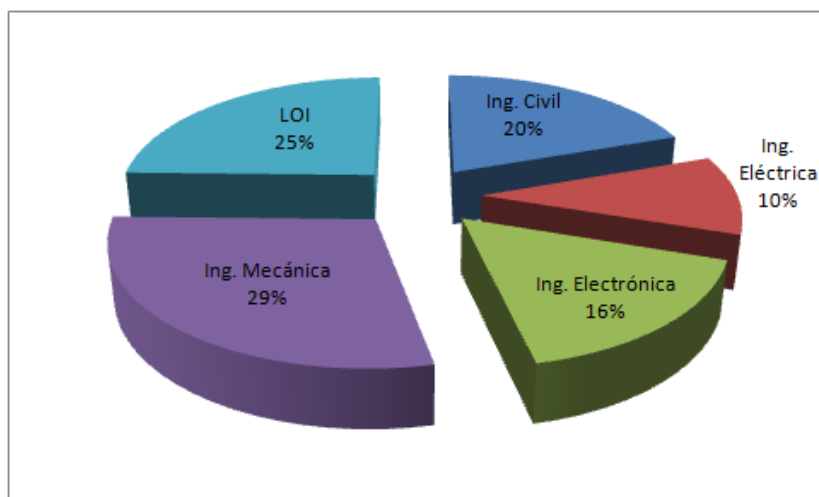


Fuente: Departamento de Alumnos UTNFRBB

La mayor cantidad de alumnos provinieron de la carrera de Ingeniería Mecánica -29%- (teniendo en cuenta que fue la única carrera que tuvo disponible la electiva desde un primer

momento y por los 9 cuatrimestres en las que se dictó), seguida por los pertenecientes a la Licenciatura en Organización Industrial -25%-(pese a que solo ha estado disponible en 6 cuatrimestres), en tercer lugar Civil, seguida por Electrónica y por último Ingeniería Eléctrica.

Gráfico 2: Alumnos Creación de Emprendimientos 2012-2016
Distribución de Inscriptos por carrera



Fuente: Departamento de Alumnos UTNFRBB

a. Cátedra Abierta

Desde sus inicios la concepción de la cátedra se ha vinculado a que tenga un fuerte impacto en la sociedad de Bahía Blanca y su zona de influencia, por ello fue idea tanto como una materia dentro de los programas académicos de las carreras de la Facultad como también como un curso de extensión de carácter gratuito para todo aquel interesado que desee participar.

Asimismo otro objetivo que se persigue a partir de esta apertura es que los alumnos de la Facultad que suelen estar muy compenetrados en el avance de su carrera puedan tener contacto con personas de los más diversos perfiles y con inquietudes y necesidades muy diferentes a las que ellos poseen, a fin de que empiecen a tener relación con las problemáticas y necesidades de quienes no transitan por la universidad a la par que ellos.

Para poder dar la máxima difusión a la sociedad de esta propuesta, se utilizan los diferentes medios con que cuenta la Facultad (página web, publicación informativa trimestral, gacetillas en los diarios locales, redes sociales, afiches y campanas de *mailings*).

Para el caso de los alumnos externos, la formalización de la inscripción se realiza a través de formularios on line donde se les solicitan diferentes datos.

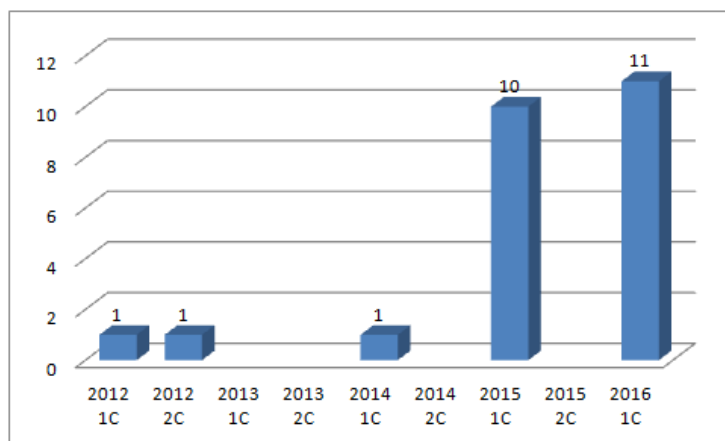
La cantidad de inscriptos y asistentes externos ha ido creciendo a lo largo de los cuatrimestres y lo ha hecho con más fuerza en el primer cuatrimestre de 2015 (16 alumnos) y el de 2016 (39 alumnos).

El público asistente es de lo más variado, ya que ha habido alumnos que cuando asistieron a clases tenían más de 50 años y ya se encontraban en etapa de retiro, algunos con emprendimientos en marcha y otros con ideas, y de los más diversos niveles educativos.

Debido a la herramienta utilizada para la inscripción y la condición de gratuidad del curso, en las últimas ediciones ha habido alto número de inscriptos que luego se va desgranando a lo largo del tiempo; algunos de ellos cumplen con la condición mínima de haber asistido al 75% de las clases y a ellos se les extiende un certificado por haber asistido al curso.

Ha habido 24 asistentes externos que han realizado la materia y han obtenido un certificado por su asistencia. De esos 24, el 45,83% son profesionales egresados de Universidades Nacionales.

Gráfico 3: Alumnos externos que obtuvieron Certificado de Asistencia



Fuente: Cátedra Creación de Emprendimientos- Secretaría de Ciencia y Tecnología

Debido al crecimiento del número de asistentes a la cátedra, como así también a su especial dinámica de trabajo y evaluación, se transmitió a los responsables del Departamento de Ingeniería Mecánica (de la cual depende), la necesidad de incorporar otro docente capacitado en temáticas relacionadas para formar un equipo de cátedra. Fue así que a partir del primer cuatrimestre de 2015 se incorporó un Ayudante de Trabajos Prácticos de primera interino ad honorem.

Con el desarrollo de las actividades de la Cátedra, surgió la oportunidad de acompañar a varios proyectos que presentaban tanto los alumnos de la Facultad como también los externos, a fin de acompañarlos en variadas temáticas como el desarrollo de su modelo de negocio, en la búsqueda de financiamiento, en la necesidad de contactos, asesoramiento técnico, de vigilancia tecnológica entre otras. Por ello desde la Dirección de Vinculación Tecnológica, se comenzó a ofrecer este tipo de apoyo extra cátedra desde principios de 2013 a partir del

financiamiento otorgado por el Programa de Fortalecimiento de Oficinas de Vinculación y Transferencia de Tecnología del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

Si bien la actividad e inquietudes son crecientes, entendimos que podríamos utilizar herramientas que potencien nuestra actividad, que permitan informar a una mayor cantidad de público y a su vez consolidar a la UTN FRBB como uno de los principales jugadores del ecosistema emprendedor de la ciudad de Bahía Blanca y la región.

3. La Plataforma “Impulso”

Durante los últimos años se comenzó a desarrollar en la UTN FRBB una plataforma web interactiva, que hoy ya se encuentra activa y funciona como interface y apoyo para la comunicación, la concreción de programas de apoyo y el trabajo desde el área emprendedores de la Dirección de Vinculación Tecnológica de la institución.

La plataforma pretende ser un punto de encuentro entre los requerimientos y necesidades de los emprendedores y la oferta de soluciones y experiencias que ofrece la UTN FRBB, para convertirse en un referente del desarrollo emprendedor.

Trabaja en ejes fundamentales como la capacitación e información, la oferta de diferentes servicios y recursos, el asesoramiento, la pre-incubación e incubación, la investigación, la articulación con los programas de desarrollo local y regional y la difusión de las actividades entre los más importantes.

La herramienta y las actividades que a partir de ella se generen están dirigidas a emprendimientos que posean orientación al crecimiento, innovación, utilicen tecnología, tiendan a fomentar la inclusión social, sean amigables con el medioambiente y sustituyan importaciones como características centrales.

En lo que respecta al área de capacitación se ocupa de diferentes aspectos tales como la sensibilización, el desarrollo de aspectos motivacionales y competencias y la transmisión de herramientas. Se realizan actividades tales como talleres y jornadas para abordar temas particulares, se crean espacios de debate, de intercambio de experiencias y actividades que incentiven la participación y difusión de la cultura emprendedora en el seno de la universidad en contacto con la comunidad.

Los servicios que se prestan desde Impulso tienen como objetivo facilitar la transformación de ideas en negocios y dinamizar y acelerar el crecimiento de las empresas. Entre ellos se ofrecen servicios de análisis económicos y estudios de mercado, formulación de proyectos, análisis de materiales, búsqueda de financiamiento, vigilancia tecnológica, desarrollo de productos y fabricación de matricería, gestión financiera y contable de los proyectos, entre otros. A su vez se planea poner a disposición recursos como un banco de datos de proyectos, estudios sobre cadenas de valor estratégicas, demandas y ofertas tecnológicas. Para esto se articula con los diferentes departamentos, laboratorios y demás áreas que posee la Facultad

(Mecánica, Electrónica, Licenciatura en Organización Industrial, la Unidad de Diseño Tecnológico (UDITEC), grupos de investigación, entre otros)

Otras actividades que se ofrecen son las relacionadas con asesoramiento, tutorías, programas de pre incubación virtual e incluso mentorías de empresarios experimentados, así como también se ha concretado en algunos casos a la posibilidad de incubación en los laboratorios e instalaciones de la Facultad o del CPI a aquellos proyectos que superen ciertos requisitos.

Una tarea de suma importancia es la de la difusión de las actividades impulsadas desde la Plataforma, con el objetivo de resaltar los modelos de roles y construir una vía directa de comunicación e información con los usuarios. Para ello se cuenta con el apoyo de un profesional de Periodismo, así como se están gestionando convenios con universidades que imparten carreras relacionadas con Ciencias de la Comunicación. Se busca así relaciones complementarias con otras instituciones, brindando un espacio de práctica profesional para alumnos y recibiendo a cambio el aporte de los conocimientos de estos aplicados a la difusión de las actividades de apoyo al emprendedorismo.

Si bien la difusión se realiza utilizando diferentes canales, se prioriza el virtual ya que es el soporte donde se trabaja y el que posee ventajas tales como la interacción con el lector, inmediatez, bajo costo de producción, etc. En dicha línea se proyecta diseñar un newsletter que se distribuirá gratuitamente de forma regular centrada en temas de emprendedorismo, innovación, tecnología e investigación con noticias, entrevistas y reportajes, análisis, columnas y foros de opinión.

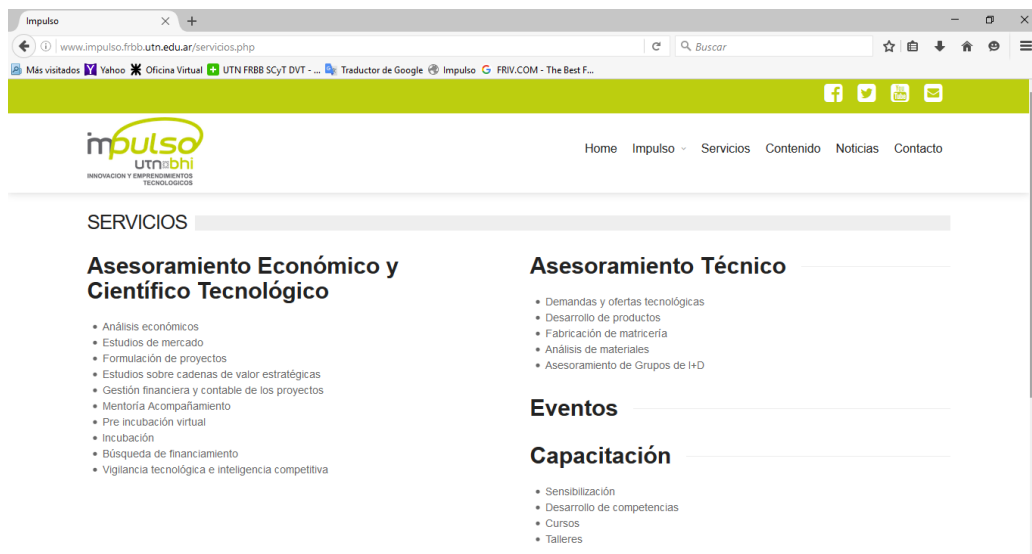
Se presentan a continuación algunas capturas de pantalla que muestran las principales funcionalidades de la Plataforma:

Figura 1: Plataforma Impulso: Home



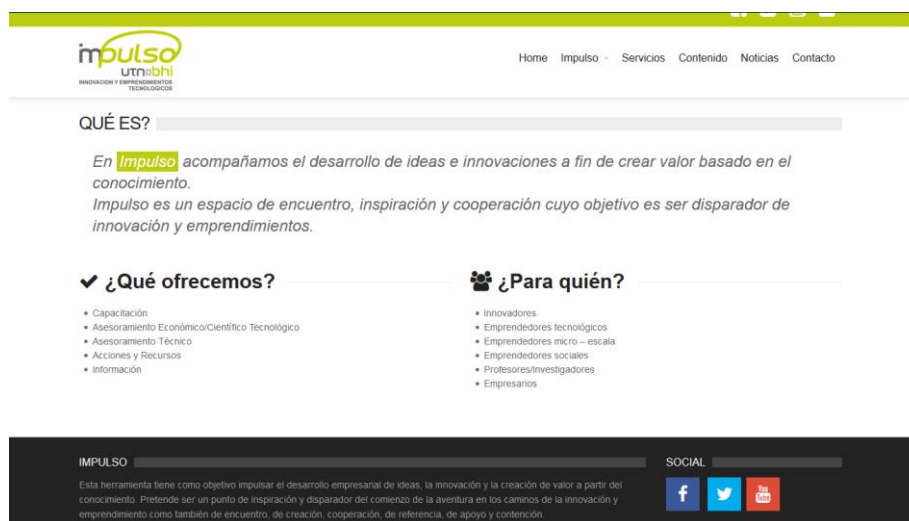
Fuente: www.impulso.frbb.utn.edu.ar

Figura 2: Plataforma Impulso: Servicios



Fuente: www.impulso.frbb.utn.edu.ar

Figura 3: Plataforma Impulso: Presentación



Fuente: www.impulso.frbb.utn.edu.ar

Desde su lanzamiento la Plataforma Impulso ha ido incorporando funcionalidades y hay aún varias en carpeta, vinculadas siempre al sistema de incubación virtual de proyectos; sin embargo, el nuevo desafío es lograr trabajar firmemente en el plano material con los emprendedores para ofrecerles además de todo lo nombrado un ámbito físico de trabajo.

4. Incubadora de empresas

Gracias a una estrecha alianza de trabajo de la UTN-FRBB con el Consorcio del Parque Industrial de Bahía Blanca (CPIBB), durante los últimos años se han cristalizado numerosos proyectos conjuntos, siempre con el objetivo de promover el desarrollo local y regional, basados en la incorporación de conocimiento y agregado de valor a la producción. Uno de estos proyectos es el que tiene que ver con la creación de una Incubadora de Empresas, financiada en parte por el ex Ministerio de Industria de la Nación, y que actualmente se encuentra en etapa de construcción de la infraestructura. Es importante remarcar que la ciudad de Bahía Blanca, pese a su considerable tamaño y masa crítica de emprendimientos, no cuenta a la fecha con una incubadora física de empresas.

Los objetivos específicos de llevar adelante este proyecto son los siguientes:

- Acelerar la consolidación de empresas, ayudándolas a superar más rápidamente las barreras técnicas, gerenciales y de mercado.
- Aportar externalidades positivas para la creación y desarrollo de micro, pequeñas y medianas empresas, a través de la asistencia técnica, la capacitación, la vinculación y transferencia de tecnología.
- Transformar ideas o proyectos en empresas y/o apoyar la consolidación de éstas en el mercado.

La incubadora estará localizada dentro del predio del CPIBB, donde se espera que la interacción con el resto del tejido industrial aporte también al crecimiento de los proyectos a incubar.

5. Conclusiones

El trabajo dentro de la UTN FRBB vinculado al desarrollo de competencias emprendedoras ha ido desarrollándose de menor a mayor y tiene un importante potencial de crecimiento.

El trabajo ha consistido en ir formalizando y ofreciendo diferentes e innovadoras herramientas y propuestas tanto para los alumnos, profesores, investigadores, como para empresas y cualquier interesado en emprender.

Este trabajo se fundamenta en la vinculación desde el ámbito académico con los actores más importantes del sector gobierno y empresarial.

El trabajo y esfuerzo realizado desde la UTN FRBB, se ha visto potenciado gracias a dos factores fundamentales, como son el creciente interés por parte de los emprendedores y la cada vez más numerosa cantidad de herramientas a disposición tanto de los emprendedores como también de las organizaciones que los apoyan.

6. Referencias

III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería - Resistencia 2016

- [1] ALBORNOZ, M. Política científica y tecnológica en Argentina. Temas de Iberoamérica, Globalización, ciencia y tecnología, p.81-92. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/albornoz.pdf>
- [2] AUDRETSCH, D.; LEHMANN, E.; MEOLI, M. (Julio, 2015). *University Evolution, Entrepreneurial Activity and Regional Competitiveness*. Springer International Publishing Switzerland. Recuperado de <http://googleplay.com>
- [3] VAN DER SIJDE, A.; RIDDER, J. M.; GOMEZ, J. T.(2002). *Infrastructures for Academic spin-off Companies*. Recuperado de <http://www2.warwick.ac.uk/services/ventures/myths-and-pitfalls.pdf>
- [4] CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS ECONOMICOS BAHIA BLANCA (CREEBBA). (2010). Bahía Blanca: ventajas competitivas y oportunidades de inversión. Recuperado en: <http://www.creebba.org.ar>.
- [5] ALDERETE, M.V. y DIEZ, J.I. (Octubre, 2010). *La Innovación en Territorios Periféricos. El Caso de las PYMES Industriales de Bahía Blanca*. Ponencia presentada en XV Reunión Anual de la Red PYMES MERCOSUR, Mendoza, Argentina.
- [6] PASCIARONI, C. (2013). *El complejo científico y tecnológico en ciudades intermedias. El caso de Bahía Blanca*. (Tesis de doctorado en Economía). Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.



III CAD I
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

CREATIVIDAD, INNOVACIÓN Y EMPRENDEDORISMO EN INGENIERÍA

Ing. Osvaldo Sposito, UNLaM, sposito@unlam.edu.ar

Ing. Carlos Lerch, UNLaM, clerch@unlam.edu.ar

Ing. Hernán Mavrommatis, UNLaM, mavrommatis@unlam.edu.ar

Resumen

Las Resoluciones Ministeriales que regulan la formación, el perfil y las actividades reservadas a los ingenieros establecen que los egresados deben ser capaces de entender, diseñar, implementar y gestionar actividades en las que se emplean conocimientos para el diseño y desarrollo de productos y sistemas. Así como que posean suficientes conocimientos de ciencias básicas y aplicadas, de las tecnologías disponibles y que sean competentes en sus proyectos, con responsabilidad social y actitud emprendedora. A lo que adicionan capacidad de gestión, liderazgo y de trabajo en equipo, que los habiliten a dar respuestas innovadoras a las problemáticas actuales.

Pese a que diseñar, -actividad paradigmática de la ingeniería vinculada a la creatividad- así como innovar, y emprender el cambio a través de los proyectos que formulan y ejecutan los ingenieros, implican ciertas temáticas que exceden a las del conocimiento científico-técnico, éstas son tratadas marginalmente en las carreras actuales, donde lo que se priorizan son los contenidos disciplinares “duros”. Es por ello que en el presente documento incursionamos sobre tres temas que creemos resultan fundamentales en ingeniería, y por lo tanto en su enseñanza, tales como la creatividad, la innovación y el emprendedorismo, saberes genéricos transversales a todas las carreras, los cuales fomentaremos mediante la creación de un nuevo “Centro de Innovación, Creatividad y Emprendedorismo”.

Finalizamos el documento con algunas preguntas abiertas que entendemos debemos plantearnos quienes tenemos la noble tarea de contribuir a desarrollar las competencias profesionales de los nuevos ingenieros del siglo XXI.

Palabras clave *Creatividad, innovación, emprendedorismo, ingeniería.*

1. Aspectos sobre la tecnología, la ciencia y la ingeniería.

Algunos agradecen a Prometeo, otros señalan que fue la mezcla de osadía e inexperiencia, o inconsciencia, de los más jóvenes quienes probablemente fueron los que se atrevieron a jugar por primera vez con el fuego. Independientemente de cómo haya sucedido, lo cierto es que el descubrimiento del fuego abrió el camino para que otros más tarde se atrevan a mantenerlo, manipularlo y finalmente busquen como crearlo.

Pero la inteligencia y curiosidad del hombre en la historia remota, involucró una variopinta gama de aspectos, creando también estrategias en grupos para la caza de animales grandes, elaborando herramientas para trabajar la tierra, y acumulando semillas para comenzar a plantarlas de forma sistémica, abriendo así el camino a la agricultura.

Este conjunto de conocimientos que el hombre fue creando, preservando y ordenando -que denominamos técnicas y tecnologías- fueron un emergente de la experiencia. Vemos que

desde sus primeras aplicaciones el hombre utiliza la tecnología para modificar su entorno y convertir los elementos de la naturaleza que lo rodea en distintas “cosas” que antes no existían y que le son útiles ya no sólo para sobrevivir individualmente, sino que también para desarrollarse y convivir con otras personas.

La Asociación Americana para el Avance de la Ciencia establece que: *“En el sentido más amplio, la tecnología aumenta las posibilidades para cambiar el mundo: cortar, formar o reunir materiales; mover objetos de un lugar a otro; llegar más lejos con las manos, voces y sentidos. El ser humano se sirve de la tecnología para intentar transformar el mundo afín de que se adapte mejor a sus necesidades”*. Esta visión, destaca el carácter herramental de la tecnología, es decir, el de la tecnología como una herramienta que el hombre utiliza para potenciar sus capacidades.

También existe una visión cultural de la tecnología, pensemos en la agricultura, que introdujo nuevos valores a las sociedades cambiando su organización, dado que siendo originalmente nómadas se volvieron sedentarias, asentándose cerca de los ríos y generando plantaciones que les permitían subsistir y proliferar más cómodamente. Este aspecto cultural de la tecnología señala uno de los desafíos actuales más importantes, el que conlleva entender los impactos culturales de introducir una nueva tecnología en una sociedad.

Para complementar esta visión amplia sobre la que reflexionamos, nos remitimos a la etimología de la palabra tecnología. Así, Tatarkiewicz [1] señala que el término proviene de la voz griega «τέχνη», y significa *“Un arte o artesanía, esto es, un conjunto de reglas, un sistema de métodos regulares para fabricar o hacer...”*. Cabe aclarar que, en la edad antigua, la concepción de arte resultaba mucho más amplia de la que hoy conocemos, y entre distintas definiciones que menciona el referido autor destacamos la de arte como *“cualquier actividad humana consciente”*.

Volvamos al fuego, el hombre lo manipuló y utilizó de forma consciente durante mucho tiempo, pero sin conocer qué cosa realmente era. Sabemos que hasta tanto Lavoisier demostró lo contrario en el siglo XVIII, se pensaba que el fuego estaba compuesto de una sustancia llamada “flogisto”, sustentada por la teoría con el mismo nombre.

Podemos comprender entonces que la tecnología, no siempre fue precedida -como es en la actualidad- por el conocimiento del “*por qué*” de las cosas, es decir, el conocimiento científico. Esto implica que, la tecnología puede incluir conocimientos científicos aunque a veces éstos sean descubiertos y desarrollados posteriormente al uso en la práctica de dicha tecnología.

Entonces, por un lado podemos referirnos a la ciencia, como la búsqueda del “*por qué*” de las cosas, y entenderla como la actividad propia que desarrollan los científicos. Podemos entenderla también como la acumulación de los conocimientos que éstos desarrollan, es decir, los conocimientos científicos, los cuales son la resultante de su actividad metódica aplicando el método científico en sus investigaciones.

Por otro lado tenemos a la tecnología que, en su sentido más amplio, viene dada por un conjunto de conocimientos de variada índole, inclusive empírica que permiten hacer o fabricar cosas que antes no existían en la naturaleza, creando un mundo artificial repleto de artefactos y artificios.

Ahora que en forma amplia planteamos qué entendemos por ciencia y qué por tecnología vamos referirnos a la ingeniería. Esta es una profesión, que según las definiciones más consensuadas, *se dedica a diseñar y dar soluciones a los problemas de la sociedad, empleando para ello las fuerzas y los materiales que nos provee la naturaleza; considerando las restricciones presentes, sean éstas físicas, ambientales, éticas, legales y culturales de*

dicha sociedad. Emplea en ello, además conocimientos diversos, algunos provenientes de la ciencia, otros de las tecnologías y técnicas varias, e inclusive hasta algunos empíricos, a los que suma conocimientos distintivos propios de la profesión, que son los que habilitan a los ingenieros a identificar y diagnosticar los problemas de la sociedad diseñándoles una solución.

Y puesto que para dichas soluciones los ingenieros se valen de los elementos de la naturaleza (las fuerzas y los materiales), -cosa que ya hace la especie humana desde su existencia sobre el planeta dando origen a las técnicas que le permiten manipular la naturaleza en su beneficio-. Se puede decir entonces que *“no cabe duda de que el comienzo de la ingeniería iría unido indisolublemente a la actividad técnica y como tal existiría desde el comienzo de la humanidad”* [2]. Pero no se trata en realidad de ingeniería, tal como la conocemos hoy. Desde el comienzo de las ciencias modernas, allá por la época de Descartes, fue la ciencia la que se encargó de descubrir las leyes que rigen el comportamiento de la naturaleza. Existiendo dichas leyes, es necesario que los ingenieros las conozcan, dado que ellas marcan el límite de lo que le es posible realizar. Estos conocimientos en la actualidad son los contenidos disciplinares *“duros”* que se dictan en las distintas carreras de ingeniería.

Si bien la visión amplia de los conceptos de técnica y tecnología nos sirve para comprender el rol que tuvieron las mismas en la evolución de los artefactos y artificios desde nuestra historia más remota, es justo decir que a los ingenieros de la actualidad les preocupan las tecnologías productivas. En este sentido, resulta necesario citar la definición de tecnología de Sábato [3] quien fue nuestro maestro, y dice que la tecnología *“es el conjunto ordenado de todos los conocimientos usados en la producción, distribución y uso de bienes y servicios. Por lo tanto, cubre no solamente el conocimiento científico y tecnológico obteniendo por investigación y desarrollo, sino también el derivado de experiencias empíricas, habilidades, intuiciones, copia, adaptación, etc”*.

Volviendo a la definición de ingeniería, otro aspecto importante que aparece, es el concepto de a qué se dedican los ingenieros. Al respecto, podemos decir que los ingenieros trabajan con problemas complejos, los cuales habitualmente se encuentran mal definidos o de manera incompleta. Más que problemas, se trata de situaciones problemáticas de la vida real, a las que le caben soluciones diversas, condicionadas por los recursos disponibles.

El conocimiento ingenieril es el que le permite a los ingenieros, diagnosticar los problemas e idear y diseñar soluciones para resolverlos. Soluciones que materializarán luego, a través de la formulación y ejecución de sus proyectos, para dar con éstos efectiva respuesta a los problemas prácticos que se presentan en la sociedad. En las reflexiones finales del presente trabajo describiremos las acciones que llevará a cabo el *Centro*, el cual promueve mediante las mismas, el desarrollo del pensamiento ingenieril.

Como surge de los conceptos previos, la ingeniería es una actividad claramente diferenciada de la ciencia. No obstante, existe aún en su enseñanza en nuestro país un predominio de las ciencias básicas y de la matemática, que implícitamente, llevan a pensar que ésta sería *“sólo poco más que la mera aplicación de las ciencias exactas y naturales a la solución de problemas de la realidad práctica”*, es decir centrada en los conocimientos *“duros”*. Pero ese no sería un problema sólo de nuestro país, sino que en otros países, se piensa que quizá el no exhibir y difundir claramente en todas sus dimensiones el conocimiento ingenieril, sea una de las causas por lo que no resulta atractivo estudiar ingeniería.

Por ejemplo, en Estados Unidos, la NAE (National Academy of Engineering) ha planteado estrategias diversas para hacer convocante este tipo de carreras a los jóvenes, y en particular a los del sexo femenino, que son los más críticos hacia lo que en éstas se enseña. Señalan que esto se debería a que los programas de ingeniería están focalizados en el aprendizaje de las

ciencias y la matemática, mientras que se minimiza el desarrollo tanto de las habilidades de los ingenieros en su accionar, como de su forma de pensar, y además no se desarrolla la creatividad, la cual facilita el diseño de soluciones que deben aportar los ingenieros.

Un intento para cambiar esta visión, -que la ingeniería no sería otra cosa que aplicar la ciencia para resolver problemas- lo que contribuiría a desalentar a los jóvenes a estudiarla, es el modelo propuesto por A. Figueiredo [4] el cual concibe a la ingeniería abarcando cuatro dimensiones interconectadas, que contempla además de esta visión, tres dimensiones más.

Una dimensión inspirada por las “*ciencias básicas*”, es decir la visión anterior de “*la simple aplicación de las ciencias exactas y naturales*”, lo que la deja relacionada con la lógica y el rigor, y al conocimiento ingenieril con el análisis y la experimentación.

La dimensión “*social*”, que ve en cambio a los ingenieros no sólo como tecnólogos, sino también como “*expertos sociales*”, dado que se focalizan en solucionar los problemas de la sociedad, y lo hacen integrando equipos complejos con diversidad de participantes. La creación de valor económico social, y dar satisfacción a los usuarios de sus soluciones, se destacan como los valores en esta dimensión.

La dimensión de “*diseño*”, que percibe a la ingeniería como “*el arte de diseñar*”, destacando el pensamiento sistémico, por sobre el analítico que caracteriza la ciencia. Entre los valores de esta dimensión, se destacan la negociación y la opción entre alternativas; en las que se recurre a menudo a formas no científicas de pensamiento, y a decisiones claves basadas en un conocimiento incompleto y en la intuición.

La cuarta y última dimensión es la que concibe a la ingeniería como “*el arte de concretar las cosas*”, valorando la capacidad para modificar el mundo, enfrentando la complejidad con *flexibilidad* y perseverancia. Se corresponde con la capacidad del *homo faber*, donde la obra terminada es lo que lleva al mayor reconocimiento. En el apartado sobre creatividad relacionaremos conceptos de esta dimensión y los utilizaremos como fundamento de la importancia de la creatividad en la enseñanza de la ingeniería.

2. Problemas prácticos contextualizados y ejercicios mecánicos

Hasta aquí, vimos como las primeras técnicas emergieron de la experiencia formando un conjunto de conocimientos que aquellos humanos de la historia remota usaron primeramente para subsistir y luego para desarrollarse en sociedad empleando a los recursos de la naturaleza en la creación de artefactos y artificios.

Diferenciamos estos conocimientos del conocimiento científico, aquel que generan los hombres de ciencia quienes se preocupan por conocer la verdad de las cosas, y encontrar los “*por qué*”, y “*porque las cosas son como son*”. Científicos que se diferencian de los ingenieros, quienes poseen una profesión pragmática y que se preocupan en atender los problemas de la sociedad, valiéndose, del conocimiento de las tecnologías, de la ciencia, y de la experiencia propia de la práctica de la profesión.

Mencionamos también que esos problemas, más que problemas, son en realidad situaciones problemáticas que resultaban complejas, y que aparecían definidas de modo incompleto o hasta mal definidas.

La idea de este apartado es describir qué tipo de problemas resuelven los ingenieros, y compararlos con los tipos de problemas a los que se enfrentan los estudiantes de ingeniería en su formación. Para ello, vamos a dividir a los problemas en ingeniería en dos grandes grupos, por un lado tenemos los problemas que solucionamos aportando nuevos productos y servicios ingenieriles que dan respuesta a las demandas de la sociedad, cuyas características ya hemos

mencionado: problemas complejos, abiertos, parcialmente definidos y hasta a veces mal definidos. Por otro lado tenemos los problemas que solucionamos optimizando los procesos productivos requeridos para fabricar masivamente los productos y servicios ingenieriles a los que hacíamos referencia, y que son los que finalmente satisfacen las demandas de la sociedad.

Los problemas del primer grupo suelen tener más de una solución, la cual viene dada por el diseño de nuevos productos, procesos y servicios de ingeniería. Los problemas del segundo grupo se basan en encontrar diseños de procesos productivos más eficaces y eficientes, mejorando los actuales. En este segundo grupo los problemas se encuentran contenidos dentro de un sistema de ingeniería ya existente. Es evidente que para ambos grupos de problemas existe un contexto, el cual impone ciertas restricciones que debemos cumplir para que las soluciones propuestas sean apropiadas.

Pero hasta aquí hemos tenido en cuenta solo el aspecto técnico del problema, es decir, diseñamos un nuevo producto o servicio para el primer caso, y diseñamos para el segundo caso una mejora de un producto o proceso productivo. Pero esto no nos asegura nada, puesto que si por ejemplo, en el primer caso el producto ingenieril es una planta hidroeléctrica para la generación de energía y no nos ocupamos de su implementación, operación y mantenimiento no estamos dando una respuesta apropiada a la sociedad. Lo mismo ocurre con la mejora del proceso productivo, si nos olvidamos de la implementación, ejecución (operación), y sustento (mantenimiento) dicha mejora no representará una optimización del real del proceso productivo apropiada a la circunstancia.

Resulta imposible pensar que en este escenario los ingenieros nos olvidemos cosas semejantes tales como la implementación, operación y mantenimiento. Además, dadas las características del contexto, en donde se plantean dichas soluciones, ya sea en la sociedad o en las organizaciones industriales, es el mismo contexto el que obliga a diseñar soluciones que sean verdaderas propuestas innovadoras. Es decir que superen lo problemático existente, y que las mismas sean adoptadas, bien por la sociedad, o bien por la organización industrial.

Buscando ejemplos reales para mostrar el primer grupo de problema definido, tomamos por caso el autobús de tránsito elevado, una solución conceptual revelada en la exposición China Beijing International High-Tech el mes de mayo del corriente, la cual, según indica CNN [5] fue desarrollada por la empresa TEB Technology Development Company. Este diseño ingenieril pretende ser la solución apropiada a un problema complejo actual de más de una sociedad como lo es el problema del transporte público.

Pero en esta solución compuesta por un autobús elevado que circula sobre rieles y que posee la capacidad de transportar 300 pasajeros por carro, resulta evidente que deben considerarse los aspectos de implementación, operación y mantenimiento para que la solución técnica represente una innovación. Seguramente deberá competir en costos con otros medios de transporte público y el diseño de la infraestructura vial que lo contenga deberá brindar las condiciones de seguridad mínima para evitar accidentes con otros vehículos y/o peatones. En el ejemplo, aparece la necesidad de tener en cuenta la contextualización de la solución, la que viene dada entre otros, por la infraestructura vial para que dicho autobús elevado pueda circular con seguridad, los sistemas de control y señalización para su operación, así como también las tareas preventivas y correctivas para el mantenimiento de todo el sistema en su conjunto. Estos últimos representan aspectos del problema que debemos considerar para que represente una verdadera solución ingenieril.

Tanto para las demandas de las sociedades como para las organizaciones industriales el contexto está dado y es evidente. No obstante, en las universidades muchas veces, los problemas que se les plantean a los estudiantes de ingeniería no se encuentran contextualizados. Esto provoca que los desafíos que implican los problemas del primer grupo

sean menos frecuentes, por no decir inexistentes, y que los problemas del segundo grupo, es decir los que atañen al proceso productivo, sólo se enfoquen en el aspecto técnico de la solución y no, en tratar que la solución sea realmente apropiada para el contexto en el cual se la propone, y que ésta represente una innovación.

Pongamos por caso el planteo de un problema de gestión de la calidad en una organización industrial cualquiera. Para desarrollar dicho concepto bajo norma ISO 9001, seguramente destacaremos los problemas que conllevan no poseer procesos formales debidamente registrados que aseguren la calidad, estudiaremos los aspectos técnicos de la normativa, fundamentaremos los conceptos teóricos en lo que dicha norma se basa para realizar las distintas recomendaciones, y demás cuestiones por el estilo.

Difícilmente vayamos a tomar en cuenta las consideraciones del contexto organizacional para que las recomendaciones de la norma se puedan, implementar y ejecutar por toda la organización. Un ejemplo de esto lo brinda J. Vesga [6] cuando refiriéndose a la cultura organizacional dice *“...uno de los aspectos que describen una cultura es la dificultad de los empleados para trabajar en equipo entre las diferentes unidades y la organización. Se propone la puesta en marcha de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001, el cual implica concebir y actuar en la organización desde la perspectiva de procesos transversales a las distintas unidades; uno de los requisitos indispensables para el éxito de la estrategia es el trabajo en equipo entre las unidades. En este caso, una parte del plan de gestión de la cultura organizacional debe dirigirse a superar esta debilidad generando estrategias encaminadas a desarrollar un aprendizaje organizacional orientado al trabajo en equipo y a la coordinación entre las distintas unidades organizacionales”*.

De este tipo de estrategias es de las que no solemos hablar en nuestras clases, por lo que los estudiantes de ingeniería se quedan solamente con conocimientos teóricos, los cuales son más parecidos a los *“por qué”* que siempre buscan los científicos. En lugar de adquirir conocimientos y habilidades prácticas que le permitan diseñar soluciones contextualizadas como las vistas en este caso.

Estos dos últimos ejemplos puntuales resultan insuficientes para mostrar cómo son en realidad los problemas que le presentamos a nuestros estudiantes de ingeniería, por lo que vamos a brindar descripciones conceptuales ayudados por Polya [7] quien también realiza una clasificación de problemas en dos grandes grupos, los *“problemas por resolver”* y *“los problemas por demostrar”*.

A su vez dentro de los *“problemas por resolver”*, el autor los divide en dos subgrupos distintos *“problemas de rutina”*, y *“problemas prácticos”*. Sobre los primeros vemos que se basan en resoluciones repetidas del mismo tipo de problemas en donde los estudiantes *“...no tendrán oportunidad de recurrir ni a su juicio ni a sus facultades inventivas”*. Por el contrario, los problemas prácticos poseen una cantidad considerable de incógnitas y también de condiciones, que hacen las veces de restricciones que deberemos cumplir. Asimismo, la cantidad de datos necesarios para resolver este tipo de problemas es relevante. En consecuencia, en estos problemas prácticos *“...las incógnitas, los datos y las condiciones son más complejas y están definidas con menor calidad...”*, este tipo de problemas es el que más nos interesa para la formación de ingenieros, puesto que para resolverlos no alcanza con haber resuelto problemas similares, o conocer la mecánica de resolución general de un tipo de problema, como sucede en el caso de los problemas rutinarios. Veremos más adelante que el *Centro* promueve que los estudiantes trabajen con este tipo de problemas.

Esta distinción, que muchas veces no hacemos explícita entre problemas rutinarios en donde queda poco para el juicio y la inventiva de los estudiantes, en contraposición a los problemas

prácticos, los cuales poseen condiciones a cumplir que son las que generalmente impone el contexto en donde están inmersos, pone de manifiesto una diferencia importante que debemos tener siempre presente, y que es la que diferencia a los ejercicios de los problemas.

No es que estemos en contra de los ejercicios, estos sirven para realizar la tan necesaria práctica de las “*partes difíciles*” pero no debemos limitarlos a lo mecánico, tal como señala D. Perkins [8] cuando habla sobre la importancia de esas partes difíciles en su aprendizaje del piano. El autor señala que el aprovechamiento de la práctica no se basa únicamente en repetir esas partes sino que también “*...implica deconstruirlas y construirlas de modo que se ejecuten de una forma distinta y más cabal [...] también aprendí que trabajar sobre las partes difíciles no significa esperar que aparezcan. Existen formas de trabajar sobre ellas por anticipado. Un método consiste en practicar las escalas y los arpeggios, preparándose para los fragmentos de los mismos que aparecen en muchas composiciones completas...*”, esto último, no es otra cosa que conocer el contexto, en este caso, las composiciones completas.

Lo que mencionamos anteriormente se encuentra alineado con la metáfora de “*jugar el juego completo*” que usa el autor, es decir, introducir al estudiante dentro de un contexto profesional (aunque sea en una versión simplificada) en donde nos aseguremos que lo que terminan haciendo los estudiantes de ingeniería “*...no se trata de una rutina sino que requiere pensar; no se trata solo de resolver problemas, sino que implica encontrar problemas; no se trata solo de respuestas concretas sino que implica la explicación y la justificación; no se está desprovisto de emociones, sino que estimula la curiosidad, el descubrimiento, la creatividad, la camaradería; [lo que] no ocurre en el vacío sino que implica métodos, propósitos y formas de la prácticas de la disciplina u otras prácticas dentro de un contexto social*”. Acá aparecen conceptos alineados con lo que venimos desarrollando y que resaltan la importancia: de no mecanizar la resolución de problemas, de la utilización del juicio propio para la explicación y justificación, de desarrollar la curiosidad el descubrimiento y la creatividad, y por último de la importancia de poner en contexto los problemas, mostrando que las respuestas teóricas que se brindan en un vacío carente de propósitos, no representan soluciones a problemas prácticos de la vida real, esos que ocupan a los ingenieros y que el *Centro* promueve.

Además el trabajo con problemas prácticos contextualizados para los estudiantes de ingeniería, brindaría la posibilidad de integrar los conocimientos de las distintas disciplinas que los estudiantes ven en nuestras carreras, a través de los muy diversos compartimentos estancos llamados asignaturas. Las asignaturas son visiones fragmentarias de la realidad que es una totalidad continua tal como lo afirma D. Bohm [9] “*Mas bien debería decirse que es la totalidad lo que es real, y que la fragmentación es la respuesta de esta totalidad a la acción del hombre, guiado por una percepción ilusoria y deformado por un pensamiento fragmentario*”.

Será nuestra tarea entonces mostrar de modo incansable que, las divisiones para estudiar al mundo representan estrategias que sirven para analizar separadamente la complejidad de la realidad, pero que de ninguna manera, la realidad se comporta como la interacción de muchas disciplinas separadas, dado que estas últimas corresponden a una entelequia para estudiar la realidad pero que no son la realidad. En virtud de esto, mencionaremos en el último apartado dos actividades que contribuyen en este sentido tales como “*Expo Proyectos*” y el “*Rally Latinoamericano de Innovación*”, las cuales promueve el *Centro* mediante diversas acciones como por ejemplo el dictado de talleres de pensamiento creativo.

3. La importancia de la creatividad, en la enseñanza de la ingeniería

En la “*Carta a un joven que cursa el ciclo secundario y aspira a ser ingeniero pero no se atreve porque no es bueno en matemática*” el Ing. A. Bignoli [10] habla sobre la formación de ideas a partir de la percepción de la realidad que nos rodea, y señala que los ingenieros “*cosificamos ideas*”, es decir, transformamos ideas en cosas reales, -algo parecido cuando recordábamos la definición de la etimología de tecnología- en donde aparecía el concepto de hacer y fabricar, a los cuales Bignoli hace referencia diciendo que “*...la ingeniería no es ciencia, sino arte de hacer...*”. Conceptos similares aparecían también en la cuarta dimensión de la ingeniería “*el arte de concretar las cosas*”, y otra vez aparecía el *homo faber*. Todos estos conceptos se encuentran íntimamente relacionados con la creatividad.

No obstante es difícil visualizar el valor de la creatividad, dado que existen alrededor ella muchos mitos, entre ellos, el creer que las personas creativas solamente son ideadores, generadores de ideas originales y que esta función nada tiene que ver con plasmar esas ideas en la práctica. Esto último es un mito, tal como señala en reiteradas oportunidades E. Kastika “*la creatividad requiere que las ideas se plasmen en la práctica de alguna manera*”, en función de cuál sea la disciplina en la que estemos creando. Por ejemplo, los pintores plasman su creatividad en la pintura, los cantantes en sus canciones, y los ingenieros en el diseño de soluciones a problemas de la sociedad y de los procesos productivos. Lo que no significa menospreciar la generación de ideas, la cual resulta ser una etapa muy importante del proceso creativo.

El mismo autor señala que una definición consensuada para la creatividad es la capacidad de brindar “*aportes nuevos que además son valiosos*”. Estas dos condiciones, la de *nuevo* y la de *valioso*, son las que tienen que cumplir las soluciones que diseñan los ingenieros para que sean adoptadas por la sociedad. Diseñar soluciones a través de procesos creativos aumenta la probabilidad de que estos diseños representen aportes *nuevos* y *valiosos*.

El filósofo A. Koestler redujo el modelo del proceso creativo a una mínima expresión de tres fases [11]. De modo tal que previo a la generación de ideas (fase intuitiva), se le suma una fase que es la percepción de la realidad (fase lógica), y se completa el proceso con una etapa de evaluación (fase crítica) posterior a la generación de ideas, en donde las ideas generadas convergen y se valoran para poder llevarlas a la práctica.

Para cada una de las fases del proceso creativo existen diversas técnicas que aumentan las probabilidades de obtener los resultados deseados en cada una de estas fases. Nosotros vamos a ocuparnos de mostrar la importancia de las primeras dos fases que son las que consideramos muy útiles en la resolución de problemas reales, y que se dejan muy de lado en la enseñanza de la ingeniería.

En primer lugar tenemos la fase lógica en donde, volvemos al concepto que mencionaba Bignoli el de la percepción de la realidad, encontramos apropiado para esta fase lógica, el concepto de lógica fluida de E. De Bono [12], que a diferencia de la lógica rígida, -que es como denomina dicho autor a la lógica habitual que usamos por ejemplo para estudiar matemática, la lógica del “*es*” o “*no es*”-, y que la compara con el carácter estático de una piedra. La lógica fluida “*...se fundamenta en el «hacia» ¿hacia dónde fluye?, ¿hacia dónde conduce?, ¿hacia dónde señala?*”, la cual compara con el carácter fluido del agua. Esta lógica fluida evita el uso de las categorizaciones y la exclusión mutua de la lógica rígida y permite desarrollar un pensamiento en paralelo para la aceptación, combinación o alternancia de ideas opuestas. Un concepto similar también es desarrollado por L. Hill et al [13] llamado “*Creative resolution*” en donde partiendo de dos ideas, en lugar de elegir una u otra (excluyendo alguna de ellas) se elabora una tercera y nueva idea superior a las dos anteriores.

Al poner en evidencia nuestras percepciones podemos comprender cómo juegan en la comprensión de la realidad, en nuestro caso, las distintas demandas de la sociedad. Ignorar nuestras percepciones restringe las posibilidades de encontrar distintos enfoques a los problemas que nos enfrentamos, dificultando además encontrar alternativas para el diseño de soluciones apropiadas, y mecanizando nuestras respuestas. En otras palabras, estamos sesgados y por ende tenemos una visión tubular de la realidad. Esto último lejos de ayudar a generar aportes *nuevos y valiosos*, tiende a generar siempre el mismo tipo de respuestas.

Para la segunda fase del proceso creativo, la generación de las ideas, existen además de un variado conjunto de técnicas, una serie de conceptos que sirven para comprender en dónde debemos hacer hincapié si queremos desarrollar el pensamiento creativo en los estudiantes de ingeniería. Mencionaremos algunos de estos conceptos que el autor E. Kastika destaca en su libro “*Desorganización creativa organización innovadora*” [14], y que sirven para mostrar la importancia de la creatividad en la resolución de problemas a los que se enfrentan los ingenieros.

El primero de los conceptos que mencionamos cuando hablábamos de la lógica fluida, es justamente *la fluidez*. En este caso la fluidez representa la cantidad de respuestas que podemos brindar ante una consigna, es decir, la cantidad de ideas que generamos. Nuestras primeras respuestas siempre son las más comunes, si queremos encontrar ideas nuevas, debemos generar muchas de ellas.

El segundo concepto es *la flexibilidad*, y representa los distintos enfoques con los que podemos abordar un problema. Cuando somos flexibles podemos generar un abanico de ideas que representan las alternativas posibles para plantear más de una solución. La conocida anécdota que contaba E. Rutherford de medir la altura de un edificio con un barómetro, es un excelente ejemplo de los distintos enfoques se abren cuando desarrollamos nuestra flexibilidad a la hora de solucionar problemas.

El tercer concepto es *la originalidad* de las ideas, la originalidad depende del contexto, si nuestro problema no está contextualizado no podemos saber si nuestra solución es original. Para poder plasmar las ideas en la realidad, nosotros tenemos que creer genuinamente que nuestra idea es original y abrírnos camino hacia la concreción de la idea. La originalidad está relacionada con el concepto de *novedad* de la creatividad. Recordemos que el proceso creativo no termina en la generación de ideas, sino que requería que “*cosifiquemos*” las ideas, para hablar en los términos de Bignoli.

El siguiente concepto que queremos destacar es *la elaboración* de las ideas, en general en la fase de generación de ideas, éstas están poco o nada elaboradas y difícilmente se puedan llevar a la práctica formuladas en esta primera instancia, es por esto que antes de descartarlas debemos comprender si la idea tiene potencial y trabajar en su elaboración.

Por último, tenemos el concepto de *orientación al objetivo*, cuando generamos ideas tenemos que tener siempre un propósito, la consigna sirve para generar ideas en torno a dicho propósito con lo que, si bien se busca la divergencia, esto no quiere decir que podamos generar ideas que no tengan absolutamente nada que ver con la consigna. La orientación al objetivo está relacionada con el concepto de *valor* de la creatividad.

En general los estudiantes de ingeniería responden de forma automática a los problemas, salteándose estas primeras dos fases antes desarrolladas. Solo buscan clasificar el problema en una categoría ya conocida y una vez clasificado darle la solución correspondiente a dicha categoría, esto solo sirve para resolver problemas rutinarios pero en nada ayuda a resolver problemas reales. Pretendemos cambiar esta respuesta automática de los estudiantes con las distintas actividades que desarrolle el *Centro*.

4. La innovación, tema a tratar en la enseñanza de la ingeniería

Cuando damos a los estudiantes de ingeniería problemas elementales ya definidos para resolver, que más que problemas resultan ser ejercicios, forzamos a que solamente se concentren en el algoritmo a aplicar en la solución técnica. Esto está bien para entrenarlos en el uso de conocimientos técnicos básicos que deben manejar, pero deja muy poco al entrenamiento del pensamiento ingenieril en cuanto a los aspectos de diseño, implementación, operación y mantenimiento que complementan a las soluciones técnicas encontradas para dichos problemas elementales.

Así como debimos hacer una diferencia entre problemas prácticos contextualizados y ejercicios, ahora debemos diferenciar las soluciones estrictamente técnicas (*dadas en el vacío*) de las soluciones innovadoras. Dado que estas últimas son las que frecuentemente se dejan de lado, vamos a mencionar distintas metodologías que permiten, a quienes las utilizan, diseñar soluciones innovadoras. Es decir, en aquellas que deben ser adoptadas en una sociedad o en una organización, y que contienen la solución técnica pero que de ninguna manera se limitan a ésta. En este tipo de metodologías siempre está presente el contexto del problema.

Tal como lo indica la guía introductoria del instituto de diseño de la universidad de Stanford [15], el Design Thinking es una metodología basada en un modelo de proceso creativo de cinco etapas. Esta metodología requiere que se tenga en consideración además de la factibilidad técnica y la viabilidad económica, el hecho de satisfacer el deseo de las personas para quienes estamos diseñando la solución. Es decir, cubrir una necesidad real que asegure la adopción de la solución convirtiéndola de esta manera en innovadora.

Existen también, estrategias pedagógicas ampliamente adoptadas por diversos países del mundo que contribuyen en el mismo sentido que lo hace el proceso de Design Thinking. Dichas estrategias permiten también que los estudiantes vean los conocimientos que se imparten de un modo integrado y no en compartimentos estancos a los que nos referíamos.

Una de estas estrategias es la llamada STEM, acrónimo en inglés que agrupa los términos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática. H. Bochs et al [16], señalan que dentro de este paradigma *“Se requiere que los jóvenes adquieran una preparación integrada e interdisciplinaria de ciencias y matemática, particularmente para entender problemas complejos de ingeniería...”*, tal como venimos señalando esta estrategia o paradigma de enseñanza se basa en una visión integral de las disciplinas que utiliza la ingeniería y se apoya en la experimentación en la cual *“...es preciso utilizar las tecnologías y metodologías actuales, que se emplean en la industria y en los laboratorios de investigación, basados fundamentalmente en el uso de sistemas de adquisición, procesamiento y representación de la información”*, es decir trabajar con elementos del contexto profesional.

Como vemos esta estrategia posee un carácter integrado, eminentemente práctico y que considera la complejidad de los problemas de ingeniería, en donde se valoran las actividades en contextos no áulicos que resultan más parecidos a los reales *“El entrenamiento debe basarse sobre talleres sistemáticos y extensos para que se adquiera la práctica de la experimentación con recursos educativos específicamente desarrollados”*, esta especial atención en el desarrollo de recursos educativos, debe estar centrada en aspectos más cercanos a la praxis real del ingeniero que a la repetición automática de experiencias guiadas. El Centro fomentará la participación en ámbitos contextualizados no áulicos.

Alineados con los conceptos sobre los cuales se basa el proceso de Design Thinking y la estrategia de STEM, anteriormente descriptos, se encuentra el modelo CDIO, acrónimo que significa, Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, todas estas resultan ser acciones que,

como mencionábamos, son dejadas de lado cuando los estudiantes de ingeniería resuelven problemas rutinarios, como muchos de los que se plantean en nuestras carreras.

Tal como se describe en el sitio web oficial [17] CDIO surgió en base a las demandas que el mercado requería sobre el perfil que deberían tener los ingenieros egresados, en dicho sitio como ejemplo señala a “*los atributos de los ingenieros deseables por Boeing*”.

De esta manera en el año 2001 surgió la primera versión del syllabus con una lista de rúbricas, en el 2010 se definió la segunda versión del syllabus y se definió la versión 2.0 de los estándares CDIO. En dicho estándar, se describe en qué se basa un programa CDIO “...se basa en el principio de que el desarrollo y la utilización de productos, procesos y sistemas constituyen el contexto apropiado para la formación en ingeniería. Concebir-Diseñar-Implementar-Operar es un modelo del ciclo vital completo del producto, proceso o sistema. La etapa Concebir comprende definir las necesidades del cliente; considerar la tecnología, la estrategia empresarial y las regulaciones; y, por último, desarrollar el plan conceptual, el plan técnico y el plan de negocio. La etapa Diseñar se centra en la creación del diseño, esto es, los planos, representaciones y algoritmos que describen lo que será después implementado. La etapa Implementar se refiere a la transformación del diseño en el producto, proceso o sistema, incluyendo su manufactura, codificación, testeo y validación. Y la última etapa, Operar, se refiere a la utilización el producto o proceso implementado para entregar el resultado esperado; esta etapa incluye el mantenimiento, el perfeccionamiento y el retiro final del sistema”.

Tanto el Design Thinking como el STEM y el CDIO, son distintas alternativas de las cuales nos podemos valer para incorporar el tema de la innovación en la enseñanza de la ingeniería, puesto que muestran la importancia de centrarse en brindar soluciones innovadoras, en lugar de quedarse solo con resolver el problema técnico, entendemos que el *Centro* es un instrumento apropiado para fomentar y apoyar la incorporación de estas alternativas.

5. Promover el espíritu emprendedor, en la enseñanza de la ingeniería

Luego de destacar la importancia de la creatividad y la innovación en la enseñanza de la ingeniería, nos interesa reflexionar respecto de en qué forma promocionamos, si es que lo hacemos, el emprendedorismo en la enseñanza de la ingeniería.

Existen en muchas carreras asignaturas que tratan el tema, y aunque no en todas, algunas lo hacen desarrollando principalmente conceptos teóricos relacionados con el emprendedorismo, caracterizando a los emprendedores y a sus emprendimientos, conceptos tales como podemos encontrar en “*Creatividad para emprendedores*” de E. Kastika [18] en donde se aborda la temática describiendo cuestiones tales como, las “*actitudes para emprender*”, los “*componentes del emprendimiento*”, el “*entorno emprendedor*” y los “*modelos de emprendedores*”, estas cuestiones, si bien son resultado de anécdotas e ideas prácticas para los estudiantes no dejan de ser conceptualizaciones de una experiencia que ellos no tuvieron.

Otros enfoques que también resultan interesantes sobre la temática, son los que aparecen en “*El libro negro del emprendedor*” de F. Trias de Bes [19] el cual se basa en una recopilación de lo que el autor llama “*Factores Claves de Fracaso*” agrupados en relación a los “*las personas que emprenden*”, “*los socios*”, “*la idea de negocio*”, “*la situación familiar del emprendedor*” y “*la gestión del crecimiento*”, entre los que se encuentran por ejemplo “*Emprender con motivo, pero sin una motivación*”, “*Escoger socios sin definir criterios de elección relevantes*”, “*Pensar que la idea depende del éxito*”, “*Emprender sin asumir el impacto que tendrá sobre nuestro equilibrio vital*”, y “*Crear modelos de negocio que no dan beneficios rápidamente y de modo sostenible*”. Estas visiones, al igual que en el caso anterior

son extraídas de experiencias reales, puntualmente en este último caso, extraídas de entrevistas a emprendedores que tuvieron varios fracasos.

Estas visiones se pueden interpretar como conceptualizaciones de experiencias ajenas, que en el mejor de los casos, los estudiantes de ingeniería pueden tomar como recomendaciones a tener en cuenta, pero que no desarrollan necesariamente competencias de emprendedores.

Una situación similar sucede cuando describimos las herramientas que en general suelen usar los emprendedores para diseñar y ordenar sus actividades dentro de un modelo de negocio tal como *Canvas* desarrollado por A. Osterwalder [20], en el cual, mediante nueve bloques conceptuales se internacionalizan las distintas actividades y consideraciones que deben tener en cuenta los emprendedores en su negocio.

Describimos estas herramientas con ejemplos teóricos o prácticos pero que, en general, no pertenecen al espacio de experiencias propias de los estudiantes. Dentro de esta categoría de conceptualizaciones de experiencias ajenas también caen los instrumentos financieros y los distintos programas de capital semilla e incubadoras que se ofrecen desde el Estado.

Entonces en nuestro rol de formadores de ingenieros, debemos tomar consciencia de que las conceptualizaciones antes mencionadas si bien resultan útiles y son necesarias, ellas tratan *“acerca del emprendedorismo”*, pero *“no promueven el espíritu emprendedor”* necesariamente, si es que ello fuera posible.

Sabemos que de ninguna manera ellas son suficientes para desarrollar las competencias de emprendedorismo entre los estudiantes. Aunque sirvan para interesarlos en el tema, puesto que tal como lo señala S. Bilinkis [21] (quien figura en el ranking de la revista Inc., Edición Cono Sur de los 50 emprendedores más influyentes de la Argentina), una de las cualidades de los emprendedores es su carácter eminentemente pragmático.

Bilinkis describe el pensar y actuar de los emprendedores mediante una analogía que conceptualmente reza de la siguiente manera -supongamos que tenemos un pato de hule y queremos saber si éste flota o se hunde cuando lo arrojamamos al agua, las *“personas comunes”* probablemente realicen suposiciones teóricas al respecto diciendo que los patos de hule son huecos y que dado que contienen aire en ese hueco flotarán, otros dirán que también existen los patos de hule macizos y que en realidad al ser más pesados que el agua irremediablemente se hundirán y así siguen las discusiones teóricas de modo indeterminado-. En cambio los emprendedores, señala Bilinkis, inmediatamente arrojan el pato de hule al agua y observan qué pasa, lo que ejemplifica el carácter eminentemente pragmático de los emprendedores, al que referíamos anteriormente.

Debemos aclarar que esta analogía se adapta muy bien a las posibilidades de los llamados *“emprendimientos de alto impacto”* y de rápido crecimiento, los cuales se desarrollan a través de plataformas digitales sobre las cuales resulta más fácil *“arrojar el pato de hule al agua y ver si flota”*.

Para los *“emprendimientos del tipo productivo”*, los cuales a diferencia de utilizar una plataforma digital se desarrollan en el seno del sector productivo la cosa cambia radicalmente. Con lo que no solamente no resulta tan fácil *“arrojar el pato de hule al agua y ver si flota”*, sino que también dichos emprendimientos resultan menos atractivos para los inversores que buscan alta y rápida rentabilidad como la que es propia de los emprendimientos de alto impacto de los entornos digitales, muy desarrollados actualmente alrededor del *e-commerce*, sea aplicado a bienes o a servicios.

Debido a esto último cada vez que intentemos enseñar algo sobre emprendimientos debiéramos explicitar sobre cuál de los dos tipos, antes mencionados, nos referimos.

Pero esta diferencia pareciera que no va a perdurar por siempre, existen algunos indicios de cambios futuros para aquellos que desarrollarán emprendimientos en el sector productivo, tal como señala C. Anderson [22] *“Debido a los conocimientos, el equipamiento y los costes implicados en producir cosas a gran escala, la fabricación ha sido sobre todo una cuestión de grandes empresas y profesionales muy bien formados. Todo ello está a punto de cambiar. ¿Por qué?. Porque hacer cosas se ha vuelto digital: ahora los objetos físicos empiezan siendo diseños en pantalla, y esos diseños pueden ser compartidos en línea en forma de archivos”*. En este sentido el autor señala una especie de convergencia, o mejor dicho de traslado de conceptos clave que poseen las plataformas digitales hacia los entornos productivos. Pone por ejemplo el carácter de “programable” que posee la fábrica Tesla Motors como sigue *“...Gilvert Passin, vicepresidente de manufacturación de Tesla, explicó que la fábrica es como una gigantesca maquina CNC (puede ser configurada para producir casi cualquier cosa) la fábrica entera es programable y cada coche será diferente. La misma planta puede hacer al mismo tiempo varios modelos de coche totalmente distintos con componentes muy diferentes, incluso alternándolos”*, este aspecto de configurable o programable es a lo que llegó hace muchos años atrás la industria informática, antiguamente las computadoras se diseñaban y construían con propósitos específicos (bélicos, meteorológicos, contables, etc.) hoy las computadoras son configurables, programables, es decir, multipropósito. Este ejemplo muestra cómo podrían ser los escenarios futuros de los emprendedores productivos, y permite reflexionar en este sentido sobre cuáles son los conocimientos que le serían útiles a los estudiantes de ingeniería, anticipándoles sobre los próximos posibles cambios de paradigmas respecto de las tecnologías de producción.

6. Reflexiones finales

Al mostrar las diferencias existentes que giran en torno a los problemas que enfrentan los estudiantes de ingeniería en relación con los verdaderos problemas que atienden los ingenieros, quisimos poner en evidencia la conveniencia y los aportes que representaría tener en consideración a la creatividad, la innovación y el emprendedorismo en la enseñanza de la ingeniería.

Pero aun así nos surgen algunas preguntas, en relación a los problemas a los que se enfrentan los estudiantes de ingeniería que queremos compartir con ustedes, tales como: ¿deberíamos considerar estrategias activas de aprendizaje que pongan en el centro a los estudiantes? Como por ejemplo, técnicas de aprendizaje basado en problemas o en proyectos, las cuales trabajan con situaciones problemáticas reales y/o problemas prácticos contextualizados.

¿Cómo podríamos utilizar los conceptos vistos sobre la creatividad, para contribuir a desarrollar el pensamiento ingenieril? ¿Cuáles son las metodologías que debemos desarrollar para que los estudiantes comprendan la diferencia entre soluciones técnicas y soluciones innovadoras, y aprendan a generar estas últimas para brindar soluciones adoptables por la sociedad? ¿Son en verdad la pedagogía STEM y la visión CDIO una respuesta? y en tal caso, ¿cómo se los podrían implementar con las limitaciones propias de las universidades públicas de nuestro país?

¿Cómo desarrollar en los estudiantes el carácter eminentemente pragmático de los emprendedores en contextos universitarios, cuándo no existen en ellos suficientes espacios dedicados a la prueba y el error?

Entendemos que estos interrogantes requieren cambios que implican la formación del cuerpo docente. Quisimos compartirlos con ustedes, porque creemos que representan grandes desafíos, pero que no por ello son cuestiones a las que no se les puede dar respuesta.

Por ello, en la Universidad Nacional de La Matanza, estamos creando el “*Centro de Innovación, Creatividad y Emprendedorismo*”. Este *Centro* pretende ser un principio de respuesta a estas cuestiones y atender las distintas demandas enunciadas en el presente trabajo. Una de las cuestiones por la que somos optimistas al respecto, es que su estructura permitiría ser un instrumento de respuesta ágil y dinámica, si se lo compara con los tiempos involucrados en las acciones tradicionales de cambios y acreditación de nuevos planes de estudios.

En este sentido, nos gustaría cerrar el presente documento señalando algunas actividades que comienza a desarrollar dicho *Centro*, las cuales tienden a dar respuesta a las problemáticas que anteriormente planteamos.

Promover actividades en donde los estudiantes de ingeniería resuelven problemas reales tales como “*Expo Proyecto*”, exposición que organiza anualmente el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM, donde se muestran diversas “*cosificaciones*” que realizan grupos de estudiantes avanzados de ingeniería partiendo de ideas que generan para la resolución de problemas reales.

Articular esta actividad, por un lado tanto con los estudiantes del secundario así como con los estudiantes de los primeros años de ingeniería, de manera tal que desde el inicio de la carrera se encuentren en contacto con problemas reales, y no solo con los abstractos que les ofrecen las ciencias básicas. Por otro lado, trabajar con los estudiantes que presentan sus creaciones para que a sus ideas a nivel prototipo medianamente elaboradas, las desarrollen y les sumen un modelo de negocio, que les permitan enfrentar con mejores herramientas su etapa de producción.

Brindar apoyo a potenciales iniciativas de innovación en la enseñanza de la ingeniería tales como implementación de estrategias activas de aprendizaje, uso del Design Thinking, implementación de pedagogía STEM y modelo de enseñanza CDIO. Así como también observar tendencias sobre las temáticas que desarrolla el *Centro* y generar documentos, cursos, talleres, cátedras abiertas y demás instrumentos similares para profesores, estudiantes y graduados que contribuyan con la difusión y promoción de dichas temáticas.

Promover la participación en experiencias tales como el “*Rally Latinoamericano de Innovación*”, en donde estudiantes y profesores deben idear una solución para un desafío (problema real complejo y poco o nada definido) elegido por ellos entre los que ofrece el concurso, y producir un modelo de negocio con el formato Canvas más un video breve en donde se describe la solución elaborada en las treinta horas que dura el Rally.

Estas actividades, y otras que surjan, las abarcaremos en el *Centro* porque las entendemos como críticas para brindar respuesta, a corto plazo, a los interrogantes que nos planteamos, y así poder dar el primer paso para formar profesionales de la ingeniería con un perfil integral para el siglo XXI.

7. Referencias

- [1] Tatarkiewicz, W., & Martín, F. R. (2002). Historia de seis ideas: arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética. ISBN13 9788430915187.
- [2] Lerch, C. J., & De Vedia, L. A. (2013). El conocimiento tecnológico y el conocimiento ingenieril en la formación del ingeniero para un mundo cambiante. La Educación del Ingeniero en un mundo cambiante.

- [3] Sábato, J. A., et al. (1982). La producción de tecnología; autónoma o transnacional (No. INVES-ET E14a S113). Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales, México, DF (México).
- [4] A. D. de Figueiredo. (2008). "Toward an epistemology of engineering", Workshop on Philosophy and Engineering , The Royal Academy of Engineering, London, November, 2008, pp. 94-95.
- [5] McCafferty, G. (2016). "¿Es este autobús 'comeautos' la solución al problema de tráfico en las grandes ciudades?". CNN. Publicación electrónica (30 de Mayo).
- [6] Vesga, J. J. (2013). "Cultura organizacional y sistemas de gestión de la calidad: una relación clave en la gestión de las instituciones de educación superior". En: Revista Guillermo de Ockham 11(2). pp. 89-100.
- [7] Polya, G. G. (1965). Cómo plantear y resolver problemas. Editorial Trillas. México.1965.
- [8] Perkins, D. (2010). El aprendizaje pleno. Principios de la enseñanza para transformar la educación. Editorial Paidós.
- [9] Bohm, D. (2008). La totalidad y el orden implicado. Editorial Kairós.
- [10] Bignoli, A. J. (2008). Carta a un joven que cursa el ciclo secundario y aspira a ser ingeniero pero no se atreve porque no es bueno en matemática (No. 62 620). e-libro, Corp.
- [11] Rodríguez Estrada, M. (1985). Manual de creatividad "Los procesos psíquicos y el desarrollo. Editorial Trilleras.
- [12] De Bono, E. (1996). Lógica fluida: la alternativa a la lógica tradicional. Editorial Paidós.
- [13] Hill, L. A., Brandeau, G., Truelove, E., & Lineback, K. (2014). Collective genius. Harvard business review, 92(6), 94-102.
- [14] Kastika, E. (2001). Desorganización creativa organización innovadora. Macchi Grupo Editor.
- [15] Gonzalez, F. (2012). Mini guía: una introducción al Design Thinking+ Bootcamp bootleg. Hasso Platner, Institute of design at Stanford.
- [16] Bosch, H. E., Di Blasi, M. A., Pelem, M. E., Bergero, M. S., Carvajal, L., & Geromini, N. S. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. Avances en Ciencias e Ingeniería, 2(3), 131-140.
- [17] <https://www.cdio.org>
- [18] Kastika, E. K. (2007). Creatividad para emprendedores: anécdotas e ideas prácticas para personas que quieren emprender negocios.
- [19] Trias, F. (2007). El libro negro del emprendedor. Barcelona-España. Editorial Urano. Colección Empresa Activa.
- [20] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2013). Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers. John Wiley & Sons.
- [21] Bilinkis S., Mirkin K., Jecic D. y Palladino N. (2015). Charla: ¿Incubadoras, aceleradoras, company builders o por tu cuenta? Cómo Emprender en América Latina. Centro de emprendedores de la Universidad de San Andres.
- [22] Anderson, C. (2013). Makers: la nueva revolución industrial. Editorial Empresa Activa.

EXPERIENCIA CURRICULAR DE INNOVACIÓN Y EMPREENDEDORISMO EN INGENIERÍA.

Marta D. Castellaro, UTN Santa Fe, mcastell@frsf.utn.edu.ar

Lara Zingaretti, UTN Santa Fe, larazingaretti@hotmail.com

Laura I. Zanitti, UTN Santa Fe, lizanitti@frsf.utn.edu.ar

Resumen— Existe consenso general respecto a que los emprendedores son una pieza estratégica en el escenario económico global. En Argentina se lo considera clave para el desarrollo regional y distintos sectores buscan contribuir a su fortalecimiento. El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería aborda el emprendedorismo a través del Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería, en el Plan estratégico de formación de ingenieros 2012-2016 y en el documento sobre Competencias en Ingeniería (2014) donde reconoce como una de las diez competencias genéricas el “actuar con espíritu emprendedor”. Hay poco consenso en cómo trabajar para que se alcancen esas capacidades, teniendo en cuenta las dificultades estructurales en la enseñanza del espíritu empresarial, tanto dentro como fuera del aula. En este trabajo se presenta la experiencia de una asignatura electiva (para todas las carreras), en la que se indagan distintas posturas para abordar el emprendedorismo desde el ámbito universitario: el proceso emprendedor, las competencias requeridas por los profesionales de ingeniería, la creatividad como proceso y la Innovación. Además se enfatiza el autoconocimiento del estudiante y se promueven actividades para la generación de redes, con un equipo docente multidisciplinario que favorece una visión integral y compleja.

Palabras clave— *competencias ingenieriles, emprendedorismo, vivencias académicas.*

1. Introducción

Los escenarios actuales de desempeño de los ingenieros se han complejizado, y encontramos que, cada vez más, deben poseer competencias que les permitan enfrentarse a situaciones y dinámicas cambiantes, donde la respuesta convencional ya no resuelve el problema que se les presenta. Los ingenieros, cada vez con mayor asiduidad, deben poner en juego las competencias de emprendedorismo y creatividad para desempeñar sus roles de forma eficaz y eficiente.

Estamos inmersos en lo que denominan la “transformación de los procesos productivos” [1], por lo que para aumentar la productividad no se requiere exclusivamente de equipos y tecnología punta, sino que también se precisa, “de nuevas formas de gestión, organización, capacitación y desarrollo de los trabajadores, que propicien el uso racional y eficiente de los recursos y estimulen el potencial creativo e intelectual de todos los integrantes de la organización”. Para dar respuesta a esa nueva exigencia de capacitación y desarrollo de los trabajadores en un contexto global cambiante, cada vez más complejo, hay que trascender la “formación para el empleo” o “para el puesto de trabajo”, vigente hasta hace relativamente poco tiempo, centrándose en el nuevo enfoque de formación de competencias vinculado a la corriente desarrollo de los recursos humanos.

Históricamente la formación profesional estuvo centrada en la transmisión de conocimientos técnicos específicos, es decir, aquellos conocimientos ligados a saberes referidos al saber cómo y, fundamentalmente, al saber porqué, en el marco de una disciplina específica. Como complemento a este tipo de conocimientos, la formación clásica también incluye la transmisión de conocimientos técnicos de gestión, generalmente a través de la explicación y aplicación de herramientas de gestión útiles y necesarias para el desempeño profesional. En general, esta visión proviene de un paradigma que asume que la formación técnica es suficiente para garantizar el empleo de los nuevos profesionales.

En el contexto actual, el mercado laboral, específicamente la demanda de trabajo, se ha complejizado en función de fuertes cambios contextuales, exigiendo a los nuevos profesionales no solo conocimientos técnicos específicos, sino también capacidades, habilidades y actitudes, en definitiva, competencias reconocidas como clave para cada espacio de trabajo [2].

La adaptación a este nuevo contexto por parte de las unidades académicas formadoras de ingenieros requiere el tránsito de un cambio de paradigma. Partiendo de la tradicional formación de profesionales para el empleo, se hace hoy necesario centrarse conceptualmente en una formación para el trabajo. Esto coloca en un plano igualitario el trabajo dependiente, el trabajo independiente y la creación de organizaciones que brinden el espacio para el propio trabajo a la vez del de otros [3].

En nuestro país, la necesidad de formación en creatividad y emprendedorismo se intentará solucionar, a nivel nacional, desde varios ámbitos. Por un lado, encontramos que el gobierno nacional, reconociendo la necesidad de perfiles ingenieriles para el desarrollo del país, ha generado un “Plan Estratégico de Formación de ingeniero 2012 – 2016” [4] en el que se generan planes de acción tendientes a despertar vocaciones ingenieriles, favorecer la permanencia en los estudios técnicos y mejoramiento de Indicadores Académicos en ingeniería. Por otro lado, el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) ha generado numerosas investigaciones donde se detallan las competencias generales de los ingenieros [5]. En estos documentos, se incluye la competencia de actuar con espíritu emprendedor reconociendo la importancia de la innovación y la creatividad en la formación del Ingeniero. En [6] se CONFEDI señala que, entendiendo a las competencias como “la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales” es necesario “, es necesario pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión, es decir, desde el desempeño, desde lo que el ingeniero efectivamente debe ser capaz de hacer en los diferentes ámbitos de su quehacer profesional y social en sus primeros años de actuación profesional.

DAndrea en 2009 [7] , reportó un artículo “El carácter emprendedor, ¿escrito en los genes?”, donde señala que el Dr. Craig Venter, reconocido como uno de los padres del Proyecto Genoma Humano, ha descifrado y analizado en forma íntegra su propia secuencia genética a partir de unos 32 millones de fragmentos de su ADN. Este investigador descubrió se estima en un 40 por ciento la incidencia de la herencia genética en la personalidad emprendedora-innovadora. El 60 por ciento restante, se explica por factores no genéticos adquiridos a través de la educación, el ambiente social, etc. En definitiva, innovador se nace y se hace. Desde la formación, resulta entonces importante aportar a ese 60 %, estimulándolo con un acercamiento a la Innovación y a la gestión de emprendimientos.

Pero el concepto “espíritu emprendedor”, como tal, es un concepto blando que recibe diferentes definiciones y, por lo tanto, diferentes usos en distintos contextos de la formación de ingenieros. Desde hace varios años existe un amplio consenso respecto a la importancia de

promover una formación universitaria que estimule el espíritu emprendedor, pero sin embargo aún se discute bastante respecto a cómo abordarlo.

Hay quienes sostienen que la formación del espíritu empresarial, tal como se practica actualmente, no funciona. Un artículo de la revista FORBES Entrepreneurs [8] de este año señala que en E.E.U.U., en los últimos años han aumentado mucho los programas en colegios sobre emprendedorismo, mientras que las tasas de emprendedores jóvenes han disminuido durante el mismo período. Algunos análisis indican que para la mayoría de los estudiantes de universidades de todo el país, el estudio de la iniciativa empresarial es una diversión intelectual agradable, pero no es una elección profesional, como ruta o compromiso. En ese mismo artículo se señala que esto se debe en gran parte, a “dificultades estructurales” en la enseñanza del espíritu empresarial, entre las que se encuentran:

- ✓ *Orientación a la acción, no basada en el conocimiento:* comenzar un negocio es similar a un esfuerzo atlético, como servir una pelota de tenis. No basta decir cómo hacerlo, se consigue mediante una combinación de la práctica, entrenamiento y repeticiones.
- ✓ *Tolerancia al fracaso:* esta es una representación razonable de lo que sucedería en el inicio de un negocio; la mayoría de las empresas fracasan y la mayoría de los emprendedores tienen un fracaso en sus inicios. El truco es conseguir suficiente cintura para levantarse e intentarlo de nuevo. Pero las escuelas en general, no toleran el fracaso; los estudiantes no pueden aceptarlo.
- ✓ *Convicciones:* brindar muchos conocimientos y pautas para iniciar un negocio puede desalentar a los estudiantes; lo que se necesita sobre todo para iniciar un negocio es el valor, convicción, confianza, creencia, corazón, espíritu, perseverancia.

Luego, ¿Cómo se enseña el espíritu empresarial? Es todo un desafío.

Si bien en nuestra región existen pocos estudios que, de manera sistemática, reflexionen sobre la educación emprendedora y la incidencia de ésta en los estudiantes, resultan interesantes algunos datos obtenidos del Estudio Línea de Base del Programa Regional de Emprendimiento e Innovación en Ingeniería (PRECITYE) en 2012 [9]. Esos datos permiten tener un punto de referencia para dimensionar la propensión de los estudiantes de ingeniería en Argentina respecto de la posibilidad de emprender y la percepción que estos tienen de las acciones realizadas por las distintas Facultades para promover el espíritu emprendedor. El análisis muestra que, al menos desde la percepción de los estudiantes, la importancia de los espacios curriculares existentes dedicados al emprendedorismo es limitada o presenta áreas de vacancia. Es decir, en general los estudiantes o no encuentran actividades de promoción del desarrollo emprendedor o no consideran suficientes este tipo de intervenciones, al menos respecto de sus expectativas.

El interrogante que surge es entonces ¿cuánto se podría avanzar o lograr en relación a la opción de emprender si en la currícula universitaria se incorporara de forma sistemática la formación emprendedora? Es decir, ¿cuánto más se podría aprovechar las tendencias y capacidades emprendedoras que los estudiantes tienen, con una formación emprendedora sistemática?

En [10] se plantea que “el campo de los estudiantes se presenta como fértil y ávido de recibir formación emprendedora, por lo que la universidad debe constituirse como actor clave en fortalecer esas habilidades. Además es posible afirmar que, en tanto las actividades de promoción del espíritu emprendedor y orientadas a difundir la opción emprendedora como una opción de desarrollo personal y profesional sean más visibles para los estudiantes, es esperable que un mayor grupo de estos incorpore dicha opción, la considere como deseable y factible, y hasta la prefieran como espacio de desarrollo del ejercicio profesional.

Desde nuestra perspectiva, nos parece oportuno comentar la experiencia interdisciplinaria llevada a cabo en la UTN – FRSF en la cátedra “Innovación y emprendedorismo”. Pretendemos detallar qué aportes se realizan desde cada disciplina y cómo impactan en la formación y entrenamiento integral del ingeniero. Consideramos que describir las prácticas cotidianas, posibilitará compartir experiencias entre alumnos y docentes de educación superior en general e ingeniería en particular enriqueciendo nuestras prácticas diarias y generando impacto en la relación enseñanza - aprendizaje.

En este trabajo realizamos un sustento teórico de distintos autores expertos en el tema de competencias, y también un recorrido por las competencias para ingenieros desarrolladas por el CONFEDI. Asimismo, nos nutrimos de trabajos relacionados con la temática, desarrollados en otras Universidades de Argentina y del mundo. Materiales y Métodos

Existen diversas metodologías que facilitan la generación y captura de conocimiento en las organizaciones, y la reflexión sistemática y colectiva de los equipos de trabajo con el fin de identificar Lecciones Aprendidas. Para la realización de este trabajo, hemos utilizado la metodología cualitativa de estudio de caso propuesta en [11]. En concreto, consideramos que esta metodología permite comprender y aprehender la realidad, desde una mirada comprensiva del contexto; es decir, nos permite descubrir nuestra práctica docente en la materia de Innovación y emprendedorismo considerando las particularidades de los alumnos, los contenidos curriculares y el contexto en dónde desarrollamos esta asignatura.

Considerando que para cada caso se exige contextualizar la situación que vamos a describir, nos parece oportuno comentar aquí que la cátedra es transversal a todas las ingenierías que se dictan en nuestra Facultad: Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Sistemas de Información. Se ha implementado como una “Electiva Institucional” que pueden tomar alumnos de cualquier carrera con unos prerrequisitos básicos, que se integra con la Subsecretaría de Vinculación Tecnológica de la Facultad. El equipo de la cátedra está integrado por docentes de distintas disciplinas y se incorporan docentes invitados en algunos temas específicos de interés.

2. Desarrollo del Caso

2.1 Conceptos Afines

Teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo, reconocemos algunos conceptos teóricos que nutren y transversalizan a nuestra práctica cotidiana de enseñanza – aprendizaje. En este apartado se desarrollarán los conceptos de competencias y emprendedorismo. Consideramos importante definirlos ya que así lograremos consensuar criterios semánticos y compartir experiencias con comprensión en la complejidad del fenómeno.

Muchos autores se han acercado al estudio de las competencias, sobre todo, aunque no de manera exclusiva, desde el ámbito de la empresa para la selección y organización de recursos humanos y desde disciplinas como la Psicología Industrial, del Trabajo y de las Organizaciones y Sociología del Trabajo; y más recientemente, desde los ámbitos educativo y social. Sin embargo, no hay unanimidad a la hora de definir un concepto, que podríamos adjetivar de dinámico y en permanente construcción. El concepto de competencia aparece en la actualidad en los ámbitos más diversos, sin embargo, no se utiliza de manera uniforme ni se aplica siempre con acierto. La falta de unanimidad, así como las dificultades para definir un concepto que cuenta con poco más de tres décadas de existencia, sigue presente en nuestros días. En [12] se afirma que “no existe una definición clara y unánime de las competencias. La palabra se presta a usos múltiples y nadie podría dar LA definición”. Así pues, ante la

pregunta de ¿qué se entiende por competencias? Debemos afirmar que la respuesta al interrogante planteado no es tarea fácil, ya que nos encontramos ante un concepto que ha dado lugar a variadas y diferentes definiciones. Por lo que, podemos concluir, que el estudio de las competencias muestra una diversidad conceptual, y disciplinar, difícil de acotar.

Con respecto al concepto de competencia, Spencer & Spencer [13] ya expresaban que es una característica subyacente en un individuo que esta causalmente relacionada a un estándar de efectividad y/o a una performance superior en un trabajo o situación. Siguiendo a los autores sus componentes son:

- Característica subyacente: significa que la competencia es una parte profunda de la personalidad y puede predecir el comportamiento en una amplia variedad de situaciones y desafíos profesionales.
- Causalmente relacionada: significa que la competencia origina o anticipa el comportamiento y el desempeño.
- Estándar de efectividad: significa que la competencia realmente predice quien hará algo bien o pobremente, medido sobre un criterio general o estándar.

Se plantea que es una habilidad o atributo personal de la conducta de un sujeto, que puede definirse como característica de su comportamiento, y, bajo la cual, el comportamiento orientado a la tarea puede clasificarse de forma lógica y fiable.

Por su parte, Lévy Leboyer [14], mencionan que existe, “una diferencia clara entre aptitudes y rasgos de personalidad por una parte y competencias por otra. Los primeros permiten caracterizar a los individuos y explicar la variación de sus comportamientos en la ejecución de tareas específicas; las segundas afectan a la puesta en práctica integrada de aptitudes, rasgos de personalidad y también conocimientos adquiridos para cumplir bien una misión en el marco de una empresa que la ha encargado al individuo y dentro del espíritu de sus estrategias y de su cultura”.

Existen diversas clasificaciones de las competencias, las mismas pueden ser clasificadas en:

- Competencias relacionadas con EL SABER: conocimientos técnicos y de gestión.
- Competencias relacionadas con el SABER HACER: habilidades innatas o fruto de la experiencia y del aprendizaje.
- Competencias relacionadas con el SER: aptitudes personales, actitudes, comportamientos, personalidad y valores.

Las competencias van más allá de los aspectos técnicos, metodológicos o procedimentales; resaltándose, la importancia de las competencias individuales, relacionales, sociales y participativas [15]. En esta línea, Bunk [16] identifica la siguiente tipología de las competencias que, como él mismo indica, también incluyen los “comportamientos personales y sociales”, además de los técnico-metodológicos:

- Competencia técnica: posee aquel que domina como experto las tareas y contenidos de su ámbito de trabajo, y los conocimientos y destrezas necesarios para ello.
- Competencia metodológica: aquel que sabe reaccionar aplicando el procedimiento adecuado a las tareas encomendadas y a las irregularidades que se presenten, que encuentra de forma independiente vías de solución y que transfiere adecuadamente las experiencias adquiridas a otros problemas de trabajo.
- Competencia social: aquel que sabe colaborar con otras personas de forma comunicativa y constructiva, muestra un comportamiento orientado al grupo y un entendimiento interpersonal.

- Competencia participativa: aquel que sabe participar en la organización de su puesto de trabajo y también de su entorno de trabajo, es capaz de organizar, decidir y está dispuesto a aceptar responsabilidades.

Podemos encontrar otras formas de acotar o tipificar las competencias. En [17] se considera que las competencias se clasifican en tres categorías o tipos:

- Competencias específicas: corresponden a conocimientos, destrezas y actitudes requeridas para el desempeño en una actividad profesional específica.
- Competencias genéricas: son comunes a un conjunto de sectores, pero dentro de una misma ocupación.
- Competencias esenciales: también llamadas habilidades, pueden referirse a resoluciones de problemas, comunicación y actitudes personales o competencias aritméticas, uso de información tecnológica

Por su parte el CONFEDI define el concepto de competencia como la “capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”. Esta definición nos permite comprender que las competencias:

- “Aluden a capacidades complejas e integradas.
- Están relacionadas con saberes (teórico, contextual y procedimental).
- Se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional).
- Están referidas al contexto profesional (entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer).
- Están referidas al desempeño profesional que se pretende (entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido).
- Permiten incorporar la ética y los valores” [5].

Acordamos con esta definición ya que propone un sistema complejo de capacidades, actitudes, saberes y comportamientos, sostenido por valores morales que permiten un crecimiento no sólo técnico sino también humano de los ingenieros.

A continuación, describimos brevemente las competencias que el CONFEDI define como propias del egresado de ingeniería:

1. Competencias Tecnológicas:

- Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

2. Competencias Sociales, Políticas Y Actitudinales:

- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Competencia para comunicarse con efectividad.
- Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
- Competencia para actuar con espíritu emprendedor.

Cabe aclarar que si bien se las ha clasificado siguiendo un orden numérico, el mismo no responde a un orden de importancia o jerarquía, sino sólo al efecto de poder identificarlas rápidamente en su tratamiento. Como se puede observar, una de las competencias definidas por el CONFEDI es el emprendedorismo.

En nuestro caso, hablamos de competencias emprendedoras cuando nos referimos a aquellas que permiten a los sujetos desarrollar un proyecto emprendedor con el que generar crecimiento económico y cohesión social, configurándose de esta manera como un proyecto social integrado. La particularidad de estas competencias, además de favorecer las iniciativas emprendedoras, radica en que ofrece una visión más amplia, más allá de lo puramente laboral-empresarial. Contemplan un objetivo más ambicioso que es el de hacer capaces a los sujetos en su dimensión personal (autonomía y autorrealización), social (responsabilidad social y medioambiental) y económica (proyecto empresarial). Se reúnen aspectos significativos que son básicos para el bienestar social y personal; y así se puede hablar de un enfoque sobre las competencias que implica la necesaria interrelación entre las dimensiones personal, social y económica del ser humano.

3. Experiencia de cátedra

Habiendo ya contextualizado nuestra posición y referenciado los principales conceptos que atraviesan nuestra cátedra, estamos en condiciones de comentar específicamente el quehacer cotidiano de la cátedra de Innovación y Emprendedorismo.

En este apartado entonces, comentaremos en concreto cuáles son los objetivos de la cátedra de Innovación y Emprendedorismo, metodología y actividades tendientes a despertar en los alumnos el espíritu creativo e innovador.

El objetivo principal de la cátedra en cuestión es: “comprender la Innovación como proceso y al Emprendedorismo como procedimiento para llevar adelante ideas de negocios y la formulación de proyectos el medio para materializar esas ideas, de manera de impactar en la competitividad de las empresas, de las regiones, de los países y de la Sociedad en general”.

Luego se espera que los alumnos logren:

- Autoevaluarse identificando sus capacidades personales y grupales para emprender.
- Analizar problemas y plantear posibilidades de solución.
- Visualizar a través de herramientas - conceptuales y prácticas las oportunidades y amenazas y las debilidades y fortalezas de los emprendimientos y su factibilidad técnico - económica.
- Elaborar un plan de negocios y analizar su factibilidad (evaluación de riesgos).
- Propender a la toma de decisiones en contextos de incertidumbre y ambigüedad.
- Reconocer relaciones claves para alcanzar objetivos.
- Reconocer oportunidades de la innovación y nuevas formas de gestión de emprendimientos productivos.

Si pensamos en los objetivos de esta materia entonces, comprendemos la importancia del trabajo en interdisciplina.

Como primer aporte en la materia, intentamos que los alumnos se conozcan a ellos mismos para descubrir cuáles son sus objetivos profesionales, cuál es el FODA de su personalidad y cómo deberían hacer para entrenarse en las competencias que consideran importantes de desarrollar. Con esta meta, entonces, trabajamos contenidos relacionados con: creatividad, innovación, improvisación, intuición, invención, talento. Todos estos conceptos son

incorporados a la asignatura desde una perspectiva netamente práctica y vivencial; por eso se utilizan test de autoconocimiento, reflexiones grupales, videos, dinámicas vivenciales, etc.

Continuando con los contenidos desarrollados en la cátedra, incorporamos la noción de “Innovación como proceso”. Aquí se trabaja sobre el entrenamiento y flexibilidad mental que debe tener un ingeniero a la hora de generar mejoras en los procesos. Nuevamente, se utilizan técnicas tendientes a entrenar al alumno en flexibilidad e innovación.

Habiendo logrado un autoconocimiento en los alumnos y motivación hacia esta nueva y alternativa forma de trabajar, comenzamos a estudiar como contenidos de la asignatura, la factibilidad de la idea innovadora mediante los modelos de negocio (técnicas para ayudar a definir modelos de negocios), metodología de diseñar un modelo de negocio (emprendimiento) innovador, organización jurídica, económica y financiera de nuevos emprendimientos, planes de negocios.

En el sentido de lo expresado el punto 1, organizamos la cátedra, considerando que las actividades de promoción del espíritu emprendedor y difusión de la opción emprendedora como una opción de desarrollo personal y profesional, pueden hacer más visibles para los estudiantes y se puede esperar que un mayor grupo de estos incorpore dicha opción y la considere como deseable y factible en su ejercicio profesional.

A lo largo se brindan contenidos conceptuales y de tecnologías, para ubicar el tema, como puede ser la diferencia entre invención, innovación y emprendedorismo, herramientas como FODA, Canvas, un patrón general de un plan de negocios, etc. , pero básicamente se propone que el alumno reflexione, se acerque, se interiorice, participe. Por ello se realizan diversas actividades tales como:

- Búsqueda y lecturas, con intercambios y discusiones grupales, sobre artículos, notas, noticias que circulan en la región y en un contexto más global, relacionados a estos temas.
- Análisis de catálogos que publican innovaciones.
- Análisis de portales que apoyan las actividades de emprendimiento tecnológico.
- Charlas con emprendedores regionales, abiertas a preguntas e inquietudes.
- Análisis de conferencias y videos que se les recomienda o van encontrando sobre emprendedores tecnológicos con distintos fines (de negocios, sociales).
- Encuentros con docentes invitados especializados en algunos temas específicos (ejemplos: valoración del conocimiento, vinculaciones en red, herramientas de software, comunicación y presentaciones efectivas).
- Visitas a parques e incubadoras de la región y entrevistas con emprendedores.
- Asistencias a eventos donde emprendedores presentan proyectos a posibles inversores, como el Foro de Capital para la Innovación del Litoral [18].
- Asistencia a encuentros de emprendedores universitarios y de la región.
- Asistencia a eventos destinados a fomentar estas competencias como el Rally de Innovación.
- Encuentro con alumnos de otras cátedras similares en otras universidades para intercambiar visiones de distintos perfiles profesionales.
- Participación de distintas actividades locales que se realizan en la Semana Nacional del Emprendimiento Tecnológico.
- Reconocimiento de Sistema de Innovación Nacional: Actores, Bancos de Proyectos Nacional y Provinciales, Organismos de financiamiento de proyectos del estado (distintos ministerios) y del sector privado (bancos, centros de innovación de empresas). Información sobre programas e instrumentos.
- Análisis de la importancia de protección del conocimiento de las innovaciones en los distintos ámbitos

- Encuentros tipo Gabinete con personal de la Secretaría de Vinculación Tecnológica de la Facultad para conocer los espacios y apoyos que desde la propia universidad se puede brindar a propuestas emprendedoras.
- Reflexionar y analizar la posibilidad de atender a la innovación y a proyectos emprendedores en distintas instancias del propio proceso de formación (trabajos integradores, proyecto final de carrera)
- Difusión a través del campus de las distintas convocatorias, concursos, proyectos, de los que pueden participar.
- Reuniones con referentes de espacios de innovación como el caso de Centro de Innovación Tecnológica Empresarial y Social-CITES Sunchales [19] que trabaja en la creación de startups tecnológicas globales, y brinda Asesoramiento, Incubación y Coworking.

4. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a lo expresado en el punto 1, consideramos que los escenarios actuales de desempeño de los ingenieros se han complejizado, y se requiere, cada vez más, tener herramientas que les permitan enfrentarse a situaciones y dinámicas cambiantes, donde deben poner en juego las competencias de emprendedorismo y creatividad para desempeñar sus roles de forma eficaz y eficiente. También coincidimos es que es necesaria una adaptación a este nuevo contexto por parte de las unidades académicas formadoras. Esto constituye un desafío, y debe ser preocupación y ocupación de toda la comunidad universitaria, con apoyo del medio en que se inserta.

Compartimos las dificultades que se presentan al abordar la formación del espíritu empresarial por las “dificultades estructurales” que le son características a esta enseñanza/aprendizaje, y por ello apelamos a acercar lo más posible a los alumnos con los emprendedores y con sectores de apoyo a estas actividades.

La cátedra que describimos se abrió en 2012 y ya hemos trabajado con más de 150 estudiantes de distintas carreras, que se han podido acercar a pensar en la innovación como proceso y al emprendedorismo como opción. Han logrado reflexionar sobre sus capacidades, analizar sus anclas de carrera, realizar ejercicios para potenciar la creatividad, nutrirse de ideas innovadoras, y realizar algunas prácticas sobre modelos y planes de negocio.

Cada año se realizan aproximadamente 20 actividades de relacionamiento y vinculación con estas temáticas, visitas, charlas, encuentros, participaciones.

Se generan espacios de estímulo a la innovación y el emprendedorismo, pero no se pretende que al finalizar el curso se cuente con emprendimientos iniciados. Se brindan herramientas para trabajar con propuestas emprendedoras y se trata de acercarlos, para que en el último tramo de la formación y en los primeros pasos profesionales ya tengan en cuenta estos aspectos. La gestación de un proyecto emprendedor requiere de decisión, de armado de equipo y de esfuerzo sostenido para llevarlo adelante, lo que en general, excede el espacio de los alumnos que están estudiando.

No obstante, en este tiempo hay surgido grupos que se han presentado en concursos, otros han expuesto sus propuestas en jornadas de emprendedores, y algunos están trabajando con el área de Vinculación Tecnológica para presentarse a programas de apoyo. Todo esto, sumado a las reflexiones que los alumnos realizan en la actividad de cierre, suman motivación para que se continúe trabajando.

5. Referencias

- [1] Ibarra, A. (2000). *Formación de los recursos humanos y competencia laboral*. Boletín Cinterfor, 149, p. 95-107. O.E.I.
www.oei.es/etp/formacion_recursos_humanos_competencia_laboral_ibarra.pdf
- [2] Braidot N., Cesar R., GonzálezV. (2012). Competencias emprendedoras en la formación de ingenieros, un desafío necesario.
www.academia.edu/9181089/Competencias_Emprendedoras_en_la_Formaci%C3%B3n_de_Ingenieros
- [3] Braidot N., Cesar R., GonzálezV. (2015). Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería: una experiencia colaborativa para la promoción de la empresariedad en carreras de Ingeniería. *Innovación y emprendimiento. Ingeniería Solidaria / Volumen 11, Número 18 / enero-diciembre 2015*. p.65-74. p-ISSN 1900-3102 / e-ISSN 2357-6014.
- [4] Ministerio de Educación de la Nación. Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012/2016. <http://pefi.siu.edu.ar/>
- [5] Documentos de ConFeDi: Competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios en Argentina. (2014). 1ra. ed. Mar del Plata. Universidad Fasta Ediciones. Ebook. 1- Ingeniería. 2- Enseñanza Universitaria. CDD 620.711. ISBN: 978-987-1312-61-0.
http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/409/Comp_Confedi_978-987-1312-62-7_red.pdf?sequence=1
- [6] ConFeDI (2006). Primer acuerdo sobre competencias genéricas. 3er. Taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina – Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química”, Carlos Paz. 4.
http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/info/secretarias/academica/carreras/apoyo/Competencias_CONFEDI.pdf
- [7] DAndrea A. (2009). El carácter emprendedor, ¿escrito en los genes?. Material Biz. Escuela de Negocios.<http://materiabiz.com/el-caracter-emprendedor-escrito-en-los-genes/>
- [8] Yan A. (2016). Why Entrepreneurship Education Does Not Work. FORBES Entrepreneurs. <http://www.forbes.com/sites/andrewyang/2016/02/25/entrepreneurship-education-does-not-work/#779460c04b06>
- [9] Kantis, H. Federico, J. (2012). “Estudio de Línea de Base. Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería”, UNGS. Buenos Aires.
- [10] Braidot N., Cesar R., GonzálezV. (2014). Competencias emprendedoras en la formación de ingenieros, un desafío necesario.
https://www.academia.edu/9181089/Competencias_Emprendedoras_en_la_Formaci%C3%B3n_de_Ingenieros
- [11] BID-Banco Interamericano de Desarrollo, Sector de Conocimiento y Aprendizaje. (2011) Pautas para la elaboración de Estudios de Caso.
<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6434/Pautas%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20Estudios%20de%20Caso.pdf?sequence=1>
- [12] Perrenoud, P. (2003). Construir competencias desde la escuela. Providencia: Comunicaciones Noreste. México. <http://riic.unam.mx/doc/29PERRENOUD-Philippe-cap2-Programas-escolares-y-competencias.pdf>

- [13] Spencer, L.M. y Spencer, S.M. (1993). *Competente at work: models for superior performance*. New York: John Wiley and Sons.
- [14] Lévy-Leboyec, C. (2003). *Gestión de las competencias: cómo analizarlas, cómo evaluarlas, cómo desarrollarlas*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000. ISBN: 9788480881784. p 39.
- [15] Martínez F. M., Carmona G. (2009). *Aproximación al Concepto de “Competencias Emprendedoras”: Valor Social e Implicaciones Educativas*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. : ISSN: 1696-4713 Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación (2009) - Volumen 7, Número 3. <http://www.redalyc.org/html/551/55114063007/>
- [16] Bunk, G.P. (1994). *La transmisión de las competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA (Asociación de Estudios sobre el Trabajo y la Organización de Empresas)*. Revista Europea de Formación Profesional, 1, pp. 8-14
- [17] Vossio, R. (2002). *Certificación y normalización de competencias. Orígenes, conceptos y prácticas*. Boletín Cinterfor 152, pp. 51-73
- [18] Foro de Capital para la Innovación Región Litoral Centro. <http://www.forocapital.org.ar/>
- [19] CITES- Centro de Innovación Tecnológica, Empresarial y Social. <http://cites-gss.com/>

LA REPRESENTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA SOBRE LA FORMACIÓN EMPRENDEDORA RECIBIDA

Ing. Néstor Bruno Braidot, Instituto de Industria, Universidad Nacional de General
Sarmiento, nbraidot@ungs.edu.ar

Lic. Ruben Ángel Cesar, Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento,
rcesar@ungs.edu.ar

Lic. Victoria González, Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento,
vigonzal@ungs.edu.ar

Resumen—La formación de profesionales con perfil emprendedor es un desafío que, en general las universidades y, en particular las facultades de ingeniería han decidido enfrentar. El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) en el Primer Tratado sobre Competencias Genéricas elaborado en 2006 [1], indica que la formación de ingenieros en Argentina tiene que trabajar sobre la “competencia para actuar con espíritu emprendedor”, entre otras.

Esto se traduce en una oferta de actividades en la que las unidades académicas se proponen promover el desarrollo del espíritu emprendedor y dar una respuesta concreta a una demanda. Frente al crecimiento de la formación emprendedora resulta importante conocer cómo perciben los estudiantes las variables relevantes del proceso emprendedor vinculadas a sus procesos formativos universitarios.

En el siguiente estudio se presentan algunos de los principales hallazgos a partir de un relevamiento realizado a estudiantes de último año de ingeniería de 69 unidades académicas de Argentina. En él se indagó sobre las representaciones de los estudiantes acerca de la funcionalidad de la formación recibida para promover el espíritu y la vocación emprendedora. En este trabajo, se ofrece información inédita para el diseño y evaluación de estrategias de formación emprendedora en los estudiantes de ingeniería en Argentina.

Palabras clave—formación emprendedora, educación universitaria, desarrollo emprendedor, formación de ingenieros, representaciones.

Introducción

La oferta de espacios de formación emprendedora en las universidades Argentinas ha crecido de forma notable. De acuerdo al Mapa de Instituciones de Apoyo a Emprendedores (Cesar, 2003) [2] realizado por el Programa para el Desarrollo Emprendedor del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento (PRODEM-UNGS) en 2003, solo 19 Universidades de las 108 que componían el Sistema Universitario Argentino tenían alguna instancia de formación emprendedora. Si bien hoy no existe un estudio actualizado y sistemático sobre la oferta de formación emprendedora en las universidades argentinas, se sabe que una porción importante de ellas posee algún tipo de intervención en este campo.

Específicamente, este tipo de formación se ha extendido en facultades o institutos responsables de las carreras de ingeniería. Ya sea a través de espacios curriculares obligatorios y/u optativos y/o espacios extra curriculares donde se trabaja desde distintos

abordajes la promoción y la formación del espíritu emprendedor. Dado este incremento, se torna necesario conocer cuál es la opinión que los estudiantes de carreras de ingeniería tienen al respecto, necesidad que motiva los objetivos de este documento.

Para ello, en el siguiente trabajo se realizará en primer lugar un abordaje sobre qué se entiende por formación emprendedora y una reflexión sobre la universidad como espacio específico en donde esto ocurre. Luego se brindará un marco sobre las representaciones sociales para finalmente analizar las representaciones que los estudiantes del último año de las carreras tienen sobre la formación emprendedora recibida.

Formación emprendedora

Las principales definiciones sobre el concepto de formación emprendedora se concentran en tres aspectos clave de este proceso: los objetivos, los contenidos y la metodología. Estos tres elementos son igualmente relevantes y clave para comprender el proceso, al mismo tiempo que determinantes de la forma que dichas estrategias tomen.

En cuanto al propósito de la formación emprendedora, según Varela (2001) [3], “la idea del nuevo concepto educativo, ‘educación empresarial’, es poder brindar al profesional, actual y futuro, las capacidades y habilidades necesarias para que sea un factor de desarrollo económico y social, para que esté capacitado como empresario, como ese ente creativo, capaz de superar sus limitaciones y las del país y de hacer una contribución efectiva a nuestro desarrollo; como ese ente innovador, independiente, creativo, líder, original, arriesgado, visionario que logra satisfacer sus metas personales por su propia acción”.

Según Laukkanen (2000) [4] a nivel universitario, la educación para la empresarialidad está orientada al aprendizaje y la facilitación del proceso "para emprender" desde una perspectiva centrada en el individuo. Con ello se busca dar respuestas en forma prioritaria a qué debe hacerse y cómo se hace, en contraposición al proceso emprendedor analizado como un fenómeno económico y social, entre otros.

A su vez, un estudio realizado por el PRODEM-UNGS (Kantis, 2003) [5] especifica que los objetivos declarados por las universidades con estrategias formación emprendedora se centran en el fomento del espíritu empresarial o la cultura emprendedora, el apoyo a la creación de empresas y la búsqueda de instrumentos que contribuyan a la innovación y al desarrollo tecnológico y regional.

Finalmente, Liseras, Gennero de Rearte y Graña (2003) [6] señalan que “es necesario despertar desde los primeros años de las carreras de grado la vocación empresarial de los estudiantes, ofreciendo a lo largo de la misma distintos cursos de capacitación gradual en entrepreneurship, con el objetivo de desarrollar las actitudes y los conocimientos esenciales para planificar adecuadamente el pre-inicio y gestionar el nuevo negocio.”

Puede notarse que, en cuanto a los objetivos de la formación emprendedora en el contexto universitario, se comparte la idea de promover la intención emprendedora. Shapero y Sokol (1982) [7] postulan que sólo cuando las personas perciben que emprender es un evento deseable y factible se comprometerán en dicho esfuerzo. Desde esta óptica los objetivos de la formación emprendedora deberían impactar en estos dos elementos: el deseo de emprender y el creer que es posible.

Braidot, Cesar y González (2014) [8], en referencia a la definición de los contenidos de la formación emprendedora, afirman que es necesario “(...) encarar ese desafío descartando de plano las opciones que sólo centran la atención en contenidos técnicos de gestión que implícitamente estarían reconociendo que, o bien la opción emprendedora está reservada a

unos pocos que ya tienen las habilidades emprendedoras... o bien que el desarrollo de esas habilidades no le compete a la formación de grado.”.

En esta línea, es importante tener presente que numerosos autores (Johannisson, 2001 [9]; Laukkanen, 2000 [4]; Braidot, 2001 [10], Braidot y Cesar, 2013 [11], Braidot et al, 2014 [8]), sostienen que la formación emprendedora se trata, no solo de promover la transmisión de conocimientos, sino de validarlos en el contexto real donde estos serán aplicados. Es decir, la formación debe estar integrada a un contexto específico de desarrollo de nuevos negocios, donde existan potenciales oportunidades y se promuevan relaciones con actores de ese mismo contexto.

Aquí es donde las metodologías se proponen como el tercer elemento distintivo de la formación emprendedora. Davies y Gibb (1991) [12] plantean la inadecuación de los métodos tradicionales de enseñanza para el desarrollo de emprendedores y afirman que esta combinación puede interpretarse como "enseñar a conducir usando el espejo retrovisor". Como afirma Braidot (2001) [10] esta metáfora transmite “la posibilidad de obtener resultados que, aunque formalmente alineados con los objetivos o propuestas básicas, no contribuyen al desarrollo de capacidades adecuadas para operar en el mundo real”.

Complementando lo anterior, Sexton y Upton sugieren que los cursos más desestructurados, especialmente los que propongan problemas que requieran soluciones novedosas bajo condiciones de ambigüedad y no exentas de riesgo, son los más apropiados para promover el desarrollo de capacidades y habilidades tendientes al desarrollo de la empresarialidad. Los emprendedores están más predispuestos a generar e incorporar nuevas ideas, fundamentalmente en condiciones de ambigüedad e incertidumbre. (Sexton y Upton, 1987 citado en Braidot y Cesar, 2004 [13]).

En línea con lo propuesto por Sexton y Upton, Gibbs sugiere que la educación para el desarrollo de la empresarialidad debería abarcar el mundo real a partir de formas novedosas, por ejemplo, el aprendizaje a través de la acción cubriendo el uso de sentimientos, actitudes y valores que excedan la mera transmisión de información, ayudando al desarrollo de una mayor independencia de las fuentes externas de información, utilizando recursos multidisciplinarios, asistiendo en el desarrollo de respuestas emocionales en la interacción con situaciones conflictivas, etc. (Gibb, 1993 citado en Braidot y Cesar, 2004 [13]).

Para reforzar lo hasta aquí expuesto, es pertinente sintetizar la mirada de varios autores (Johannisson, 2001 [9]; Gibb, 1993 [13]; Laukkanen, 2000 [4]; Braidot, 2001 [10], entre otros) que señalan los siguientes aspectos centrales en la formación de emprendedores:

- Incorporar al contexto en la formación, por ejemplo a partir de la interacción con empresarios y emprendedores locales.
- Promover conocimientos ligados al desarrollo de capacidades y habilidades, a partir de metodologías específicas de promoción del autoconocimiento.
- Complementar la formación técnica con la formación en capacidades personales y la formación en planificación de negocios.
- Capitalizar las experiencias como fuente de aprendizaje.
- Promover métodos y estrategias formativas que combinen la conceptualización abstracta con la experimentación concreta, centrándose en la acción como eje del aprendizaje.
- Centrarse en resultados a largo plazo, que resulten de la interacción de múltiples factores contextuales, en los que la formación universitaria ocupe un lugar protagónico pero no exclusivo.

Lo presentado aquí permite una mejor comprensión del concepto formación emprendedora a partir de sus elementos característicos: objetivos, contenidos y metodología. Conocido esto, resulta interesante describir cómo se manifiesta este concepto en la universidad y, más concretamente, en las universidades argentinas.

La universidad como espacio de formación emprendedora

Retomando a los aportes de Gibb [13] sobre las contribuciones que puede hacer la universidad para promover el desarrollo emprendedor, el autor propone cinco áreas clave que las universidades pueden cubrir. En primer lugar, el intercambio y transferencia de conocimiento en todas las áreas disciplinarias, no sólo en ciencia sino también en las artes y las ciencias sociales. No es únicamente una cuestión de difusión de los resultados de las investigaciones; lo crucial es el compromiso por desarrollar avances que no necesariamente estén en la agenda de investigación, y además el deseo de aprender de dicho proceso. Esto implica tener el foco en los problemas y las oportunidades a los que se enfrenta la sociedad. Implícitamente, también, la tarea universitaria conlleva el compromiso por el intercambio de conocimiento, pues reconoce que las universidades ya no cuentan con el monopolio del saber, y que necesitan involucrarse crecientemente en “sociedades para aprender” con un amplio espectro de socios externos.

En segundo lugar, el desarrollo local y regional, a través de un proceso asociativo con el gobierno y el sector privado, frecuentemente descrito como el Modelo de Triple Hélice de desarrollo universitario. En tercer lugar, un compromiso mayor con la internacionalización, que implica involucrarse en alianzas internacionales para la investigación y el desarrollo, un fluido intercambio de los estudiantes y el staff de las universidades, apertura de campus internacionales, contratación de personal del exterior, y el compromiso por desarrollar una currícula y una cultura de intercambio con socios del exterior.

En cuarto lugar, el papel universitario puede ser importante al incluir la educación emprendedora en la currícula de todos los departamentos o facultades de las universidades. Sin embargo, esto no implica un programa para la creación y el desarrollo de nuevas empresas, sino que apunta a crear oportunidades innovadoras en el contexto disciplinario al que se aplique, desarrollando habilidades emprendedoras a través de pedagogías innovadoras y aprendiendo cómo diseñar organizaciones emprendedoras de todo tipo. Por último, las universidades deberían combinar los cuatro puntos señalados, convirtiéndose así en un eje regional y nacional para las innovaciones de todo tipo.

En este sentido, se reconoce que las universidades tienen un rol fundamental en la promoción del desarrollo emprendedor pero también una cuenta pendiente. En cuanto a su rol, como afirman Braidot y Cesar (2004) [13]: “(...) la promoción de la empresarialidad, funcional al proceso de formación personal y profesional de los futuros egresados, abrirá la posibilidad de transformar a las nuevas generaciones de simples receptoras de propuestas en generadoras de opciones útiles a su propio desarrollo y al de las comunidades de las cuales forman parte”.

En cuanto a la cuenta pendiente, se reconoce que la universidad no se configura aún como un agente dinámico en la promoción de emprendimientos. Si bien es reconocido el avance sobre la temática que las universidades han transitado en la última década todavía las currículas de muchas carreras en Argentina no incorporan estrategias de formación sistemáticas y específicamente diseñadas para mejorar el perfil emprendedor de sus estudiantes y, de esta forma, promover actitudes emprendedoras o la opción emprendedora como una opción real de desarrollo profesional entre sus estudiantes.

Una referencia útil para conocer el punto de partida de este desafío para las universidades, es el estudio realizado por el PRODEM-UNGS (Kantis, 2003) [5]. Se puede destacar de dicho estudio, las siguientes características:

- La incorporación de programas, cursos, materias y talleres de apoyo a emprendedores en las universidades es un fenómeno reciente.
- Los objetivos declarados se centran en el fomento del espíritu empresarial o la cultura emprendedora, el apoyo a la creación de empresas y la búsqueda de instrumentos que contribuyan a la innovación y al desarrollo tecnológico y regional.
- En las universidades públicas, se verifican dos tipos de cursos: uno de tipo general incorporado como materia obligatoria en las currículas de las carreras; y otro abierto a estudiantes interesados en la temática. En las universidades privadas los cursos están orientados hacia personas que tengan una idea de emprendimiento y pretendan desarrollarla. Además, todas desarrollan actividades de vinculación entre sus estudiantes y emprendedores o empresas y solo unas pocas con inversionistas.
- En cuanto al personal asignado a cursos, en ningún caso los planteles superaban las cinco personas dedicadas a tiempo completo, cumpliendo tareas de coordinación, docencia y asistencia técnico administrativa.
- Las universidades públicas financian las actividades con fondos propios y solo unas pocas poseen además financiamiento del estado provincial y/o municipal o de capitales privados. Algunas universidades privadas se financian con aportes privados.
- La mayor parte de las instituciones han señalado que el grado de impacto general del sistema emprendedor es a lo sumo “medio”. Mencionándose como principales factores limitantes la falta de acciones conjuntas, la ausencia de acciones coordinadas y de efectividad en el trabajo conjunto y la escasa disponibilidad de fondos. En la misma línea reconocen que el impacto de las distintas intervenciones de fomento y apoyo a emprendedores en el sistema universitario nacional es bajo.
- Entre las principales oportunidades de mejora identificadas se destacaban: ampliar y profundizar la integración con el sector público y empresario, la necesidad de incrementar los planteles docentes y el personal dedicado a las distintas intervenciones y de desarrollar sistemas de seguimiento de aquellas personas que pasan por los programas.
- Finalmente al momento de analizar las principales demandas, se destacan el acceso al financiamiento, la necesidad de tomar contacto con otras experiencias internacionales, obtener información y capacitación.

Conocido el espacio de posibilidades y las características de la acción concreta de la universidad como promotora de la formación emprendedora, resulta interesante también conocer sobre la formación emprendedora en las carreras de ingeniería, específicamente a través de representación que los estudiantes construyen sobre la formación recibida en este campo.

Representaciones sociales

Antes de introducirnos en las representaciones que los estudiantes construyen sobre la formación emprendedora recibida, es necesario realizar algunas definiciones sobre lo que se entiende por representaciones. Como señala Moscovici (Castorina y Kaplan, 2003) [14], para formular una definición de representación social es necesario considerar elementos mentales, afectivos y sociales. En este sentido, se entiende a las representaciones sociales como

esquemas de significaciones que establecen un conjunto de normas y valores, es decir, reglas que rigen la vida social y permiten así “ordenar” el mundo social y hacerlo inteligible para sus miembros. No son algo caprichoso que pueda ser manipulado o reformulado por la decisión arbitraria de alguien, sino que son construcciones socio históricas que surgen a partir de la interacción y la experiencia de los sujetos que conforman una sociedad. En otras palabras, no son más que herramientas que utilizan los sujetos para aprehender e interpretar el mundo que los rodea.

Según Bourdieu (1988) [15] esto se denomina hábitus, es decir una formación duradera producto de un fuerte y prolongado trabajo de inculcación e interiorización de ciertos principios que orientan las percepciones y las prácticas de los sujetos. En otras palabras, un sistema de esquemas de percepción, de pensamiento, estructuras mentales a través de las cuales los sujetos producen prácticas e interpretaciones, aprehenden el mundo social y a la vez producen en él, interpretan y construyen.

En síntesis, en este trabajo se entiende a las representaciones sociales como aquellas formas de pensar y de identificarse que tiene un grupo determinado. Particularmente, aquí se analizan las diferentes maneras en que los estudiantes de las carreras de ingeniería de Argentina interpretan la formación emprendedora recibida.

¿Cómo es concebida la formación emprendedora recibida por los estudiantes de las carreras de ingeniería? ¿Cómo se forman las representaciones de los estudiantes en relación con el proceso emprendedor y la formación emprendedora? Son algunos de los interrogantes que se buscarán responder en este trabajo.

Metodología

El trabajo que aquí se presenta se elaboró en base a datos relevados de una encuesta realizada a un total de 3260 estudiantes del último año de las carreras de ingeniería de diversas universidades, tanto públicas como privadas durante los años 2014 y 2015.

Los datos fueron recolectados con un cuestionario estructurado administrado por personal de las unidades académicas con carreras de ingeniería donde los estudiantes realizaban sus estudios. Participaron de la encuesta estudiantes de 70 unidades académicas de ingeniería, de un conjunto total de aproximadamente 105, pertenecientes a 23 provincias argentinas.

El formulario de recolección de datos fue de carácter auto-administrado, con variables relevadas mediante escala de Likert (alfa de Cronbach de 0.7231) y opciones dicotómicas. El cuestionario fue llenado en papel en ocasión de clases de una asignatura de último año de las carreras de ingeniería de las diversas unidades académicas, y la carga de los datos se realizó de manera centralizada.

Las variables relevadas fueron de carácter ordinal, dicotómica, y nominales, por lo que el tratamiento estadístico fue realizado utilizando en su totalidad técnicas no paramétricas. Se utilizaron test estadísticos de asociación, correlación y diferencias poblacionales. Para determinar homogeneidad e independencia respecto a diversas variables se apeló al estadístico chi cuadrado, y para verificar la intensidad de las asociaciones, dado el carácter ordinal de las variables, se apeló al coeficiente V de Crámer. En función del tipo de estudio y variables se trabajó asumiendo una relación muy débil o despreciable para valores de V entre 0 y 0,15, débil y mínimamente aceptable entre 0,15 y 0,20, moderada y aceptable entre 0,20 y 0,25, y moderadamente fuerte y aceptable entre 0,25 y 0,30. Para el tratamiento de los datos se utilizó el programa Stata 13.0.

La representación sobre de la formación emprendedora universitaria

En este apartado se realizará un abordaje sobre la representación que los estudiantes de carreras de ingeniería tienen al respecto a la formación emprendedora recibida. Para ello se les brindó a los estudiantes un listado con 11 competencias consideradas clave para el desarrollo emprendedor, ellas son: *Trabajar en equipo*, *Asumir riesgos*, *Negociar de manera efectiva*, *Ser responsable con los compromisos que se asumen*, *Buscar y analizar información*, *Planificar en forma sistemática*, *Liderazgo*, *Armar y aprovechar redes de apoyo*, *Ser creativo*, *Ser persistente* y *Ser proactivo*. Luego se les solicitó que señalaran cuáles eran las 5 más importantes para crear una empresa. Tal como se observa en la Tabla 1, las 5 competencias consideradas clave son, en orden de importancia: *Trabajar en equipo*, *Ser responsable con los compromisos que se contraen*, *Asumir riesgos*, *Liderazgo* y *Ser creativo*.

Tabla 1: Frecuencia de competencias clave para crear una empresa

Competencias clave para crear una empresa	Frecuencia
Trabajar en equipo	2454
Ser responsable con los compromisos que se contraen	1995
Asumir riesgos	1631
Liderazgo	1533
Ser creativo	1514
Ser persistente	1458
Ser proactivo	1359
Negociar de manera efectiva	1319
Planificar de forma sistemática	1302
Buscar y analizar información	1068
Armar y aprovechar redes de apoyo	494

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, también se les solicitó a los estudiantes que señalaran si la universidad les brindó herramientas para incorporar y/o mejorar las competencias anteriormente mencionados. Esto debía indicarse a partir de una escala ordinal con opciones “ninguna”, “muy pocas”, “bastantes” o “muchas”. En la tabla 2 se muestran la información simplificada a partir de las frecuencias de aquellas respuestas indicadas como “Bastante/Muchas” y aquellas como “Ninguna/Muy pocas”. Se observa que entre las 5 más elegidas se encuentran: *Buscar y analizar información*, *Ser responsable con los compromisos que contraen*, *Trabajar en equipo*, *Ser persistente* y *Planificar en forma sistemática*.

Tabla 2: Frecuencia de cuánto colaboró la universidad para incorporar competencias

Cuánto colaboró la universidad para incorporar las siguientes competencias	Frecuencia “Bastante/Muchas”	Frecuencia “Ninguna/Muy pocas”
Buscar y analizar información	2782	339
Ser responsable con los compromisos que se contraen	2724	392
Trabajar en equipo	2619	509
Ser persistente	2493	624
Planificar de forma sistemática	2379	737
Ser proactivo	1957	1148
Ser creativo	1448	1670
Armar y aprovechar redes de apoyo	1238	1869
Liderazgo	1105	2003
Asumir riesgos	1087	2024
Negociar de manera efectiva	801	2310

Fuente: elaboración propia

En este caso se puede observar que hay pocas coincidencias entre las competencias que los estudiantes consideran clave para el desarrollo emprendedor y lo que señalan que la universidad les ayudó a desarrollar. Solo coinciden *Trabajar en equipo* aunque se encuentran en posiciones diferentes y *Ser responsable con los compromisos que se contraen* en segundo lugar en ambas opciones. Se puede asumir entonces que lo que valoran los estudiantes de la formación que les brindó la universidad está asociado a aquellas competencias que hacen a la cotidianeidad de la vida académica y que obedecen a una conducta asociada al rol de estudiante.

Hasta aquí se mostró que hay poca coincidencia entre aquellas competencias que los estudiantes consideran importantes para emprender y aquellas en las cuales entienden que la universidad les brinda como herramientas.

Dado esto, a continuación se indaga si el haber cursado alguna materia (optativa u obligatoria) en la que se haya hecho referencia o se trabajara el tema del desarrollo emprendedor influye en sus respuestas. Es decir, si los estudiantes perciben que el trabajo en esos espacios curriculares aportó o no al desarrollo de alguna de las competencias establecidas en la lista.

La Figura 1 muestra, en primer lugar, el porcentaje de estudiantes que indicó haber cursado alguna materia optativa donde se hizo referencia o se trabajó el tema emprendedorismo. En segundo lugar, el porcentaje de estudiantes que indicó haber cursado alguna materia obligatoria con iguales condiciones y, finalmente, el porcentaje de estudiantes que indicó haber cursado al menos una materia (optativa u obligatoria) donde se hizo referencia o se trabajó el tema emprendedorismo. Puede observarse que la mayoría manifestó haber cursado una materia donde se hizo referencia o trabajó el tema, 71% en el caso de materias obligatorias y 65% en el caso de materias optativas. Finalmente, un 85% de los estudiantes manifestó haber participado en al menos una materia donde se hizo referencia o se trabajó el tema emprendedorismo. Sobre estos últimos se centran el análisis subsiguiente.

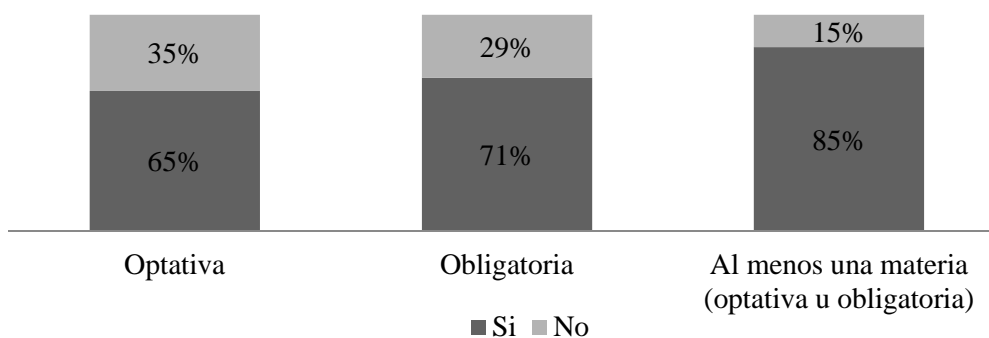


Figura 1: Porcentaje de estudiantes que cursó al menos una materia (obligatoria u optativa) donde se abordó el tema emprendedorismo.

Fuente: elaboración propia.

Para conocer si el haber cursado alguna materia donde se hizo referencia o trabajó el tema emprendedorismo influye en las respuestas sobre si la universidad aportó alguna herramienta para el desarrollo de las competencias mencionadas, se realizaron pruebas estadísticas de relación e intensidad de relación entre estas variables (chi cuadrado y V de Cramer). A partir de ello, se puede observar que haber cursado una materia donde se hizo referencia o trabajó el tema emprendedorismo influye en la representación de los estudiantes sobre si la universidad le aporta o no herramientas para mejorar las competencias mencionadas en la lista y que dicha influencia es débil como tal.

La Tabla 3 muestra el resultado de esta prueba para estudiantes que han manifestado haber cursado al menos una materia donde se aborde o trabaje sobre emprendedorismo. Puede observarse que tener una materia optativa y/u obligatoria influye en las respuestas sobre si la universidad aportó herramientas para mejorar las competencias mencionadas en el mismo cuadro, cuando la referencia al aporte es indicada en una escala ordinal entre “ninguna”, “muy pocas”, “bastantes” o “muchas”. Sin embargo, como indica el estadístico V de Cramer, esa influencia es débil y mínimamente aceptable en *Trabajar en equipo*, *Asumir riesgos*, *Ser responsables con los compromisos que se contraen*, *Buscar y analizar información*, y *Ser persistente*. Esta influencia es moderada y aceptable en *Negociar de manera efectiva*, *Planificar de forma sistemática*, *Liderazgo*, *Armar y aprovechar redes de apoyo*, *Ser creativo*, y *Ser proactivo*.

Tabla 3. Prueba de chi cuadrado y V de Cramer para analizar la influencia de tener materia optativa y/o obligatoria y la representación del aporte de la formación recibida para desarrollar/incorporar competencias (variables ordinales para las competencias).

Competencia	N	chi2	P*	CramersV
Trabajar en Equipo	3066	66,0178	0,0000	0,1467
Asumir riesgos	3051	46,2882	0,0000	0,1232
Negociar de manera efectiva	3051	74,5576	0,0000	0,1563
Ser responsable con los compromisos que se contraen	3056	50,6842	0,0000	0,1288
Buscar y analizar Información	3059	44,6348	0,0000	0,1208
Planificar de forma sistemática	3055	90,9309	0,0000	0,1725
Liderazgo	3047	98,311	0,0000	0,1796
Armar y aprovechar redes de apoyo	3050	101,8237	0,0000	0,1827
Ser creativo	3055	97,9517	0,0000	0,1791
Ser persistente	3055	49,7307	0,0000	0,1276
Ser proactivo	3045	87,2095	0,0000	0,1692

Fuente: elaboración propia

* Valores de P significativos con $P < 0,05$

También se analizó la influencia sobre estas respuestas cuando el estudiante participó en algún evento de fomento al emprendedorismo. La Figura 2 muestra la cantidad de estudiantes que participó en alguna actividad o evento de estas características, entre ellos se contemplaron: conferencias/charlas con emprendedores, seminarios/talleres de desarrollo de capacidades y/o competencias emprendedoras, seminarios/talleres de desarrollo de planes de negocios, competencias de planes de negocios/simulaciones de empresas, o incubadoras de empresas.

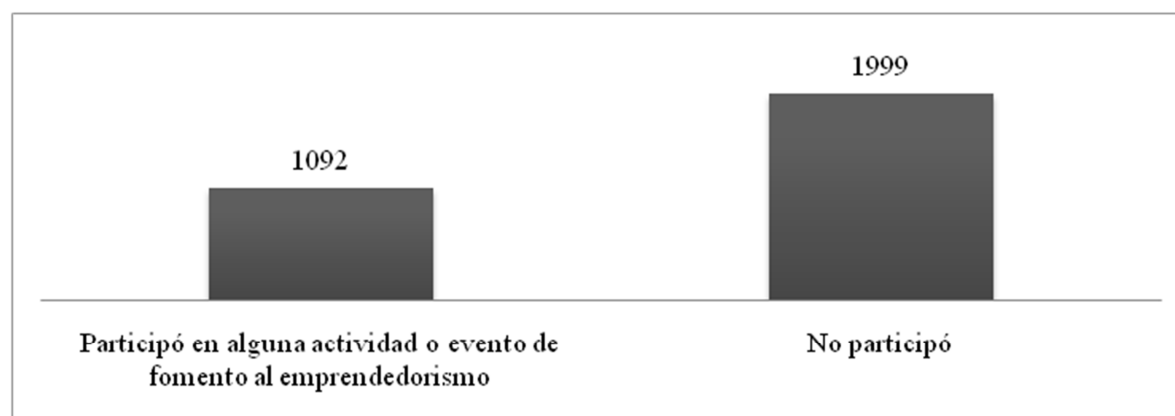


Figura 2: Cantidad de estudiantes de acuerdo a si participó o no en alguna actividad o evento de fomento al emprendedorismo.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de las pruebas de influencia de estos sucesos sobre las elecciones realizadas por los estudiantes, se muestra que en los casos de *Asumir riesgos*, *Negociar de manera efectiva*, *Liderazgo*, *Armar y aprovechar redes de apoyo* y *Ser creativo* las respuestas de los estudiantes tiene una influencia débil y mínimamente aceptable sobre la elección de los estudiantes respecto de las herramientas recibidas para el desarrollo de las competencias citadas. El resto de estas competencias son independientes de este suceso.

Tabla 4. Prueba de chi cuadrado y V de Cramer para analizar la influencia de haber participado en un evento de fomento al emprendedorismo y la representación del aporte de la formación recibida para desarrollar/incorporar competencias (con respuestas si/no)

	N	chi2	P*	CramersV
Trabajar en equipo	3087	0,9523	0,3291	0,0176
Asumir riesgos	3071	8,6672	0,0032	0,0531
Negociar de manera efectiva	3071	21,5902	0,0000	0,0838
Ser responsable con los compromisos que contrae	3077	3,5631	0,0591	0,0340
Buscar y analizar Información	3080	0,1428	0,7055	0,0068
Planificar de forma sistemática	3076	3,7323	0,0534	0,0348
Liderazgo	3068	26,7322	0,0000	0,0933
Armar y aprovechar redes de apoyo	3068	18,5629	0,0000	0,0778
Ser creativo	3077	4,6769	0,0306	0,0390
Ser persistente	3075	0,0057	0,9398	0,0014
Ser proactivo	3064	3,2984	0,0693	0,0328

Fuente: elaboración propia

* Valores de P significativos con $P < 0,05$

Lo expuesto hasta aquí muestra que el haber cursado alguna materia que trabaje sobre el tema emprendedorismo tiene una débil influencia sobre la mirada de los estudiantes respecto de los aportes de la formación universitaria en cuanto a herramientas para el desarrollo de ciertas competencias. En la misma línea, haber participado de alguna actividad o evento de fomento del emprendedorismo tiene o bien una influencia despreciable para el caso de algunas competencias o bien no se verifica relación alguna.

A su vez, se le solicitó a los estudiantes que expresaran su grado de acuerdo respecto a cuatro afirmaciones que vinculan la educación recibida en la universidad con ciertos aspectos del desarrollo emprendedor que dan cuenta de su representación de autoeficacia: la posibilidad de poner en marcha proyectos emprendedores, entender el papel de los emprendedores en la sociedad, iniciar un negocio independiente e interesarse por asumir riesgos. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran las respuestas de los estudiantes respecto a su grado de acuerdo.

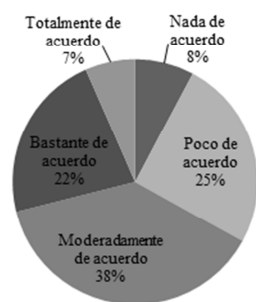


Figura 3: Grado de acuerdo respecto a la afirmación: La educación recibida ayuda a poner en marcha proyectos emprendedores

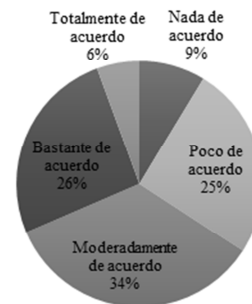


Figura 4: Grado de acuerdo respecto a la afirmación: La educación recibida ayuda a entender mejor el papel de los emprendedores en la sociedad

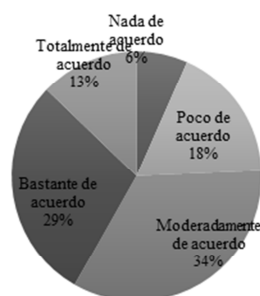


Figura 5: Grado de acuerdo respecto a la afirmación: La educación recibida permite iniciar un negocio independiente en el futuro

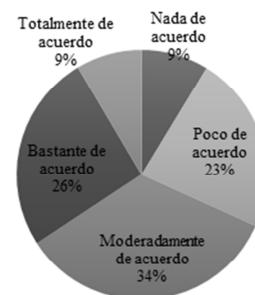


Figura 6: Grado de acuerdo respecto a la afirmación: La educación recibida ha hecho que me interese por asumir riesgos

Fuente: elaboración propia

También se indagó sobre la influencia de haber cursado alguna materia (optativa u obligatoria) en estas respuestas a través de pruebas de chi cuadrado y V de Cramer. De acuerdo a lo que muestra la Tabla 5, el paso por alguna de estas materias influye en las respuestas (tomadas como variables ordinales). En este caso, la influencia es moderada y aceptable para las elecciones de los estudiantes en cuanto a si la formación recibida les permite iniciar un negocio independiente y que se interesen por asumir riesgos, mientras que es moderadamente fuerte y aceptable en la representación de que los ayuda a poner en marcha proyectos emprendedores y a entender mejor el rol de los emprendedores en la sociedad.

Tabla 5. Prueba de chi cuadrado y V de Cramer para analizar la influencia de tener materia optativa y/o obligatoria y la representación del aporte de la formación recibida para los items mencionados en la lista (variables ordinales de cinco posiciones entre “nada de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”)

	N	chi2	P*	CramersV
Ayudan a poner en marcha proyectos emprendedores	3029	202,6687	0,00000	0,2587
Ayudan a entender mejor el rol de los emprendedores en la sociedad	3025	248,8363	0,00000	0,2868
Podría iniciar un negocio independiente en el futuro	3024	80,3531	0,00000	0,163
Ha hecho que me interese por asumir riesgos	3023	73,6041	0,00000	0,156

Fuente: elaboración propia

* Valores de P significativos con $P < 0,05$

También se indagó sobre la influencia que pudiera ejercer haber participado en algún evento de fomento del emprendedorismo. Como muestra la tabla 6, nuevamente hay una influencia en las respuestas por haber participado en algún evento, y la misma es moderada y aceptable para los casos de *Ayuda a poner en marcha proyectos emprendedores* y *Ayuda a entender mejor el rol de los emprendedores en la sociedad* y débil y mínimamente aceptable en los casos de *Podría poner en marcha un negocio independiente en el futuro* y *Ha hecho que me interese por asumir riesgos*.

Tabla 6. Prueba de chi cuadrado y V de Cramer para analizar la influencia de haber participado en un evento de fomento al emprendedorismo y la representación del aporte de la formación recibida para los items mencionados en la lista (variables ordinales de cinco posiciones entre “nada de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”)

	N	chi2	P	Cramers V
Ayuda a poner en marcha proyectos emprendedores	3050	72,4239	0,0000	0,1541
Ayuda a entender mejor el papel de los emprendedores en la sociedad	3044	99,5442	0,0000	0,1808
Podría iniciar un negocio independiente en el futuro	3043	46,2941	0,0000	0,1233
Ha hecho que me interese por asumir riesgos	3043	52,1958	0,0000	0,131

Fuente: elaboración propia

* Valores de P significativos con $P < 0,05$

Conclusiones y recomendaciones

Lo hasta aquí expuesto muestra varios elementos interesantes para su consideración. En primer lugar, en cuanto a la representación de la formación recibida como aporte al desarrollo de competencias, los estudiantes consideran que las principales competencias sobre las que la universidad les aporta herramientas son: *Buscar y analizar información*, *Ser responsable con los compromisos que contraen*, *Trabajar en equipo*, *Ser persistente y planificar en forma sistemática*. De estas cinco, solo *Ser responsable con los compromisos que se contraen* y *Trabajar en equipo* fueron indicadas como alguna de las cinco más importantes para emprender. En este sentido, una primer conclusión es que los estudiantes consideran que la universidad les da herramientas para el desarrollo de competencias que no consideran entre las cinco más importantes para emprender y, por lo tanto, *Asumir riesgos*, *Liderazgo* y *Ser creativo* que fueron señaladas como algunas de las cinco más importantes, no aparecen entre las destacadas dentro de las que más aporte reciben de la universidad. Es decir, existe una discordancia entre lo que los estudiantes se representan como competencias más importantes para emprender y las que la universidad promueve para su desarrollo.

Incluso puede interpretarse que la selección de los estudiantes en función de los aportes recibidos de la universidad se condice más con competencias vinculadas al tránsito como estudiantes por la vida académica antes que para el desarrollo de emprendimientos.

En segundo lugar, se muestra que un porcentaje alto de estudiantes tuvo alguna materia (optativa u obligatoria) donde se trabajó sobre emprendedorismo. El haber pasado por estas instancias influye sobre la selección de competencias sobre las cuales la universidad les aportó herramientas, pero esa influencia es débil o moderada.

Cuando se analiza si el haber participado de una actividad o evento de fomento al emprendedorismo influye en la selección de competencias sobre las cuales la universidad aporta herramientas para su desarrollo, se observa que la influencia es débil o inexistente.

Esto muestra que las representaciones de los estudiantes en cuanto al aporte de herramientas para el desarrollo de competencias emprendedoras de la formación universitaria es poco influenciada por los espacios donde esta temática se trabaja de forma específica.

Lo hasta aquí expuesto evidencia que los estudiantes tienen una representación respecto de lo que exige emprender en cuanto a competencias personales. Sin embargo, entienden que la universidad les aporta parcialmente respecto de esas exigencias, deja desafíos desatendidos y aporta en otros aspectos no considerados entre los más importantes ya que, desde su perspectiva, emprender implica desafíos como *Asumir riesgos*, *Liderazgo* y *Ser creativos* que no son destacados durante la formación universitaria.

En tercer lugar, los estudiantes muestran algún grado de acuerdo que va entre “moderado” y “bastante” cuando se los consulta sobre si la formación recibida les permite “Poner en marcha emprendimientos”, “Comprender el rol de los emprendedores en la sociedad”, “Iniciar un negocio en forma independiente” o “Que se interesen en asumir riesgos”.

En este caso, la influencia es moderada y aceptable para la evaluación de si la formación le permite iniciar un negocio independiente y si ha hecho que se interese por asumir riesgos, y es moderadamente fuerte y aceptable para los casos que los ayuda a poner en marcha proyectos emprendedores y si los ayuda a entender mejor el rol de los emprendedores en la sociedad.

La relación también es moderada y aceptable cuando se analiza la influencia de haber pasado por un evento de promoción del emprendedorismo para la selección de las respuestas en estas cuatro mismas afirmaciones.

No se intenta aquí presentar una evaluación de dichas intervenciones (espacios curriculares o extracurriculares, intervenciones puntuales o eventos), sino de analizar la mirada de los estudiantes respecto al aporte de la formación universitaria al desarrollo de competencias. Si bien se puede asumir que no es objetivo de estas actividades el desarrollo de competencias, también puede esperarse, a priori, que estos espacios que tratan el tema emprendedorismo tuvieran un rol más destacado en la representación de los estudiantes en cuanto a los aportes realizados por la universidad.

La evidencia empírica muestra que la influencia de la formación universitaria sobre la representación que los estudiantes tienen sobre las competencias clave para el desarrollo de un emprendimiento es débil o moderada. Esto puede estar relacionado con la diferencia entre las expectativas de los estudiantes respecto de lo que se representan como “formación para emprender” y lo que la universidad ofrece como tal. No implica esto que la formación en las universidad sea deficiente, sino que las expectativas de los estudiantes no concuerdan con la oferta de la universidad.

Solo la participación en eventos de promoción del emprendedorismo tiene una influencia moderadamente fuerte y aceptable en las respuestas de los estudiantes cuando se los consulta sobre si su formación los ayuda a poner en marcha proyectos emprendedores y si los ayuda a entender mejor el rol de los emprendedores en la sociedad.

En función de todo lo dicho, puede destacarse la importancia de conocer las representaciones que los estudiantes tienen respecto a las competencias que exige el proceso de emprender para, por un lado, consolidar las expectativas de los estudiantes y los objetivos de los espacios de formación y, por el otro, enfatizar sobre la relevancia de los aportes de estos espacios para la formación emprendedora.

Referencias

- [1] CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA (CONFEDI) [online], “Acuerdo sobre Competencias Genéricas”. Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba 2006. Disponible en <http://www.ori.soa.efn.uncor.edu/?publicaciones=primer-acuerdo-sobre-competencias-genericas>
- [2] CESAR, R. (2003) Mapa de Instituciones de Apoyo a Emprendedores en Argentina. Recuperado de <http://www.littec.ungs.edu.ar/e-books/mapa%20instituciones.pdf>
- [3] VARELA, R. (2001); Educación Empresarial: el reto del nuevo siglo. Universidad ICESI. Colombia.
- [4] LAUKKANEN, M. (2000), Exploring Alternative Approaches in High-level Entrepreneurship Education: Creating Micromechanism for Endogenous Regional Growth, Entrepreneurship and Regional Development, N°25.
- [5] KANTIS, H. (2003); "Estudios en el Área de Desarrollo Empresarial en la República Argentina. La creación de empresas en la Argentina y su entorno institucional", Universidad Nacional de General Sarmiento y Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).
- [6] LISERAS, N.; GENNERO, A. Y GRAÑA, F. (2003), "Factores asociados a la vocación emprendedora en alumnos universitarios". Presentado en la 8° Reunión Anual de la Red Pymes Mercosur, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- [7] SHAPERO, A. Y SOKOL, L. (1982). The social dimensions of entrepreneurship. En C. Kent, Sexton, D., Vesper, K. (Ed.), Encyclopedia of Entrepreneurship: 72-90. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- [8] BRAIDOT, N., CESAR, R. Y GONZÁLEZ, V. (2014). “Competencias emprendedoras en la formación de ingenieros, un desafío necesario.” Segundo Congreso Argentino de Ingeniería 2014. Ed. CONFEDI, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- [9] JOHANNISON, B. HJORTH, D. (2001); "Training for Entrepreneurship: Playing an Language Games - An Inquiry Into the Swedish Education System; en Brockhaus, H., Hills, G., Klandt, H., y Welsch, H.; Entrepreneurship Education. A Global Review; cap 24; Ashgate Publishing Limited, Inglaterra.
- [10] BRAIDOT, N. (2001), "Educación para la Empresarialidad en el Contexto Universitario Argentino: ¿Opción o Necesidad?", Congreso sobre Emprendedorismo y Desarrollo Local, Pigüé., Pcia. Buenos Aires, Argentina.
- [11] BRAIDOT, N Y CESAR, R (2013), “La Universidad como Promotora de Actitudes Emprendedoras”, en Creatividad e Innovación Aplicadas al Desarrollo Emprendedor. Ed. Universidad Nacional de Santa Fe (e-book).
- [12] DAVIES, L.; GIBB, A. (1991), "Recent Research in Entrepreneurship", The Third International EIASM Workshop, Gower, UK
- [13] BRAIDOT, N. Y CESAR, R. (2004), Educación para el Desarrollo de la Empresarialidad, en Entrepreneurship de Cardozo, O. y Chisari, O. Ed. Temas
- [14] CASTORINA, J. A. Y KAPLAN, C. (2003). Las representaciones sociales: problemas teóricos y desafíos educativos, en Castorina, José Antonio (comp.) Representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles, Gedisa, España.
- [15] BOURDIEU, P. (1988). Espacio social y poder simbólico. En Bourdier P., Cosas dichas. Buenos Aires, Gedisa.

PRINTEC 3D

Hector Nahuel Marvulli, FRRo-UTN, nahuelmarvulli@gmail.com

Nicolás Bressan Narvaez, FRRo-UTN, nicolasgbressan@gmail.com

Sebastián Viscusso, FRRo-UTN, bocha_viscu@hotmail.com

Darío Martín Mayor, FRRo-UTN, mayordariomartin@gmail.com

Giuliana Ramini, FRRo-UTN, giu_ramini@hotmail.com

María Emilia Suarez, FRRo-UTN, mariaemilia-suarezencina@hotmail.com

Florencia Bustos, FRRo-UTN, Florencia.bustos@live.com.ar

Leandro Tocalli, FRRo-UTN, leandrotocalli@gmail.com

Juan Alberto Farina, FRRo-UTN, IPS-UNR, juanalbertofarina@gmail.com

Sonia Beatriz Concari, FRRo-UTN, FCEIA-UNR, sconcari@gmail.com

Claudia Dania, FRRo-UTN, claudiadania@gmail.com

Ricardo Perez Sottile, FRRo-UTN, rpsottile@frro.utn.edu.ar

Rubén Sarges Guerra, FRRo-UTN, rubensguerra@gmail.com

Resumen

La impresión 3D surge para construir prototipos de piezas a medida y de forma utilitaria. Estas impresoras permiten crear cuerpos tridimensionales con software específico, superponiendo capas de plástico fundido, u otro método, polimerizando monómeros con resinas y luz UV. El desarrollo de esta tecnología trae aparejado avances en el diseño industrial e ingenieril, obteniendo un formato de piezas muy variado, y con la altura para responder a necesidades sociales concretas.

El proyecto plantea desarrollar una impresora 3D de bajo costo e integrar conocimientos adquiridos en un proyecto de ingeniería, desde un abordaje interdisciplinario. El mismo posibilitará disponer de una alternativa tecnológica innovadora, accesible, bajo la cultura *open source*, integrando distintas áreas de la Facultad y con la posibilidad de brindar soluciones a otras instituciones educativas.

Palabras clave— *impresión 3D, tecnología, sustentabilidad.*

1. Introducción

1.1 La impresión 3D en la educación superior

La formación de ingenieros hoy no puede estar alejada de las tecnologías que integradas en estrategias didácticas, dan soporte a actividades de aprendizaje que promocionan el desarrollo de capacidades y habilidades en estudiantes. En efecto, las denominadas tecnologías emergentes pueden constituirse en medios para interpretar información y construir conocimiento [1].

El informe 2013 del proyecto NMC Horizon Project [2], una iniciativa de análisis de tecnologías emergentes en educación, investigación, creación y gestión de la información, en colaboración con EDUCAUSE *Learning Initiative*, prevé que la fabricación digital tendrá una importante relevancia en la educación superior, la ciencia y la investigación creativa, y prevé que la impresión en tres dimensiones será una de las tendencias que se adoptarán en la enseñanza superior en un plazo de entre cuatro y cinco años.

Una de las tecnologías que más ha crecido en los últimos tiempos es la impresión 3D. Esta nueva forma de imprimir permite transformar un diseño digital en un objeto físico a través de diferentes metodologías, cada una en función de la forma y el tipo de material utilizado para crear las piezas, y es posible tener en poco tiempo, por ejemplo, herramientas, elementos de laboratorio, maquetas o prototipos realizados por los propios alumnos [3].

Marcelo Ruiz Camauër [4], CEO de Kikai Labs -empresa pionera en esta tecnología en Argentina- propone diez razones de importancia por las que incorporar impresoras 3D en la educación a nivel universitario o superior. Entre ellas: permite pasar de un diseño en la computadora a un objeto físico, permite hacer copias a un costo reducido en poco tiempo, pasar fácilmente del plano del diseño al plano físico de objetos reales, que hasta el momento solo era posible visualizarse en papel o en la pantalla en 2D, permite crear partes físicas que no pueden lograrse mediante técnicas de fabricación sustractiva. El CEO alude también al carácter lúdico, de exploración, creación y desafío para el estudiante quien debe atreverse a encarar proyectos para su construcción por él mismo. Al ser las impresoras muy asequibles en adquisición, mantenimiento y operación, además de pequeñas, limpias, inodoras y silenciosas, son adecuadas para estar en un aula o laboratorio. También posibilita el trabajo cooperativo y on line, de estudiantes y comunidades alejadas de centros importantes.

Por otra parte, el conocimiento de los procesos de impresión 3D, desde el diseño hasta la producción de un producto, pueden dar lugar a propuestas didácticas de interés educativo. A la vez, a través de piezas impresas en 3D, se puede tener acceso a elementos que de otro modo no se tendría acceso.

En el portal de innovación en la educación “Getting Smart” [5], se consideran algunas aplicaciones de la impresión 3D en la educación. Entre otras, aplicables a la formación en ingeniería está la impresión de muestras de piezas de vehículos, maquinarias y equipos diversos para luego ensamblarlas y construir prototipos y modelos, la impresión de maquetas de construcciones civiles, etc. Si se puede imaginar o diseñar, entonces, se puede materializar a través de la impresión 3D.

1.2 La impresión 3D en la industrialización de productos y servicios

Con el Programa Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo se busca estimular en los estudiantes universitarios el desarrollo de capacidades innovadoras, especialmente vinculadas al desarrollo industrial, y promover la aplicación de conocimientos mediante la generación de productos con destino a ser construidos como prototipos industriales.

La Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación, convocó a comienzos del año 2015 a estudiantes, docentes e investigadores de carreras vinculadas con la ingeniería, el diseño, las ciencias aplicadas, la tecnología y otras afines, a la presentación de proyectos que se orienten al desarrollo de productos innovadores que propongan soluciones productivas. La finalidad de estos productos debe estar destinada a atender ciertas necesidades de la comunidad, mejorar procesos de producción o solucionar problemáticas concretas. Los proyectos de desarrollo de productos que resulten seleccionados serán financiados para lograr la concreción de los prototipos industriales.

En ese momento la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado consideraba como un eje prioritario de su gestión intensificar el trabajo orientado a desarrollar el fin social de la Universidad Pública, establecido desde la Reforma Universitaria de 1918. En este sentido,

también pretendía cooperar en la contribución generada desde la Universidad al avance del sistema productivo nacional y aportar a las soluciones de problemáticas sociales.

Es por ello, que un conjunto de docentes y estudiantes de la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional decidimos conformar un grupo de trabajo interdisciplinario que tuviera como meta responder a la convocatoria de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y aunar esfuerzos en un proyecto común para desarrollar una impresora 3D.

En el contexto de la industrialización de productos y servicios, se utilizan cada vez más recursos materiales, muchos de ellos no renovables. Esto conlleva a problemas de limitada sustentabilidad. Es imperioso priorizar el empleo de materiales convenientes a los procesos productivos que contemplen el cuidado ambiental, con métodos de construcción y/o producción orientados al uso racional de los recursos, la reducción de desechos y el mejoramiento de procesos industriales. Estas condiciones, unidas al objetivo de producir con mínimo costo, proveen un escenario propicio para el desarrollo de nuevas tecnologías como la impresión 3D.

En este trabajo se presenta el proyecto en marcha cuyo objetivo es el desarrollo de un equipo de impresión 3D que reúna las condiciones de sustentabilidad de los procesos industriales, reciclado de materia prima, y un costo accesible, para satisfacer necesidades diversas.

2. Materiales y Métodos

Desde principios del siglo XXI, la aparición y el auge del movimiento *maker* y de los recursos abiertos u *open source*, sobre todo los ligados a la fabricación digital, confirma una tendencia transformadora generacional de gran relevancia en los medios y procesos creativos e industriales [6]. En los últimos años se han desarrollado numerosos recursos *open source* para el desarrollo de impresoras 3D.

Teniendo como objetivo del proyecto la fabricación de una impresora 3D, el grupo adhirió por la construcción de una impresora enmarcada en la cultura RepRap [7], donde se obtiene una máquina de prototipado 3D auto-replicante. Esto quiere decir que las piezas plásticas necesarias para el armado de la máquina pueden construirse con el mismo dispositivo que se fabrica. Por lo tanto, la existencia de una de estas máquinas permite la fabricación de los elementos necesarios para la construcción de nuevas impresoras. Además toda la tecnología y software necesario son de licencia libre -*open source*- por lo cual incentiva la creación de lazos entre constructores de distintas regiones y países, con la posibilidad de intercambio de información y oportunidades de mejora de forma gratuita e interesada en el avance de una comunidad que cada día crece más en el país y a nivel global.

El modelo que se construye es el denominado Prusa i3 [8], la versión 3 del desarrollador principal de RepRap, Joseph Prusajr, de la cual se puede conseguir comercialmente el kit para su completa fabricación. Estos kits no son dispositivos *plug and play*, es decir, dispositivos que pueden utilizarse en una computadora sin la necesidad de configuración, sino que es necesario hacer uso de conceptos y relaciones generales y específicos de mecánica, electrónica, diseño por ordenador y tecnología de impresión 3D.

No obstante, la metodología elegida es la de reemplazar la mayoría de materiales, elementos y/o dispositivos posibles del kit, por componentes recolectados de lo que se conoce comúnmente como “basura electrónica”, de esta manera se reutilizan los mismos, resultando en una disminución tanto del volumen de residuo producido como del costo implicado. Entendemos que esta práctica obliga a los participantes a cultivar en el ejercicio real la innovación y la visualización de soluciones originales que permitan el aprovechamiento de componentes y materiales que de otra forma se convertirían en desechos.

Dicho esto, se adjunta a continuación la lista de los materiales y dispositivos necesarios para la fabricación del modelo en particular citado, recalcando que algunos de los componentes fueron y serán reemplazados por otros que cumplan con las especificaciones y puedan obtenerse de material de chatarra electrónica.

Materiales necesarios:

- Rodamiento 623ZZ
- Kit extrusor de producción nacional
- Kit arduino
- Cadena de movimiento para cable
- Rodamiento 608ZZ
- Kit de estructura y varilla de acero producción nacional
- Poleas dentadas GT2
- Acopladores flexibles
- Hotend
- Cinta Kapton
- Kit de cableado
- Hobbed bolt
- Termistor 100K NTC 3950
- Base caliente
- Correa dentada
- Fuente de alimentación 12V tipo industrial
- Kit de tornillería
- Endstops
- Motor NEMA 17 1,7 Amp.
- Kit rodamiento LMU88
- Cable USB tipo AB
- Lubricante
- Filamento para impresora 3D - Bobina PETG
- Filamento para impresora 3D - Bobina PLA
- Filamento para impresora 3D - Bobina ABS

Bienes de uso:

- Juego de llaves tipo Allen
- Estación de Soldado soldador lápiz
- Calibre
- Morsa multiángulo 360° mandíbula de goma
- Juego de pinzas

- Tester tipo Fluke
- Lupa con pinzas y manos libres soldador
- Juego de destornilladores aislados

La gestión de trabajo implementada en el proyecto consiste en la consecución de una serie de etapas, proyectadas en la fase más temprana del proyecto, con una metodología que permitiese la concreción de los plazos temporales, así como la adecuada gestión de recursos y el trabajo ordenado en función de las responsabilidades asignadas. Un trabajo de desarrollo como este también requiere de las herramientas necesarias tendientes a la detección de errores e inconvenientes de forma temprana, por lo que esta metodología fue diseñada para corregir las problemáticas que surgiesen durante la marcha del proyecto. La división del proyecto en etapas y la realización de un informe de proyecto son herramientas que permiten lograr este cometido.

Etapas del proyecto:

- Relevamiento de alternativas de modelos de impresoras 3D
- Selección del prototipo y diseño
- Análisis de materiales y viabilidad
- Selección de componentes
- Componentes electrónicos reutilizables (solapada temporalmente a la anterior)
- Relevamiento y selección de software
- Análisis de costo-beneficio
- Construcción y montaje de la impresora 3D
- Evaluación de funcionamiento
- Puesta a prueba y plan de mejora
- Vinculación académica y social

Actualmente, se encuentra en ejecución la etapa 6. Una vez concretada y aprobada la funcionalidad óptima de la impresora 3D, será de vital importancia para el grupo la última etapa 11, la de vinculación tanto puertas adentro de la Facultad, como puertas afuera y con otros establecimientos educativos. Nos interesa el uso de la impresora para la fabricación de material didáctico. Esto alentará la visualización por parte de los participantes de los usos con mayor impacto humano en el contexto que nos rodea.

Además de mejorar el proceso constructivo, se busca que el material a utilizar como materia prima para llevar a cabo la impresión sea un material que permita replicar el proyecto en otros ámbitos y por otras personas, pudiendo ser mejorado tanto desde lo organizacional como en los aspectos técnicos.

El grupo de trabajo deja planteada como una extensión del proyecto el estudio de la factibilidad del uso de PET como material de alimentación a la impresora, de modo de reutilizar este polímero de uso profuso y cotidiano en la sociedad moderna, que algunos autores indican que puede llegar a ser incluso el 50% del volumen de residuo domiciliario producido. Esto redundará en el diseño de una máquina capaz de adecuar esta materia prima para el uso como filamento de trabajo.

3. Resultados y Discusión

La financiación del presente proyecto se logra gracias a la aprobación del mismo en el Programa Nacional Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo del año 2015. El depósito formal del recurso financiero necesario sucede seis meses después. Sin embargo, es necesario comentar que un inconveniente externo al grupo de trabajo, de origen interno a la institución, nos ha impedido hasta la fecha hacer uso de los fondos depositados para la compra de los insumos necesarios.

Sin embargo, esto no impidió que se avanzara en el mismo durante las etapas iniciales y medias del proyecto. Actualmente nos encontramos atravesando la etapa número 8 del proyecto. A continuación se reseñan los avances, las dificultades y los resultados parciales del mismo.

La primera reunión de trabajo se estableció con la finalidad de realizar la presentación grupal de los participantes interesados, definir las metas grupales e intercambiar información respecto a disponibilidad de horarios de trabajo y de contacto. Se fijó de forma clara la problemática a encarar con la ejecución del proyecto.

Los encuentros siguientes tuvieron como objetivo la definición de una estructura de trabajo. Esto incluye la organización de los participantes en cuanto al reparto de las actividades iniciales y las responsabilidades asumidas, la adopción de un cronograma de trabajo que reflejase las etapas de avance del proyecto, la generación vía web de un informe de proyecto de uso compartido, y demás herramientas de celeridad comunicativa que favorecieran el control temprano de problemas y fallas. Se eligió también un docente director de proyecto que de allí en más prestó los espacios y recursos necesarios para el desarrollo de las reuniones establecidas.

Respecto a esta etapa notamos como el principal inconveniente la poca experiencia que algunos integrantes del grupo poseían respecto al desarrollo de un programa adecuado de gestión de trabajo.

A continuación el grupo se dedicó a la lectura bibliográfica respecto a cuestiones básicas de la tecnología de impresión 3D, ya que algunos integrantes no poseían información previa suficiente, y luego en particular, a las distintas tecnologías existentes para el prototipado de piezas con estos dispositivos. Como ventaja se señala la gran cantidad de material (la mayoría en idioma inglés) que puede encontrarse en Internet, de descarga gratuita y a un nivel lo suficientemente específico para el presente proyecto de ingeniería. Aunque, al mismo tiempo, cabe señalar que algunos de estos textos o manuales revelaban en ocasiones estar incompletos o con escasa exactitud en algunos detalles técnicos.

Las tecnologías existentes para la impresión 3D con polímeros se basan esencialmente en dos métodos: la deposición en capas sucesivas de plástico fundido, o la fotopolimerización (por ejemplo con luz UV). En una reunión posterior se definió que sería el primero de estos métodos de funcionamiento aquel que sería más viable de construir. Asimismo ponderamos la existencia de otras experiencias (algunas también en estamentos universitarios) respecto a esta vía de fabricación de piezas.

Más tarde el grupo profundizó la investigación respecto a los distintos modelos de impresoras 3D por deposición de material fundido que existían globalmente, terminando por inclinarse hacia el modelo Prusa i3 [8], del proyecto de licencia abierta RepRap [7]. En este punto el principal obstáculo a sortear fue la comprensión de las ligeras variaciones entre los modelos encontrados y la evaluación del modelo que respondiera de forma más eficiente a nuestro interés. En esta etapa se hizo necesario que de allí en más uno de los integrantes del proyecto

asumiera un papel de liderazgo sobre el grupo de trabajo, dado el nivel de conocimientos requeridos para hacer un análisis adecuado de las cuestiones más técnicas encaradas, como así también para acortar los tiempos repartiendo las tareas a realizar. Observamos que la falta de un liderazgo a veces impacta negativamente haciendo que se diluyan las responsabilidades. En cambio la asignación de actividades específicas, habiendo un par que comande las mismas, ayuda a que no se produzcan retrasos por incumplimiento, al mismo tiempo que se convierte en un orientador de las dudas que surjan.

Elegidos los componentes, se pasó a la solicitud de presupuestos en distintas casas y comercios dedicados a la electrónica en general, y/o a esta tecnología particularmente, para definir una lista de insumos que cumpliera las especificaciones establecidas y fuese lo más asequible posible. La principal problemática surgió debido a que los pedidos de presupuestos no se hacían respecto a un kit completo que permitiese montar la impresora desde un solo proveedor, sino que se solicitó siempre que fue posible, cotizaciones de cada uno de los insumos por separado. Esto nos ayudó a plantear qué piezas son susceptibles de ser intercambiadas por componentes existentes en otros artefactos eléctricos y electrónicos.

Posterior a esta etapa, las vacaciones de verano redujo la intensidad en las actividades, las cuales prosiguieron ya habiendo pasado la etapa de mesas de exámenes y el inicio del cursado de las asignaturas en 2016.

Queda claro que el mayor impacto en la ejecución del proyecto se debe principalmente a la diferencia en horarios y responsabilidades respecto a las carreras de estudio, que impidió que en las reuniones concertadas pudiesen estar presentes todos los integrantes del proyecto. Es por esto que se vuelve fundamental las vías de comunicación abiertas para estar al tanto del avance de los trabajos y los nuevos compromisos a asumir.

Actualmente el grupo se encuentra en espera de que se concrete la aprobación para el movimiento de los fondos requeridos para la compra del material seleccionado.

Para finalizar, presentamos en la Figura 1 el modelo de impresora 3D que se pretende construir.

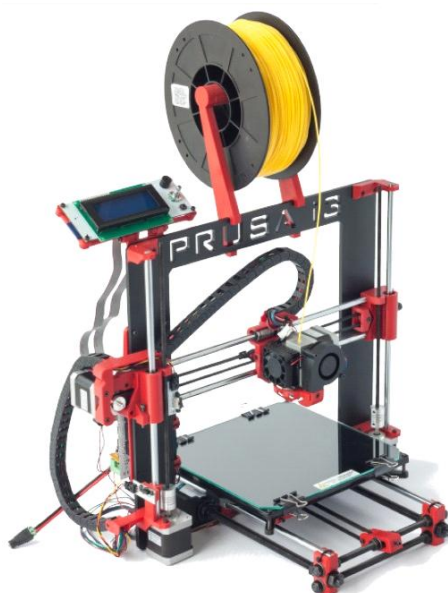


Figura 1: Impresora 3D Prusa i3 [3]

4. Conclusiones y recomendaciones

Creemos que el proyecto, aún en etapa de concreción, puede analizarse desde lo estrictamente técnico y tangible del bien a producir, como desde lo referente a lo formativo, organizacional y de metodología de gestión establecida.

Respecto a lo constructivo debe citarse que aún el bien no ha sido armado, por lo que la evaluación de funcionalidad de la impresora 3D no puede hacerse. Ello no quita que el grupo no pueda comentar algunas cuestiones respecto a la faceta constructiva. Destacamos la disposición que la comunidad que conforma esta tecnología de impresión ha tenido a la hora de brindar consejos y despejar dudas, incluso desde lo económico. Una fortaleza que tiene la cultura *open source* es que muchos de los detalles técnicos son comentados en los foros dedicados a la impresión 3D, lo que nos ayuda a estar atentos a los posibles problemas que pueden surgir durante la construcción y montaje del bien, así como las vías de solución posibles a tener en cuenta.

Desde la organización de las tareas y responsabilidades del grupo que conforma el proyecto pueden extraerse diversas conclusiones, que desde ya seguramente serán aumentadas a la hora de la finalización de las etapas planteadas.

En primer lugar, comentar desde lo personal y formativo de cada uno de los estudiantes intervinientes, un balance desde ya positivo dado el nivel de conocimiento al que vamos accediendo, y el manejo de disciplinas que sin este proyecto para algunos hubieran sido invisibles. El hecho de formar un grupo interdisciplinario, con áreas de la ingeniería en sistemas, eléctrica, mecánica y química, favoreció y continuará favoreciendo el intercambio de conocimiento. Además nos obliga a construir comportamientos, metodologías y carácter a la hora de llevar un proyecto de desarrollo e innovación adelante.

Un punto a señalar es el aprendizaje realizado respecto del trabajo con recursos limitados, pedido de presupuestos, elección óptima de insumos, y rendición de cuentas. Son aspectos que un ingeniero en especial, pero toda persona en general debería poseer para desenvolverse en un medio que requiere de estos conocimientos y prácticas fundamentales para el sostenimiento de cualquier actividad económica ordenada y responsable. En este sentido nos hemos visto impactados negativamente por problemas internos institucionales, que han demorado la liberación del recurso monetario adjudicado a nuestro grupo de trabajo. Este hecho debiera subsanarse próximamente, de modo de concretar la construcción del modelo final de la impresora diseñada.

Queda claro que proyectos de este estilo no suelen ser habituales en la universidad, donde lo más común es observar que los mismos se desarrollan puertas adentro de cada especialidad. Este formato de trabajo influye también en que cada participante pueda aportar desde su especificidad una mirada particular a la hora de encarar una situación, la cual abre las puertas a la discusión de puntos de vistas tal vez no contrapuestos, pero sí complementarios. Se convierte pues en una práctica de anticipación de lo que será luego algo habitual en el mundo de las empresas e industrias en general.

Experiencias como estas obligan a que el ingeniero o futuro ingeniero desarrolle una capacidad de aplicación de criterios y optimización a la hora de gestionar recursos y tiempo que no pueden aplicarse sólo desde el estudio de la teoría. Se aprende y perfecciona en la práctica, pues es allí donde surgen las problemáticas que impulsan nuestras competencias respecto de la resolución de las mismas. El saber establecer y seguir una estructura de trabajo requiere de actividades como la presente para adquirir las capacidades que permiten elaborarla, y responsabilizarse por su concreción.

Respecto al tiempo en específico, ha sido un impedimento el hecho de poseer horarios disímiles de parte de los participantes del proyecto. Pero el hecho de ser conscientes de esta cuestión y haberla previsto ayudó a que hasta la fecha el proyecto prosiga su curso normal y estipulado. Los docentes responsables han sido fundamentales a la hora de coordinar sus tiempos para la realización de las reuniones periódicas, disponiendo también de los espacios y recursos necesarios para la concreción de las distintas etapas del proyecto en vigencia.

El trabajo bajo esta metodología de proyecto genera en la institución el marco necesario para continuar con experiencias de este estilo, pues flexibilizan e impulsan el trabajo comunitario interdisciplinario. Es fundamental el peso de la historia que posea la propia entidad respecto de la concreción de actividades bajo estos formatos -en el presente caso ingenieriles- lo que sirve de cimiento para seguir ejecutando proyectos como el presente, y cada vez con mayores libertades y un mejor sostenimiento. Es por ello que se va pensando en dejar las puertas abiertas en ir aumentando y complejizando este proyecto al sumar una etapa posterior de estudio de factibilidad para la obtención de un bien que permita el aprovechamiento de polímero PET como filamento para alimentar la impresora. Esto impulsará a que puedan sumarse nuevos integrantes al grupo de trabajo actual.

Para finalizar remarcamos la necesidad de apertura que el grupo está comprometido a dar al proyecto PrinTec 3D, no solo para aquellos que quieran replicarlo, sino también para las áreas educativas que quieran ser beneficiadas con el uso y/o los productos obtenidos (la fabricación de recursos pedagógicos es un interés compartido por los participantes) de la impresora 3D.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: "PrinTec 3D" (D9-UTN1860) y "Resolución de Problemas de Física vinculados a la práctica profesional de la Ingeniería" (UTN-25/M064).

6. Referencias

- [1] CONCARI, S.B. (2015). Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 8, No. 3, Sept. 2014. 494-503. ISSN 1870-9095.
www.lajpe.org/sep14/13_LAJPE_899_Sonia_Concari.pdf
- [2] JOHNSON, L., ADAMS BECKER, S., CUMMINS, M., ESTRADA, V., FREEMAN, A.; LUDGATE, H. (2013). NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium. Recuperado de (consulta 15 /05/13):
<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/hr2013.pdf>
- [3] DONWEB. (S/F). El futuro de la impresión 3D orientado fuertemente a la educación. Recuperado de (consulta 10 /05/16): <http://agencia.donweb.com/el-futuro-de-la-impresion-3d-orientado-fuertemente-a-la-educacion/>
- [4] LONGO, J.M. (2013). Diez razones para incorporar impresoras 3D en la educación. Feb 27, 2013. Recuperado de (consulta 10 /05/16):
<http://www.sobretiza.com.ar/2013/02/27/diez-razones-para-incorporar-impresoras-3d-en-la-educacion/>
- [5] PARKER, N. (2012). 7 Educational Uses for 3D Printing. 14 de Noviembre, 2012. Recuperado de (consulta 10 /05/16): <http://gettingsmart.com/2012/11/7-educational-uses-for-3d-printing/>

- [6] RUIZ MARTÍN, J.M. (2015). El crecimiento de los open sources de fabricación digital y su implementación en el media lab. De la high-tech al do it yourself. *ComHumanitas*. Vol. 6, N° 1. Recuperado de (consulta 10 /05/16):
[http://revistas.comunicacionudlh.edu.ec/index.php/comhumanitas/article/view/2015\(1\)7](http://revistas.comunicacionudlh.edu.ec/index.php/comhumanitas/article/view/2015(1)7)
- [7] <http://reprap.org/>
- [8] http://reprap.org/wiki/Prusa_i3/es

Política de impulso a las Empresas de Base Tecnológica. El caso Biosima: resignificación y supervivencia

Oscar Antonio Morcela, Facultad de Ingeniería - UNMdP, omorcela@fi.mdp.edu.ar

Cintia Carla Hernández, UNQUI, cintiachernandez@gmail.com

Resumen— En 2007, se crea el MinCyT con base en dos estrategias de intervención: el desarrollo institucional del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y la focalización. Esta última vía prioriza las tecnologías de propósito general y una de las áreas estratégicas es la biotecnología. En ese marco genera un conjunto de instrumentos de financiamiento y acciones para el fomento y la expansión de la innovación, que se concentró en "Impulsar Empresas de Base Tecnológica" mediante la renovación de la estructura productiva y ampliación de las bases de la competitividad empresarial. El programa combina distintas líneas de asesoramiento y financiamiento dirigidas a apoyar nuevos emprendimientos innovadores de base tecnológica por ejemplo, mediante el instrumento EMPRETECNO - Creación de Empresas de Base Tecnológica (EBT).

Biosima es una empresa de base fuertemente tecnológica nacida de dos estudiantes de Biotecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQUI) tomando como primer proyecto la producción de cistes de *Artemia* en un sistema de recirculación cerrada para su posterior comercialización como alimento vivo para la industria acuícola, la cual muestra una demanda insatisfecha de este insumo clave para la producción de crustáceos y peces marinos.

El objetivo de éste trabajo es estudiar la trayectoria tecnológica para el artefacto "Biosima" identificando las diferentes situaciones de clausura y estabilización del concepto desde las perspectivas interpretativas de los diferentes grupos sociales relevantes (GSR), analizando la resignificación tecnológica.

Con base en el análisis socio-técnico se ha podido modelar la trayectoria de Biosima identificando tres fases bien definidas, conforme al siguiente modelo: etapa piloto, pre-industrial y recolección sustentable, desde la óptica de su significación artefactual en el marco de las dinámicas de cambio tecnológico en que se ha visto inmersa.

Palabras clave— *Empresa de Base Tecnológica, Análisis Sociotécnico, EMPRETECNO, Políticas Públicas, Artefacto.*

1. Introducción

Con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT), el gobierno argentino se propone dos estrategias de intervención: el desarrollo institucional del Sistema Nacional de CTI y la focalización. Para lograr la focalización mencionada se priorizan las tecnologías de propósito general (TPG) [1] y una de las áreas estratégicas es la biotecnología aplicable a varios sectores industriales, con el objetivo de aprovechar las potencialidades que ofrecen las TPG para generar saltos cualitativos en términos de competitividad productiva, mejoramiento de la calidad de vida de la población y

posicionamiento en términos de tecnologías emergentes en el mediano y largo plazo. Las estrategias comprenden a nivel de su operacionalización, cuatro ejes de trabajo: articulación, recursos, procedimiento e instrumentos de financiamiento.

El eje de instrumentos de financiamiento concierne a las herramientas más horizontales para promover la expansión de la base de CTI, la búsqueda de selectividad y direccionalidad en las intervenciones del MinCyT para impulsar la innovación, la conectividad y la coordinación entre los actores del sistema y también los mecanismos de provisión de fondos para las políticas de apoyo.

Particularmente resultan de interés para nuestro caso, un conjunto de instrumentos de financiamiento y acciones para el fomento y la expansión de la innovación, que se concentró en "Impulsar las EBT", mediante la renovación de la estructura productiva y ampliación de las bases de la competitividad empresarial. El programa combina distintas líneas de asesoramiento y financiamiento dirigidas a apoyar nuevos emprendimientos innovadores de base tecnológica por ejemplo, mediante el instrumento EMPRETECNO para la creación de EBT.

De esta forma queda definido uno de los marcos tecnológicos que subyacen en el presente trabajo, y que hace referencia a la tecnología de intervención estatal para el logro del desarrollo de la industria nacional a través de la aplicación del modelo de la Economía de la Innovación [2].

Los otros dos marcos tecnológicos imperantes vienen dados por los dos modelos difundidos para la producción de cistes de Artemia, el primero de ellos y más tradicional es la recolección del recurso natural como se presenta en la naturaleza y el segundo viene dado por la producción mediante un sistema de tecnológico de recirculación controlada.

El objetivo de éste trabajo es estudiar la trayectoria tecnológica para el artefacto "Biosima" identificando las diferentes situaciones de clausura y estabilización del concepto desde las perspectivas interpretativas de los diferentes grupos sociales relevantes (GSR), dejando en evidencia la pertinencia de marcos tecnológicos diferenciados. Asimismo, se analizará la resignificación tecnológica.

1.1. Presentación de la empresa BIOSIMA

Biosima es una empresa de base fuertemente tecnológica que nace cuando dos emprendedores, estudiantes de biotecnología de la UNQUI deciden conformar un proyecto de empresa Biotecnológica, y definen iniciar sus actividades tomando como primer proyecto: la producción de cistes de Artemia en un sistema de recirculación cerrada para su posterior comercialización como alimento vivo a la industria acuícola, la cual muestra una demanda insatisfecha de este insumo clave para la producción de crustáceos y peces marinos.

El proyecto, se inicia en 2007 como un proyecto emprendedor y comienza a tomar dimensiones mayores luego de participar en diferentes concursos de planes de negocios (Jóvenes Emprendedores – Banco Santander Río; NAVES – IAE; FUNDES – Bid Challenge), los cuales sirvieron tanto para dar visibilidad al proyecto, como también para obtener capacitación en distintas áreas, e incorporar socios inversionistas, previa conformación de una Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL). Esto permitió dar cierta entidad a los emprendedores, formular un plan de negocios, comenzar las primeras pruebas piloto "de garage", y realizar las primeras pruebas de mercado a nivel local.

En 2010 se lanza la línea de financiamiento del MinCyT, EMPRETECNO - PAEBT, que tiene como objetivo financiar desarrollos tecnológicos innovadores, hasta el comienzo de

facturación. Biosima logra aplicar a dicho programa y así financiar con capital público la compra de bienes de capital, insumos, pago de consultorías y viáticos.

Por otra parte, consigue a través de la incorporación de nuevos socios inversionistas, financiamiento privado destinado a cubrir gastos de contraparte del programa de financiamiento, entre los que se encuentran, gastos corrientes (como por ejemplo energía eléctrica, internet, contador, etc.), sueldos, impuestos (cargas sociales, IVA, etc.) e infraestructura.

Así en 2013, la empresa consigue materializar su desarrollo tecnológico en un predio de una hectárea ubicado en La Plata (altura ruta nacional 2, km 53.5), más de 150 m² cubiertos de laboratorios, planta piloto de tratamiento y envasado de producto, áreas auxiliares, y más de 250 m² de viveros en los que se implantó el sistemas automático de recirculación cerrada de producción.

Dado el grado de avance alcanzado, el emprendimiento es tomado como caso modelo por el MinCyT [3] que comienza a darle visibilidad tanto a nivel institucional (difusión a través del Banco Mundial [4], vinculándolo con Cancillería, el Ministerio de la Producción, Ciencia y Tecnología de Buenos Aires, etc.); como a nivel social (a través de diferentes presentaciones de innovación y emprendedorismo, stands y charlas en TECNOPOLIS y promoción en diferentes medios de comunicación gráficos [5]).

Mientras se trabajaba en la productividad del sistema de cultivo, el Lic. Sebastian Calvo, uno de los emprendedores, realiza un viaje a Utah, para estudiar más en detalle a la competencia. Desde cancillería (con la recomendación de la Agencia ANPCyT) y a través de la embajada Argentina en EEUU, Biosima recibe apoyo para concretar entrevistas con los principales productores de cistes de Artemia a nivel mundial. Allí se logra un mayor acercamiento al sistema de recolección sustentable con el cual las empresas pertenecientes a la cooperativa de Utah obtienen el producto. Por otra parte, estas empresas muestran interés para explorar posibles alianzas estratégicas con Biosima.

Dado este acercamiento con el sistema de recolección sustentable aplicado en el Gran Lago Salado (GLS) de Utah, la necesidad de Biosima de autofinanciar las últimas etapas del desarrollo tecnológico llevado a cabo en La Plata, y la existencia de un lago salado en la provincia de Córdoba, de proporciones y condiciones ecosistémicas similares al del GSL, se comienza a analizar las posibilidades de iniciar sus actividades comerciales, recolectando cistes de forma sustentable del Mar de Ansenúza, Córdoba.

Como primer paso se decide estudiar la productividad potencial de cistes de Artemia del Mar de Ansenúza y para ello se contratan los servicios de los investigadores del PROMAR (Centro de Zoología Aplicada de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba) y se constata la existencia de cistes en proporciones suficientemente altas como para realizar una actividad extractiva sustentable comercial.

Actualmente se están tramitando los permisos para realizar la extracción sustentable de cistes de Artemia, tomando como modelo la actividad realizada en GSL, ante la Secretaría de Ambiente, dependiente del Ministerio de Agua, Ambiente y Energía de la provincia de Córdoba.

2. Abordaje Teórico-Metodológico

Un marco tecnológico está compuesto, para empezar, de conceptos y técnicas empleadas por una comunidad para la resolución de sus problemas [6]. Los marcos tecnológicos no son entidades fijas, sino que son desarrollados como parte del proceso de estabilización de un

artefacto [7] y por su naturaleza social, debe ser sostenido por las interacciones entre los elementos del sistema. Es notorio como el conjunto de interacciones que determinan el marco tecnológico funcionan como restricciones para las interacciones futuras (restringiendo los grados de libertad de los GSR) y sin embargo tienen un efecto reforzador en la percepción de factibilidad de las restantes posibilidades desde la óptica de los GSR implicados.

La transducción es un proceso auto-organizado de generación de entidad y sentido, que aparece cuando un elemento (en nuestro caso el artefacto Biosima) es trasladado de un contexto sistémico a otro [7]. Los procesos de transducción son significativos para nuestro análisis ya que el artefacto migrará entre tres marcos tecnológicos y en ese proceso de migración será interpretado bajo las reglas del nuevo sistema, apareciendo nuevos problemas y soluciones asociadas.

Una dinámica socio-técnica es un conjunto de patrones de interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores [7], cuya característica estocástica viene determinada por los cambios o alteraciones en los sistemas socio-políticos imperantes. Asimismo, la trayectoria socio-técnica es un proceso de co-construcción entre productos, procesos (productivos, organizacionales, de aprendizaje, construcción de funcionamiento o no-funcionamiento, etc.) e instituciones.

Las trayectorias socio-técnicas se constituyen entonces en una herramienta singular de análisis, pudiendo aplicarse a cualquier elemento socio-técnico (en nuestro caso la firma Biosima) con el objetivo de ordenar las relaciones causales entre elementos heterogéneos a lo largo de secuencias temporales definidas [8].

Particularmente llegaremos a modelizar la trayectoria socio-técnica de la firma Biosima a la luz de las dinámicas identificadas para cada una de las tres fases que hemos podido observar en su trayectoria socio-técnica.

El concepto de flexibilidad interpretativa viene dado por la diversidad de interpretación que los analistas o actores pueden tener sobre el mismo fenómeno, por tanto, la interpretación de un fenómeno no es sinónimo de la naturaleza misma y por tanto no es posible resolver los debates o controversias sobre el fenómeno basados en la naturaleza.

En los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) debe demostrarse la flexibilidad interpretativa de los artefactos, mismo concepto que se aplica a la diversidad de diseño o a la mutación del diseño a lo largo de la vida del artefacto, en función a los consensos de los actores relevantes para su interpretación y definición [9].

Asociado entonces al concepto anterior, el funcionamiento de los artefactos no es algo dado, intrínseco a las características del mismo, sino que es una contingencia que se construye social, tecnológica y culturalmente [7].

El proceso de resignificación tecnológica implica la reutilización creativa de cierta tecnología previamente disponible. Las operaciones de resignificación se encuentran en la interface entre las acciones sociales de desarrollo tecnológico y las trayectorias tecnológicas de grupos sociales concretos en la lógica del “tejido sin costura” de la dinámica socio-técnica [7].

Para dar cuenta de ello abordaremos el análisis de cada una de las fases comenzando con la identificación de los GSR y demás elementos característicos particulares, avanzando en la construcción de funcionamiento en cada una de las fases, en la lógica de la flexibilidad interpretativa desde los distintos puntos de vista de los actores y grupos sociales relevantes, y finalmente, expondremos cómo el proceso de resignificación tecnológica es utilizado como estrategia de supervivencia dentro de la firma en el contexto actual.

Desde el punto de vista metodológico se siguieron las normas previstas para un estudio de caso único. El uso y los enfoques de estudios de casos dentro de la tradición de investigación empírica de la sociología son muy amplios y diversificados. Los estudios de casos tienden a focalizar en un número limitado de hechos y situaciones para poder abordarlos con la profundidad requerida para su comprensión holística y contextual [10].

Los estudios de caso único suelen utilizarse, fundamentalmente, para abordar una situación o problema particular poco conocido que resulta relevante en sí mismo o para probar una determinada teoría a través de un caso que resulta crítico. Este último tipo reproduce la lógica del experimento y pone a prueba a partir de un caso que por sus condiciones resulta apropiado para evaluar la adecuación de una teoría establecida, y representa el sustento metodológico del presente trabajo.

Le recolección de información se llevó a cabo mediante diversas fuentes, tales como el análisis documental de fuentes primarias provistas por la empresa y de fuentes secundarias como los sitios web de los diversos actores e instituciones. También se realizaron entrevistas en profundidad a diversos informantes claves y actores relacionados con los GSR identificados.

2.1. Trayectoria Socio-Técnica de Biosima: Identificación de Fases y GSR

De la introducción podemos extraer entonces tres fases bien definidas, que delimitaremos conforme al siguiente modelo:

Fase 1: Etapa piloto (2007-2010)

Grupos sociales relevantes y elementos del sistema: en esta etapa se han identificado cuatro GSR vinculados al artefacto analizado, comenzando por los Emprendedores originales, que tienen la idea y creen que puede representar una oportunidad de negocio; la idea-concepto que consiste en la posibilidad de producción de cistes de *Artemia* mediante un proceso de recirculación controlada se convierte entonces en un elemento del sistema; el mercado local, que ha sido analizado previamente y se encuentra insatisfecho en relación al producto, y que sobre el final de la etapa juega un rol determinante en la prueba de comercialización es otro de los GSR; igualmente son un GSR las Entidades de Emprendedores, que son organizaciones intermediarias que proveen los primeros contactos, tienen capacidad de localizar inversionistas y dan visibilidad a la empresa, aportando incluso el capital inicial (en forma de premios) que permite realizar las pruebas a escala piloto y la capacitación para la generación de un Plan de Negocios; del mismo modo lo son los inversionistas que realizan el primer aporte de capital semilla y son parte fundamental para la conformación de la firma (en su forma de SRL); asimismo el capital y el sistema legal se constituyen como elementos necesarios para la existencia física y jurídica respectivamente.

Estos GSR configuran la primera alianza socio-técnica que culmina dando entidad física y jurídica a la empresa Biosima, y estabilizando el primer marco tecnológico que corresponde a la producción controlada de cistes de *Artemia* mediante un proceso de recirculación cerrada.

Esta alianza posibilitó el flujo de información, conocimientos y de capital entre los grupos mencionados, mientras que los emprendedores fueron logrando capacidades de comunicación de su idea-proyecto, comenzaron a lograr visibilidad mediante la forma de premios y reconocimientos (en el apoyo explícito de las Entidades de emprendedores) y fortaleciendo su posición mediante el elemento de comunicación llamado Plan de Negocios.

El flujo de capital desde las Entidades de Emprendedores en forma de premios permitió fortalecer el Plan de Negocios con sustento en las primeras pruebas a escala piloto (denominadas pruebas de garage), lo que posibilita la inserción exploratoria del producto en el mercado local. Todo el conjunto de nueva información y evidencias sumado a la red de contactos provista por las Entidades de Emprendedores permitió la incorporación de Inversionistas con aporte de capital en otra escala, que finalmente terminó concretando formalmente a la empresa.

Fase 2: Etapa Pre-Industrial (2010-2013)

En esta fase se desarrolla la vinculación de la empresa con las políticas públicas de impulso a la creación de EBT, llevada adelante por el recientemente creado MinCyT. Los instrumentos de financiamiento, especialmente el EMPRETECNO de FONARSEC, orientado a financiar proyectos innovadores de generación de EBT, aportaron capital para el desarrollo tecnológico hasta antes de comenzar la actividad económica de facturación.

El nuevo esquema incorpora las políticas públicas de innovación como elemento adicional, que por su especificidad sectorial se transforman en una herramienta de aporte de capital direccionada. La entidad gubernamental MinCyT que pone en funcionamiento esta nueva herramienta de promoción y aporta visibilidad y respaldo (de algún modo prestigio) al proyecto se constituye en un nuevo GSR que ingresa al sistema; al tiempo que se retiran del sistema las asociaciones de emprendedores que ven cumplido su ciclo.

Es en esta fase donde aparecen nuevos inversores, aportando capital extra para cubrir las necesidades de contraparte y de gastos de operación. La planta piloto (garage) desaparece en esta fase y se incorpora la Planta de Producción Pre-Industrial como elemento adicional, que se adquiere gracias al aporte de capital público-privado.

El marco regulatorio es determinante de la etapa, ya que para poder incorporar a algunos inversores fue necesario modificar la forma jurídica de la firma, convirtiéndose en Sociedad Anónima (SA), ya que algunos de los nuevos socios eran empresas que estaban ejecutando líneas de financiamiento de FONTAR.

Finalmente, el mercado local que inicialmente constituía uno de los GSR, sufre una modificación y se amplía al mercado internacional, ya que la empresa consigue la proyección internacional gracias a la promoción y visibilidad que aportan los distintos organismos del Estado (incluso contactos clave aportados por Cancillería). Entran también, como GSR, los competidores (internacionales), que aportan conocimientos e información y que manifiestan su interés por formalizar alianzas comerciales estratégicas con Biosima.

En esta fase, el flujo de capital es quizás el determinante para la vinculación entre los diferentes GSR, aunque la visibilidad aportada por los organismos gubernamentales se vuelve también significativa. El capital circula entre los grupos relacionados con el financiamiento (MinCyT, Biosima, Inversores) y la información en forma de visibilidad hacia el mercado y en forma de know how circula desde los competidores hacia la empresa. Asimismo las regulaciones dan forma a la empresa en función de las necesidades de los grupos sociales y la Planta de Producción determina físicamente a Biosima.

La clausura viene condicionada por el poder ejercido por el GSR MinCyT, lo que conlleva a la estabilización del concepto dentro del segundo marco tecnológico pero sin abandonar el primer marco tecnológico ya que el mismo se encuentra subyacente e inalterable en la definición del sistema productivo que no ha sufrido cambio alguno.

Fase 3: Etapa de Recolección Sustentable (2013 en adelante)

Esta fase, que se encuentra desarrollándose en la actualidad, tiene como GSR a los Emprendedores, que retoman el ejercicio del poder y presentan un Plan de Extracción Sustentable de Cistes de Artemia como elemento central del sistema, el cual debe ser aprobado por dos nuevos GSR que se incorporan, Secretaría de Ambiente de Córdoba y la Comunidad Local. De este modo vemos como hay dos nuevos GSR en relación al “artefacto” Biosima, pero también puede notarse que la permanencia del resto de los actores.

Al contrario que en la fase 2, en la que veíamos cómo desaparecían algunos GSR, en este caso vemos que todos continúan vinculados al proyecto. Algunos ya no participan con el mismo peso, ya que la visibilidad y el “prestigio” en el sentido de capacidad de ejercer agencia sobre los otros grupos, que otorgábamos al MinCyT se encuentra debilitada en buen grado, por la configuración política local (Provincia de Córdoba).

Por otro lado, encontramos que la Planta de Producción, si bien no aparecía centralmente en la fase 2, es ahora uno de los mayores demandantes de capital. Es interesante mencionar que la incorporación formal de los actores sociales locales es determinante en el desarrollo de la fase, como así también el rol de los competidores, convertidos casi en socios estratégicos de Biosima, para la consumación del nuevo negocio.

Vemos como los flujos de Información, de capital y de influencia se consuman entre los GSR, como así también vemos nuevamente la cuestión regulatoria del marco legal, que ahora se amplía a las normativas provinciales y locales de un nuevo territorio que se incorpora al análisis.

El proceso de clausura de la etapa aún no se ha podido observar, ya que están pendientes las definiciones de sentido de algunos de los GSR, pero lo que si puede establecerse es que el nuevo marco tecnológico se encuentra determinado (recolección sustentable de cistes de Artemia en el Mar de Ansenúza), y que la estabilización de esta fase demandará inevitablemente la resolución entre la tensión de los marcos tecnológicos primero y tercero. Definitivamente, el marco tecnológico segundo, ha perdido su relevancia en la presente etapa.

En la Tabla 1 presentamos un resumen de los elementos intervinientes en las distintas fases que atraviesa la trayectoria de Biosima, categorizados según son atravesados por ejes de análisis financieros, científicos-tecnológicos, legales o políticos.

Tabla 1. Elementos presentes y sus ejes de análisis, para la trayectoria de Biosima.

Tipos de elementos intervinientes en las distintas fases	Fase 1: Etapa Piloto	Fase 2: Etapa Pre-Industrial	Fase 3: Recolección Sustentable
Elementos relacionados al Capital	<ul style="list-style-type: none"> - Dinero, capacitación y difusión proveniente de Asociación de Emprendedores. - Dinero aportado por Inversionistas. - Trabajo aportado por los emprendedores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bienes de capital, Insumos, consultorías y viáticos aportados por Empretecno - Bienes de capital aportados por Art. 2 otorgado a socio inversionista. - Dinero apostado por los socios inversionistas. - Predio + Infraestructura - Trabajo aportado por los emprendedores 	<ul style="list-style-type: none"> - Predio + Infraestructura + laboratorios + planta de tratamiento y envasado - Dinero aportado por inversionistas - Trabajo aportado por los emprendedores.

Elementos relacionados a I+D+i	<ul style="list-style-type: none"> - Idea-concepto. - Plan de negocios. - Pruebas de garage. - Desarrollo de mercado local 	<ul style="list-style-type: none"> - Planta Pre-Industrial - Análisis de la Competencia - Desarrollo de mercado internacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis productividad de la laguna. - Pruebas de recolección. - Estudio de Impacto Ambiental. - Planta de tratamiento y envasado de cistes. - Plan de Extracción Sustentable - Análisis de plan de extracción sustentable de la Competencia
Elementos Regulatorios	<ul style="list-style-type: none"> - SH Emprendedores - Biosima SRL 	<ul style="list-style-type: none"> - Biosima SA - Aprobación de planta (Municipal - Senasa - RENACUA) - Normativa Impositiva y de RRHH 	<ul style="list-style-type: none"> -Biosima SA - Legislación ambiental (Ley 10.208, Ley 6964, Dec. 3215/94)
Instrumentos e Instituciones de Políticas Públicas CTI		<ul style="list-style-type: none"> - MINCYT (AGENCIA - FONARSEC - FONTAR) 	<ul style="list-style-type: none"> -Sec. Amb. Cba - Intendencia

Fuente: elaboración propia

3. Funcionamiento y Resignificación

Es necesario analizar la construcción del funcionamiento de la firma en cada una de las fases, en la lógica de la flexibilidad interpretativa que cada uno de los GSR le aportan, ya que el funcionamiento de los artefactos (en este caso la firma Biosima) no es algo intrínseco a sus propias características, sino que es una contingencia que se construye social, tecnológica y culturalmente [7].

Asimismo, se entiende al funcionamiento como un proceso de construcción continua, dinámica, y que a lo largo del tiempo va teniendo diversos momentos de clausura y estabilización [7], que se corresponden con el final de cada una de las fases descrita para la trayectoria tecnológica, y por ende se va reconfigurando mediante los ajustes y modificaciones que construyen nuevas y diversas formas de funcionamiento.

Vemos como en la fase 1, la idea-proyecto en la cabeza de los emprendedores va construyendo el funcionamiento de Biosima, y para comunicar su idea se valen del Plan de Negocios. En una primera instancia el Plan se hace acreedor de premios y reconocimientos que le permiten un primer aporte de capital, y ahí vemos cómo las organizaciones de apoyo a emprendedores colaboran en la construcción del funcionamiento de esa idea.

Se hace necesario entonces poder mostrar la factibilidad técnica económica del proyecto haciendo las primeras pruebas a escala piloto, para lo que se valen de ese primer aporte de capital y se construye la planta piloto garage. De esas primeras pruebas se consiguen las primeras unidades comerciales de producto que se someten al mercado local, que colabora en la

construcción de funcionamiento de la Empresa mediante la aceptación del producto, y por tanto se fortalece la construcción de funcionamiento, que logra captar inversores iniciales y terminan dando forma a Biosima SRL, con la estabilización del proceso en la forma físico - jurídica del “artefacto firma”.

Puede verse que la clausura se produce al concluir la controversia sobre la factibilidad de la idea-proyecto, ya que todos los GSR encuentran evidencia en los distintos elementos del sistema para ver resuelto el “problema” de la factibilidad técnico-económica. Finalmente el Artefacto queda estabilizado y el marco tecnológico definido.

La fase 2 comienza con un proceso de desestabilización que viene dado por la necesidad de transducción para la adecuación de la forma del artefacto a las necesidades del elemento “política pública de promoción de EBT”, concretamente expresado en las bases de la línea de crédito FONARSEC. Los emprendedores necesitan reconfigurar el funcionamiento de microemprendimiento autónomo para comenzar a construir el nuevo funcionamiento de la firma como candidata a aplicar un ANR que le permitirá crecer con un aporte de capital público.

Rápidamente el GSR de los inversores se alinea con la posibilidad de crecimiento. Este proceso de reconfiguración responde a la lógica de las relaciones problema-solución, donde el problema no es tecnológico sino de accesibilidad al financiamiento, por tanto se produce la transducción del concepto Biosima al nuevo marco tecnológico y en el proceso se observa la aparición de nuevos sentidos derivados de la resignificación en la nueva dinámica socio-técnica.

En el nuevo marco tecnológico el problema pasa a ser la resignificación socio-técnica de Biosima SRL, y la solución viene dada por la agencia del GSR que ejerce el poder, que en este caso es el MinCyT.

La herramienta de gestión administrativa del FONARSEC se vuelve un elemento clave para la construcción del funcionamiento de la postulación, aunque en las primeras instancias construye en parte el no funcionamiento, hasta que se logran vencer los escollos de la burocracia administrativa y los actores de los estratos administrativos del GSR MinCyT, cumplidos los requisitos y formas de rigor, comienzan a construir funcionamiento mediante las aprobaciones y visados. Los emprendedores utilizan estrategias de capacitación y de comunicación para cumplimentar esos requisitos de postulación.

Con posterioridad, el MinCyT se transforma en un GSR que construye fuertemente el funcionamiento de la EBT Biosima, al considerarla empresa testigo o caso modelo, ejerciendo agencia y poder sobre el resto de los GSR. Asimismo, el marco regulatorio opera fuertemente en la forma jurídica de la empresa, a fin de construir su funcionamiento desde el punto de vista legal, por lo que se reconvierte de SRL a SA.

Aparecen también los competidores externos en esta fase, colaborando en la construcción de funcionamiento y aportando información sobre el mercado internacional. La posibilidad de contar con una Planta de producción funcionando, permite alinear a los actores del mercado local, que colaboran en la construcción del funcionamiento de la empresa.

Es importante notar como desde el punto de vista de la flexibilidad interpretativa, Biosima es un “Emprendimiento Biotecnológico” para sus mentores, representa a la vez una “oportunidad de negocio” para sus inversores y una “potencial alianza estratégica” para sus competidores, una oportunidad de obtener un “insumo de producción local” para el Mercado y es para el MinCyT, una EBT testigo o modelo, que representa el éxito de la política pública implementada. Esta etapa concluye por tanto con una clausura temporaria y estabilización del artefacto, aunque desde el punto de vista interpretativo coexisten dos sentidos de funcionamiento bien diferenciados.

La fase 3 surge luego de la estabilización de la EBT (caso exitoso testigo) visto en la fase 2. Debe notarse, que luego de la estabilización el GSR MinCyT, considera que el funcionamiento del artefacto ya está dado. Esta visión es limitada, ya que su interpretación tiene los límites estructurales de la herramienta de financiamiento, es decir, el éxito de la etapa “antes de la facturación / durante la etapa de desarrollo tecnológico”.

La limitación del instrumento de financiamiento, conspira entonces contra la continuidad del funcionamiento de Biosima SA, ya que la misma debe empezar a producir y cubrir sus costos operativos, pero no hay líneas de financiamiento ejecutándose en ese sentido, por tanto, el interés de sostener el funcionamiento desde el punto de vista del MinCyT se limita al sostenimiento de algún criterio de éxito perdurable en el tiempo, para su EBT testigo y modelo.

Por el contrario, tanto para los emprendedores como para los inversores, la nueva construcción del funcionamiento excede los límites actuales, ya que ahora la autosustentabilidad del artefacto empresa sería el criterio que produce su estabilización, y su construcción de funcionamiento viene de la mano de una nueva estrategia de financiamiento que tiene relación con la diversificación del proceso productivo, que migra desde la producción por recirculación cerrada (Planta de La Plata) a la recolección sustentable (Mar de Ansenusa, Córdoba).

La construcción se encuentra motorizada por elementos de *know how* provistos por los competidores, como así también por los estudios de factibilidad generados y las capacidades desarrolladas en las fases anteriores. La presencia de un nuevo marco tecnológico para el desarrollo territorial del proyecto en Córdoba, implica la incorporación de nuevos GSR que en esta etapa están siendo determinantes en la construcción de funcionamiento del artefacto.

El poder deja de ejercerse desde el GSR MinCyT, y pasa nuevamente a triangularse entre la estructura administrativa local (Córdoba), la sociedad local y nuevamente los Emprendedores y su capacidad de agencia sobre los restantes GSR.

Esta etapa está aún inconclusa, pero podemos avanzar en el análisis comentando la estrategia de adaptación mediante la resignificación tecnológica del artefacto. Como parte de dicha estrategia de resignificación de la tecnología, se plantea nuevamente un proceso de Transducción.

La transducción es un proceso de auto-organizado de generación de entidad y sentido que aparece cuando un elemento (en este caso el desarrollo de un sistema de extracción sustentable de cistes de *Artemia*), es trasladado de un contexto sistémico a otro (en este caso de GSL a Córdoba). Es indispensable mencionar que la necesidad de resignificación ha sido presentada como posible solución al problema de la sustentabilidad del emprendimiento y a la necesidad de incorporación de nuevos capitales, que potencialmente pueden ser provistos por la explotación comercial de un recurso natural disponible y con factibilidad técnica probada.

La controversia actualmente está centrada en la sustentabilidad del recurso natural y en la interpretación del marco regulatorio aplicable, y cuenta con la agencia incipiente de la comunidad local y de sus autoridades municipales, que ven el funcionamiento de la idea en términos de generación de empleo y desarrollo local.

Asimismo, las estructuras burocráticas locales y el marco regulatorio construyen el “no funcionamiento” del proyecto en la lógica de la existencia de barreras burocrático-administrativas y de una interpretación tradicional conservadora, y en algún caso sesgada de la normativa de aplicación.

Será indispensable tener presente la capacidad de agencia de estos dos GSR y la incorporación al sistema de nuevos actores o GSR (como por ejemplo los medios de comunicación local y los formadores de opinión) que actualmente no están presentes en forma significativa.

4. Conclusiones y recomendaciones

A lo largo de la trayectoria tecnológica de Biosima, se ha puesto en evidencia la necesidad de considerar los diferentes estadios que debe atravesar la generación de una EBT-BIO innovadora, desde la generación de una idea proyecto hasta su auto-sustentabilidad económica lograda a partir de la comercialización de un producto innovador de alto valor agregado (pasando también por la etapa de desarrollo tecnológico), al momento de diseñar las políticas de fomento de generación de EBT.

Esto posibilitaría generar instrumentos que brinden apoyo acorde a las necesidades que se plantean en cada estadio de este tipo del emprendimiento, y permitiría sostener una cuota de poder significativo en el GSR que necesita construir el funcionamiento integral del artefacto, a lo largo de todo su ciclo de vida. De otro modo, esa lógica intervencionista puede quedar limitada y ser completamente inefectiva.

En el cuadro de elementos intervinientes en las diferentes fases de la trayectoria del artefacto Biosima se vislumbran ausencias de elementos institucionales y de políticas públicas en las fases de conformación de proyectos, y desincronización de los existentes en las fases posteriores. También se observa desarticulación entre los elementos de financiamiento necesarios, los brindados, y los elementos regulatorios impositivos.

El análisis de dichas ausencias es necesario para observar como desde el punto de vista estructural, mientras algunos elementos permiten co-construir el funcionamiento del artefacto de forma efectiva, otros elementos conspiran en dicha construcción y es notorio como en muchos casos son elementos generados, gestionados y controlados por los mismos GSR a los que les interesa su capacidad de agencia sobre la cuestión.

Finalmente, utilizando una batería de análisis socio-técnico se ha podido modelar la trayectoria tecnológica de Biosima, desde la óptica de su significación artefactual en el marco de las dinámicas de cambio tecnológico en que se ha visto inmersa.

5. Referencias

- [1] ECHEVERRÍA, J. (2009). Interdisciplinariedad y convergencia tecnocientífica nano-bio-info-cogno. *Sociologías*, Porto Alegre, año 11, n. 22, julio/diciembre 2009, pp 22-53.
- [2] EMILIOZZI, S., LEMARCHAND, G.A. y GORDON, A. (2009). *Inventario de instrumentos y modelos de políticas de ciencia, tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe*. Buenos Aires: BID - REDES
- [3] MINCYT (2015). Nota de Promoción en sitio institucional: <http://www.mincyt.gob.ar/casos-modelo/una-empresa-argentina-podra-abastecer-a-acuicultores-a-nivel-mundial-10125>
- [4] BANCO MUNDIAL (2015) Video Promocional: <http://www.bancomundial.org/es/news/video/2013/12/04/emprendedores-argentina>
- [5] EL CRONISTA (2013) Nota Periodística: <http://www.cronista.com/pyme/Como-financiar-un-emprendimiento-cientifico-20130404-0018.html>
- [6] BIJKER, W. (1987). La construcción social de la baquelita: hacia una teoría de la invención. In: BIJKER, W.; T. P. HUGHES y T. PINCH (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology of Science and Technology*. Cambridge: The MIT Press.

- [7] THOMAS, H. (2008). Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico. In: THOMAS, H. y BUCH, A. (coordinadores). *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*. Quilmes: UNQUI, 2008.
- [8] PICABEA, F. y THOMAS, H (2011). Política económica y producción de tecnología en la segunda presidencia peronista. Análisis de la trayectoria socio-técnica de la motocicleta Puma (1952-1955). *REDES*, v. 17, n. 32, Buenos Aires, junio 2011, PP. 65-93.
- [9] PINCH, T. y BIEJKEK, W. (1987). La construcción social de hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutua-mente. In: THOMAS, H. y BUCH, A. (coordinadores). *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*. Quilmes: UNQUI, 2008.
- [10] NEIMAN, G. y CUARANTA, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. In: VASILACHIS DE GIALDINO, I (Coord.). *Estrategias de la Investigación Cualitativa*. Barcelona: Gedisa.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

UNAJ Incuba. EL CASO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA Y AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL ARTURO JAURETCHE (UNAJ)

J. Enrique Carrizo, Instituto de Ingeniería y Agronomía UNAJ, ecarrizo@unaj.edu.ar

María Sol Rodríguez, Instituto de Ingeniería y Agronomía UNAJ, srodriguez@unaj.edu.ar

Resumen— Desde abril del 2014 la UNAJ, a través del Instituto de Ingeniería y Agronomía (IlyA), fue calificada por la SEPyme como Institución Especializada en Apoyo Emprendedor. Lo anterior posibilitó trabajar con herramientas tal como el PACC emprendedor, un aporte no reembolsable de hasta \$150.000 para emprendimientos que no superaran los dos años de antigüedad.

Con el objetivo de potenciar el desarrollo económico y social de la región las acciones contemplaron desde la formulación y presentación del Plan de Negocios hasta aspectos específicos asociados a la gestión del emprendimiento, entre los cuales se encuentran: regulaciones vigentes, tecnologías apropiadas, segmentos de mercado, cadenas de valor y redes asociativas. Para ello fue necesario conformar un equipo de trabajo con docentes del IlyA, cuyo rasgo distintivo es, y sigue siendo, su transdisciplinariedad. En función de esta capacidad, se potencia la complementariedad para el abordaje del proceso de formulación y evaluación.

La mayoría de los proyectos formulados y presentados vía PACC Emprendedor en el periodo 2014 – 2015 posibilitó la búsqueda de soluciones para las problemáticas propuestas, como también el fomento y la promoción del emprendimiento social. Lo cual insertando las condiciones de borde que operan sobre cada propuesta dentro del proceso áulico de diferentes asignaturas, ya sea de manera simultánea o cronológica, se pueden analizar como estudios de caso pertinentes para la formación del Ingeniero.

Palabras clave— Incubadora, Innovación abierta, Emprendimientos Sociales, Competencias Emprendedoras

• 1 Introducción

El abordaje de la cuestión emprendedora como así también de la incubación en nuestro país puede remontarse a unas décadas hacia atrás en consonancia con lo sucedido en otros países con programas de similares características [1], más recientemente se puede observar la articulación transversal entre diferentes organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, productoras de bienes y servicios como así también del conocimiento científico y tecnológico. Las que dieron forma a un ecosistema emprendedor que ha ido evolucionando a través de diversas experiencias y actividades posibilitando emergentes sistémicos que al presente ofrecen oportunidades de trabajo transdisciplinar en torno a la temática.

Por su parte el contexto en el que se desarrolla el ecosistema emprendedor genera las condiciones de borde a partir de las cuales se deberán confeccionar las diversas alternativas de planeación estratégica situacional, que de acuerdo a Matus [2] se corresponden con sistemas de incertidumbre dura. Las características del entramado socio productivo, desde el tipo de sector económico implantado hasta la tipología del emprendimiento, accesibilidad a programas de apoyo emprendedor, posibilidades de asociatividades locales y regionales y el potencial de innovación incidirán en los esquemas de generación y sostenibilidad de la propuesta emprendedora [3]. Al hablar de asociatividad se hace referencia entre otras cosas a la generación de redes de contacto emprendedor [4] las que facilitan o coadyuvan al proceso de emprender. Otra es la articulación con las universidades y sus diversas unidades académicas, poniendo de manifiesto el capital relacional [5] que estas organizaciones naturalmente poseen y que constituyen una de sus funciones sustantivas.

Si se focaliza desde la perspectiva académica en general se puede mencionar algunas experiencias realizadas, las que se asocian a intervenciones pedagógicas contextuales [6], otras por derivación de actividades en el territorio provenientes de proyectos de vinculación, transferencia y voluntariado en su expresión de diseño y desarrollo productivo, y desde lo particular en lo que al Instituto de Ingeniería y Agronomía de la UNAJ, (IIyA UNAJ) se refiere se debe mencionar por un lado a las intervenciones pedagógica transversales entre asignaturas de edición simultánea y cronológicas [7] como ser Desarrollo Emprendedor, Economía Social y Productiva, Creatividad e Innovación Tecnológica, Gestión de Riesgo Empresarial e Ingeniería Social. Por otro lado, a la puesta en marcha de programas que tienen como objetivo general posibilitar ámbitos apropiados de desarrollo a la iniciativa emprendedora y la sostenibilidad de las propuestas, en este sentido se puede mencionar el programa de Fomento Emprendedor, y herramientas como el Radar de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva para el monitoreo del entorno competitivo [8] y hacia fines del 2014 la puesta en marcha del programa UNAJ Incuba dentro del marco del programa INCUBAR del Ministerio de la Producción de la Nación.

En el marco internacional la experiencia del PRECITYE con su Rally Latinoamericano de Innovación ha sido decisiva para trabajar la sensibilidad de la comunidad académica en particular y del resto del ecosistema emprendedor en general. Dado que las problemáticas propuestas al ser contextualmente representativas ofrecen un proceso de estudio aprendizaje basado en lo significativo y por ello motiva la atención y el compromiso en los procesos cognitivos para la construcción colaborativa del conocimiento, “este tipo de aprendizaje incrementa la capacidad individual de invención de los participantes, motoriza la evolución cultural y deviene en fuente de mantenimiento de las tradiciones” [9].

• **2 Materiales y Métodos**

Los materiales y métodos utilizados resultan un conjunto de herramientas que han sido diseñados e implementados a partir del año 2004, año en el cual el presidente Néstor Kirchner puso en marcha el programa FOMICRO [10]. Este poseía como objetivo general recomponer la base emprendedora que a fines de los 90 y principio del nuevo milenio habían perdido sus capacidades de generar riqueza. Otra particularidad que es dable mencionar es la participación de organizaciones nacionales y populares como entidades de apoyo, estas organizaciones de la sociedad civil pertenecen al sector privado y están comprometidas con el desarrollo local y regional. Parte de las tareas realizadas eran la coformulación de proyectos de inversión, seguimiento y monitoreo para acceso a programas de apoyo emprendedor tanto en créditos como en subsidios. Posteriormente en el año 2008 por iniciativa de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), se llevan a cabo

seminarios vivenciales e intensivos de formador de formadores para el desarrollo emprendedor y se posibilita la construcción de una red de organizaciones regionales abocadas al emprendedorismo. Cada una ofertaba seminarios de capacitación, jornadas y eventos específicos tales como rondas de negocios, entre otros.

Toda la experiencia anterior se puso en práctica a partir del año 2011 en el cual el IlyA UNAJ inicia su oferta académica, incluye la cuestión emprendedora abordándola desde varias perspectivas, como se hizo mención, desde lo curricular a través de un conjunto de asignaturas concatenadas, las que pueden ser de edición simultánea o cronológica [11], y desde lo extracurricular a partir del diseño de proyectos que articulan transversalmente con los diferentes actores del ecosistema emprendedor. Algunos emergentes sistémicos de esta apuesta son el club de innovadores de la UNAJ y más recientemente UNAJ Incuba.

• **2.1 El club de Innovadores**

Se conformó en el segundo semestre del año 2012 luego que la primera cohorte de estudiantes cursarán la asignatura Desarrollo Emprendedor, la cual se ofrece tempranamente dentro del plan de estudios de la carrera Ingeniería Industrial, de manera tal de generar e internalizar dentro de los estudiantes la sensibilidad asociada a los procesos vinculados con la cuestión emprendedora, el trabajo sinérgico bajo premisas de cooperación, solidaridad y fuerte compromiso ético para la transformación ambiental. Lo anterior se observa como un gran desafío que se continúa y sostiene en la carrera a través de otras asignaturas que involucran los conceptos y los profundizan según su impronta durante todo el proyecto de formación. Por ello resulta necesario contar con herramientas que institucionalmente acompañen las actividades planificadas según criterios amplios y extendidos a todos los actores sociales interesados por la cuestión emprendedora, esto requiere diseños específicos focalizados en las nuevas estrategias de innovación de productos y servicios que faciliten y alienten la búsqueda de alternativas viables tanto en los aspectos de formulación – evaluación, como de aquellos otros que se asocian a la construcción de redes de contacto emprendedor y al intercambio y movilidad de recursos.

La creación y puesta en marcha del club de Innovadores constituye un ámbito de participación y articulación transversal para la comunidad académica en general y de los estudiantes de Ingeniería en particular. Esta alternativa ofrece al sector emprendedor local y regional espacios pertinentes donde el abordaje de situaciones problemáticas será el común denominador hacia la construcción y búsqueda colaborativa de resoluciones particulares y específicas a los emprendimientos alcanzados.

Entonces el “Club de Innovadores” surgido por iniciativa de la asignatura Desarrollo Emprendedor de la carrera Ingeniería Industrial; se constituye en una herramienta para la búsqueda de alternativas en este sector característico de la economía, focalizadas como acciones de la autogestión o del punto de vista del intraemprendedor [12]. Las que posibilitan crear, desarrollar y/o consolidar emprendimientos de base tecnológica, social o cultural y al mismo tiempo le presenta al estudiante el ámbito de desempeño que facilita y alienta trabajar en los procesos de la innovación de productos y servicios bajo modelos interactivos como el de Kline y Rossemberg [13]. En consecuencia, no solo serán usuarios de la base de conocimiento disponible, sino que ellos mismos contribuirán a esta a partir de sus constructos cognitivo.

En tal sentido, el Club de Innovadores desde su creación desarrolla diversas actividades.

Desde el año 2013, viene participando en la conformación de la Mesa de Economía Social y Solidaria de Florencio Varela, la misma es un espacio de discusión y debate que se encuentra conformada por diversas organizaciones sociales, gremiales, federaciones, cooperativas, centro de estudios, universidades del conurbano, Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, entes estatales descentralizados y emprendedores con principios de solidaridad y cooperación en la incorporación y disposición de recursos cuyo sentido es la resolución de las necesidades de los trabajadores, sus familias, comunidades, y del medio ambiente.

Asimismo, se encuentra comprometido activamente en la organización y participación de actividades institucionales tales como la jornada de Fomento Emprendedor realizada todos los primeros semestres del año, desde el año 2012, y cuyo objetivo es acercarle a la comunidad de emprendedores locales y regionales, estudiantes y docentes herramientas de las políticas públicas en lo que confiere al desarrollo emprendedor, incubadoras de empresas y la importancia de la inclusión social en dichos ámbitos. Este club ha articulado con redes de la región y ha sido un gran apoyo para tareas operativas tales como confección del registro de las personas que han asistido, logística interna y cumplimiento del cronograma establecido.

En el marco de la Semana Nacional del Emprendedor Tecnológico organizada por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, el Club de Innovadores, forma parte de la organización de estas jornadas destinadas a fortalecer la inserción de jóvenes emprendedores en las cadenas productivas, de distribución y comercialización de productos y servicios vinculados al desarrollo de economías locales. Aquí también poseen un espacio para disertar y exposición de casos, como ejemplo el trabajo desarrollado con la cooperativa Unidos de Corazón por medio del programa Sistemas Productivos Locales del Ministerio de Producción de la Nación. [14]

Paralelamente puede hacerse mención a la participación en eventos realizados por otras instituciones como el AAREI y, el Congreso Argentino de Ingeniería y el Rally Latinoamericano de Innovación, el cual es una competencia internacional que tiene como propósito fomentar la innovación abierta en estudiantes de carreras de ingeniería de Latinoamérica y que se desarrolla a partir de una lógica interesante mediante conformación de equipos de trabajo durante 30 horas consecutivas.

Algunas de las cooperativas en las cuales participaron fueron: Metal Varela, fabrica de juntas de aluminio; El Amanecer I y II, Ferrox Seven, fábrica de colorantes para construcción; Constructora San Jorge fabrica aberturas de aluminio; Unidos de Corazón, producción de cercos pre moldeados; Oscar Celentano, producción de block de cemento; Virgen del Valle, producción de muebles.

Finalmente el Club de Innovadores cuenta con la Red Latinoamericana de Universidades para la implementación de Laboratorios de Fabricación Digital con el cual se propondrá trabajar en la gestión de intercomunicación entre los diferentes nodos perteneciente al club de Innovadores de las Universidades. Las herramientas comúnmente utilizadas son la video conferencia y audio mensajería instantánea simulando el entorno de una aula real, lo que posibilita a los participantes interaccionar para la formulación y resolución de situaciones problemáticas respectivamente. Esto les permitió llevar a cabo una video conferencia con Jaime Amsel, experto israelí en innovación y emprendedurismo, entre otras.

2.2 UNAJ Incuba

Este emergente sistémico es la puesta en marcha de la Incubadora de la Universidad con sede en el IlyA, y si bien en su faz operativa implementa los protocolos dispuestos por el programa Incubar del Ministerio de la Producción de la Nación, complementa sus actividades a partir de

un trabajo focalizado en la comunidad académica en particular con el objetivo de sensibilizar sobre la utilidad potencial de la herramienta y el aprovechamiento de los recursos disponibles para proyectos de formulación pertenecientes a estudiantes, docentes y no docentes. Pero al mismo tiempo desplegando actividades territoriales de manera conjunta con organizaciones sociales y populares dentro de las cuales se observan emprendedores de base tecnológica, social y/o cultural. La tabla 1 muestra algunas de las organizaciones involucradas, su ubicación y objeto social.

Tabla 1. Organizaciones Involucradas.

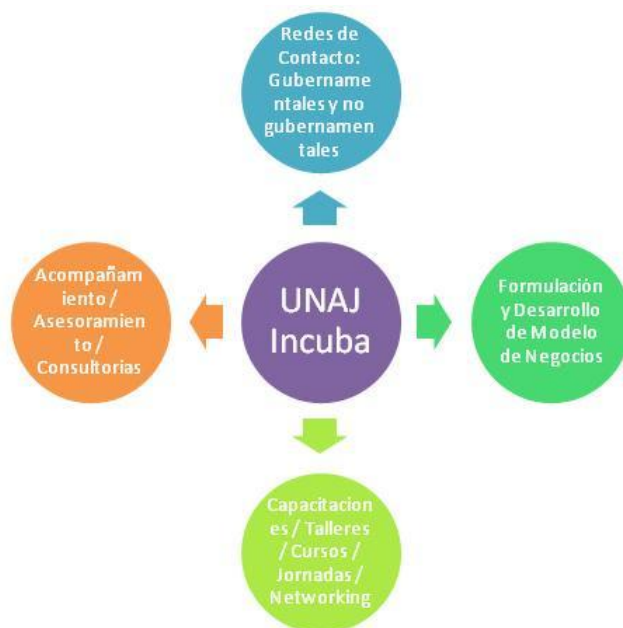
Nombre y Ubicación	Objeto Social
Asociación Regional de Desarrollo Empresario (ARDE)	<p>Promover la generación de instituciones ligadas a potenciar el desarrollo productivo en el conurbano de la provincia de Bs. As. Vincularse con otras entidades en el ámbito local, regional, nacional e internacional a través de la asistencia y la cooperación mutua con el fin de impulsar la acción productiva de la zona. Producir y transferir tecnología a la población activa del conurbano bonaerense, con especial énfasis por la promoción juvenil y femenina, en estrategias de formación laboral, de desarrollo de proyectos de producción y generación de empresas e instituciones.</p> <p>Desarrollar un ambiente de cordialidad y solidaridad entre sus asociados y propender al mejoramiento intelectual y cultural de los mismos</p>
Fundación Rubén Lombardo	<p>Contribuir a generar empleo para una mejor reinserción social de los egresados de la comunidad carcelaria.</p> <p>Favorecer vínculos con la participación de Organismos públicos, ONGs, y Privados para la instalación de fábricas en los penales, todo dentro del marco de la legislación laboral vigente.</p> <p>Creación de ferias artesanales nacionales e internacionales, para la exposición y ventas de todo lo producido dentro de las Unidades Penitenciarias.</p> <p>Impulsar proyectos vinculados a industrias culturales, garantizando el derecho constitucional de acceder a la cultura y actividades artísticas, plástica, fotografía, cine, música, teatro, arte, gimnasia, danzas, talleres de psicodrama dirigidos a internos y egresados de unidades carcelarias.</p> <p>Construcción de viviendas para los internos que no cuenten con una casa al momento de su egreso.</p> <p>Creación de un Centro Integral para atender a las Personas en Situación de Exclusión, que consiste en la implementación de un establecimiento especial de carácter asistencial. El mismo constará de las siguientes áreas: salud mental, jurídico-legal, capacitación, formación, servicio social, ocupacional, convivencial, laboral, cultural y deportiva.</p>

	Creación de la Casa del Niño, para la atención de chicos cuyos padres se encuentren privados de libertad.
Centro cultural, social y de asistencia integral a las dificultades de aprendizaje El Deseo de Aprender (EDDA)	<p>Promover el progreso general de la zona en la que ejercerá su acción.</p> <p>Suministrar a sus asociados toda clase de información y asesoramiento jurídico, técnico y económico para el mejor desarrollo de sus actividades; contribuir a la elevación cultural de sus asociados desarrollando sus capacidades asociativistas, solidarias y de concientización de valores y a la difusión de los principios y métodos de la cooperación, la reciprocidad y la distribución por medio de conferencias, publicaciones y cursos de enseñanza;</p> <p>Estimular el desarrollo integral de las personas, los grupos de escasos recursos y el fortalecimiento institucional.</p> <p>Promover y propiciar el desarrollo de política sociales y culturales activas e integrales y el equipamiento social, sanitario, médico-asistencial, educacional y deportivo en los barrios;</p> <p>Propulsar la cultura física practicando toda clase de ejercicios y juegos atléticos, fomentándolos entre la población con la participación de profesionales habilitados.</p> <p>Organizar viajes y excursiones de carácter turístico y/o recreativo únicamente para asociados.</p> <p>Propender al desarrollo de la infancia, poniendo al alcance de los jóvenes y niños del lugar los medios culturales y deportivos que contribuyen a su desarrollo intelectual y físico.</p> <p>Propiciar la formación de establecimientos educacionales, comedores comunitarios, huertas y bibliotecas en la zona, conforme a la Ley Nacional de Biblioteca Populares N° 23.351, y la Ley Provincial de Bibliotecas Populares N°9.319.</p> <p>Relacionarse con entidades de iguales características y organismos</p>

• 2.2.1 Metodología utilizada

Con el propósito de coadyuvar el proceso de apoyo, asesoramiento y acompañamiento de un proyecto Emprendedor se requiere de una serie de pasos, que pueden variar según la tipología del proyecto y en función de qué etapa se encuentre este emprendimiento, es decir si se trata de la idea proyecto, la puesta en marcha o la propia fase de funcionamiento.

Gráfico I Modelo operativo de la incubadora



La metodología utilizada por esta incubadora se detalla a continuación con las siguientes etapas:

Diagnóstico:

Da cuenta de “datos preliminares” para identificar la viabilidad del proyecto, y consta de los siguientes pasos:

- Entrevista con el emprendedor en la cual este da a conocer su idea proyecto en que está trabajando, su trayectoria laboral (experiencia) y su situación actual, con el fin de visualizar el perfil emprendedor del equipo de trabajo conformado. Entrega al emprendedor del formulario de inicio de actividades, a los fines operativos se lo define “Inicio PAC”; este será posteriormente analizado por el equipo de trabajo de UNAJ Incuba con el propósito de determinar el grado de intervención necesaria a la formulación de la propuesta. Este formulario indica a grandes rasgos el producto que desea fabricar, resumen del proceso de producción y del mercado, actividades que desea financiar y monto estimado de cada una, datos básicos del emprendedor, equipo emprendedor

Pre –incubación:

La etapa de pre incubación posee un periodo de duración aproximado entre 2 y 7 meses. Se avanza con un grado mayor de detalle en los datos del emprendedor/ empresa, como ser el código nomenclador AFIP / CLANAE nivel 5, sector de actividad, fecha de inicio de actividades, descripción de la actividad principal de la empresa, si forma parte de un grupo económico, si posee deudas fiscales y/o previsionales exigibles y domicilio legal.

En esta etapa se elabora el Plan de Negocios (PN), para lo cual se desarrolla la descripción del negocio y del producto o servicio que ofrecerá. Cuál es el proceso de producción asociado, sus etapas y descripción del equipamiento y/o capacidades instaladas. De la misma manera si el proceso es interno o tercerizado, horas hombre mensuales asignadas, tipo de formación y experiencia de quien realiza el proceso. Grado de diferenciación en términos de innovación del producto o servicio ofrecido y de sus proveedores. Se lleva a cabo un análisis

del entorno empresarial (político, social, económico, tecnológico, legal y medioambiental) con el fin de avanzar una matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA). Análisis del consumidor, análisis de la competencia, análisis de mercado, plan de comercialización, plan de operaciones, organización y gerenciamiento, requerimiento de fondos y fuentes de financiamiento, requerimientos técnicos, localización del emprendimiento y estudio de impactos o efectos sobre el medio ambiente tiene o tendrá el emprendimiento (consumo de recursos, generación de residuos, entre otros).

Finalmente se analiza el flujo de fondos a través de la inversión inicial de proyecto, tasa para cálculo de valor actual neto (VAN), ingresos y egresos. Se considera la situación actual del emprendimiento y situación con el ANR para evaluar el impacto directo que tendrá en el emprendimiento dicho subsidio.

En síntesis, la pre-incubación brinda al emprendedor una orientación para el desarrollo de su negocio con los datos que se desprenden del análisis técnico mencionado anteriormente.

Incubación:

La duración de esta etapa es de un máximo de 9 meses desde la aprobación del PAC para la ejecución del proyecto. Dentro de la misma se lleva a cabo el seguimiento sobre la implementación, operación, capacitación y desarrollo del proyecto. Parte del seguimiento requiere analizar además del plan de actividades la presentación de los anticipos y rendiciones respectivas. Al mismo tiempo los emprendedores reciben orientación, el asesoramiento y acompañamiento de docentes del IlyA de diversas áreas del conocimiento con el objeto de abordar y disminuir los riesgos inherentes a cualquier inversión. Estos profesionales conforman un equipo de trabajo basado en la transdisciplina, lo que facilita el abordaje sistémico del emprendimiento aportando su experiencia y conocimiento orientado hacia el emprendedor y su emprendimiento. También colaboran en la presentación del plan de actividades, los informes de gestión y seguimiento. Vale aclarar que el plan de actividades describe el cronograma de desembolso del programa PAC, en tres presentaciones junto a sus meses de finalización en el plazo de nueve meses, en el cual se indica las adquisiciones, servicios y/o cursos solicitados.

Post – Incubación:

Finalizada la etapa de incubación sobre el emprendimiento se da comienzo a la post incubación del mismo, con el fin de implementar la mejora continua y la sostenibilidad a través del tiempo. La duración de esta etapa es de un año y medio aproximadamente.

Es necesario aclarar que esta etapa se encuentra en proceso de construcción dado que la mayoría de los emprendimientos presentados aún se hallan en la etapa de incubación. Por otra parte, y desde la perspectiva académica actualmente un grupo de estudiantes avanzados de las carreras de ingeniería, tutorados por el equipo de profesionales, brindan asistencia técnica a estos emprendimientos. Generan reportes mensuales e informes de avance a partir de los cuales se puede observar en cierta medida el grado de cumplimiento de las metas o la desviación sobre las mismas.

2.2.2 Recursos disponibles

Parte de los recursos disponibles se asocian a la capacidad instalada del IlyA, un plantel transdisciplinar de docentes cuyas especialidades alcanzan una interesante área del

conocimiento, tal como la ingeniería civil, la industrial, la aeronáutica y mecánica, la bioingeniería y la informática. Pero también la arquitectura y la administración de empresas. Desde el punto de vista de las instalaciones se cuenta con un espacio destinado a la atención de los emprendedores, accesibilidad a laboratorios y demás recursos institucionales. Por su parte el diseño de intervenciones pedagógicas en diferentes núcleos curriculares posibilita trabajar la cuestión emprendedora en la fase de la formación de los ingenieros. En la tabla 2 se muestran algunas de las intervenciones pedagógicas transversales utilizadas que conforman el portafolio docente en relación a las competencias involucradas.

Tabla 2. Intervenciones pedagógicas transversales

Competencia involucrada	Intervención pedagógica
Innovación y toma de decisión	Talleres
Socialización del conocimiento	Exposiciones
Creatividad y Liderazgo	Representaciones y juegos de roles
Resolución de problemas	Talleres y trabajos domiciliarios

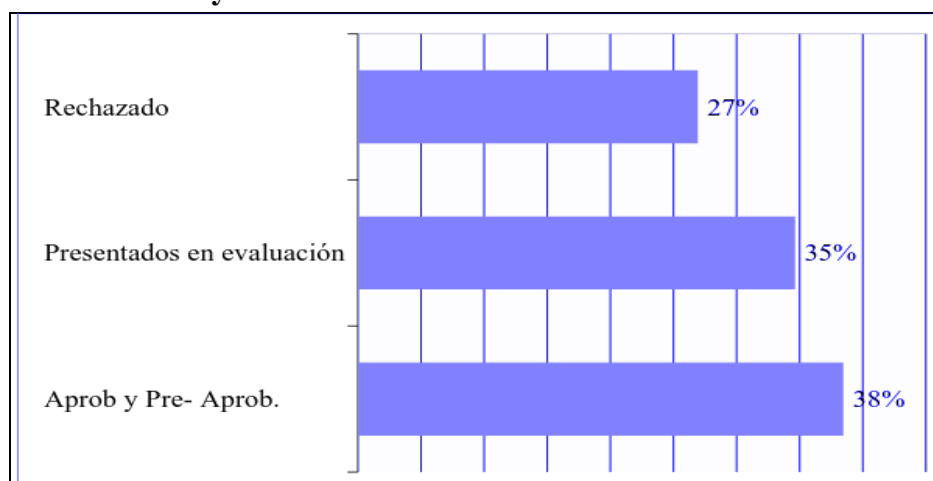
Desde la perspectiva propia del programa se cuenta con los siguientes recursos:

Oficina de 6m2 equipada con dos computadoras, teléfono, dos escritorios. Asimismo conectividad a internet por red y wifi. Apoyo multimedial y radial desde UNAJ multimedia.

Resultados y Discusión

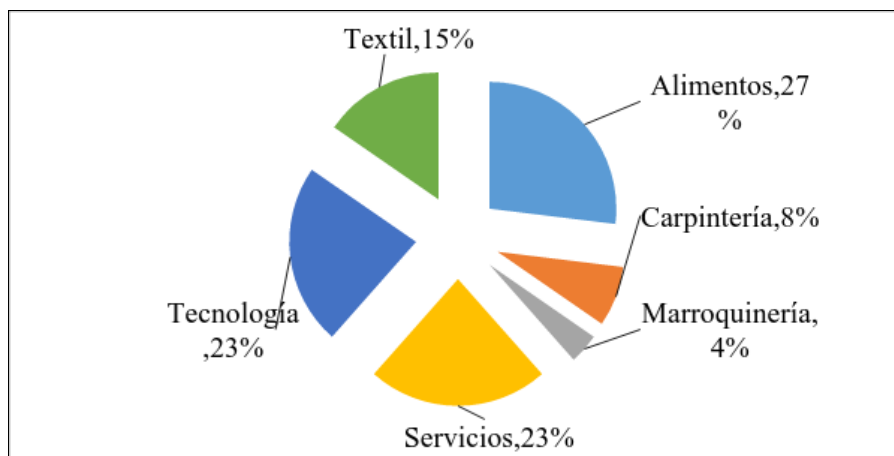
Es interesante destacar que desde sus inicios, la incubadora ha recibido un total de cincuenta y dos propuestas emprendedoras, de los cuales veintiséis finalizaron en proyectos que fueron presentados al programa para su evaluación en el periodo 2014 - 2015. En este sentido en el gráfico II se indican los porcentajes de los proyectos que se han tramitado según los diferentes estadios de pre aprobación y aprobación, presentados en evaluación y rechazados formalmente. Respecto a los aprobados, y que actualmente se encuentran en ejecución.

Gráfico II- Estado de Proyectos Tramitados



El análisis sobre el universo de las propuestas abordadas posibilita la clasificación en los siguientes rubros, tal como muestra el Gráfico III.

Gráfico III- Clasificación por rubros



En la Etapa de Diagnóstico (Evaluados) y NO presentados, UNAJ Incuba recepcionó veintiséis proyectos, los cuales fueron de los más variados: Alimento artificial para abejas, Cerveza artesanal, Componentes eléctricos, Fabricación muebles con pallet, Fabricación violines con CNC, Quesos veganos y saborizados, Huerta/ alimentos orgánicos con valor agregado, Cultivo de Hongos para medicamentos, Ladrillos de madera para viviendas, Ladrillos ecológicos - Modular, Lombricultura, Piscicultura, Reciclaje plásticos, Ropa Lúdica infantil, Software para riego en cultivo, Fabricación de pastas para celíacos, Sublimación y confección indumentaria en talles especiales.

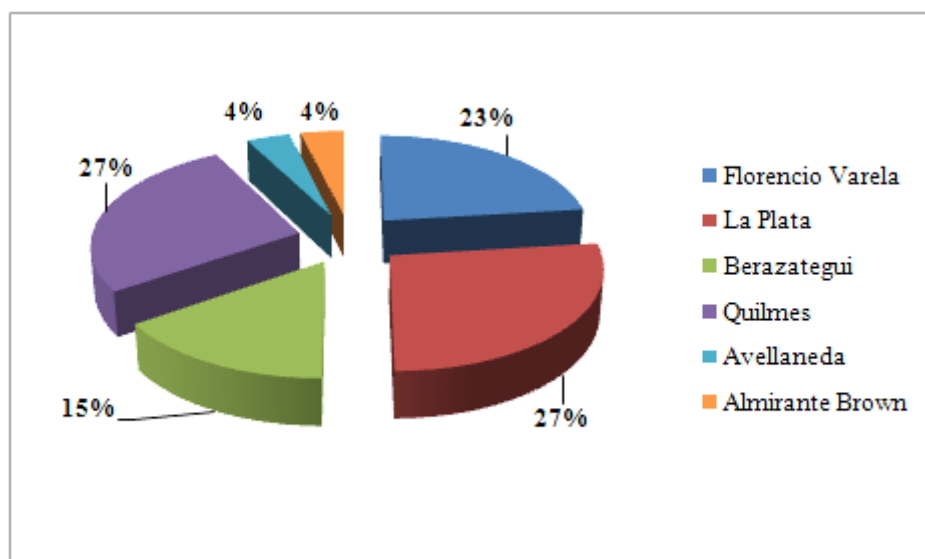
Los motivos por los cuales no se presentaron al programa PAC Emprendedores son dos:

- 1) Aún no han obtenido la habilitación municipal ó no poseen el lugar para localizar su emprendimiento.
- 2) Prefieren esperar a más adelante.

Para UNAJ Incuba estos proyectos constituyen una base de datos a partir de la cual se puede retomar el proceso de reformulación y análisis de las diferentes variables involucradas. Observar que adecuaciones resultan ser de la mayor importancia en virtud de la incidencia del lapso de tiempo esperado, si aún el modelo de negocio continúa siendo el mismo o por el contrario debe ser modificado en todo o en partes. Por último conocer el grado de desarrollo de la red de contactos que los emprendedores poseen y han desarrollado.

La mayor cantidad de las consultas recibidas, las cuales pasaron por la etapa diagnóstico, se encuentran ubicadas en el partido de La Plata y Quilmes y luego en Florencio Varela. Como puede verse en el gráfico IV.

Gráfico IV - Localización Proyectos no presentados en el Programa PAC Emprendedores



Como resulta natural al ámbito de intervención de la UNAJ, la actividad emprendedora en su mayoría proviene de los alrededores de la Ciudad de La Plata colindante con el partido de Florencio varela, es decir fuera del casco urbano, (Arturo Seguí y Cruce de Echetverry). Como así también de Florencio Varela, Berazategui y Quilmes. Ver gráfico IV. Gráfico IV - Distribución Potenciales Emprendimientos

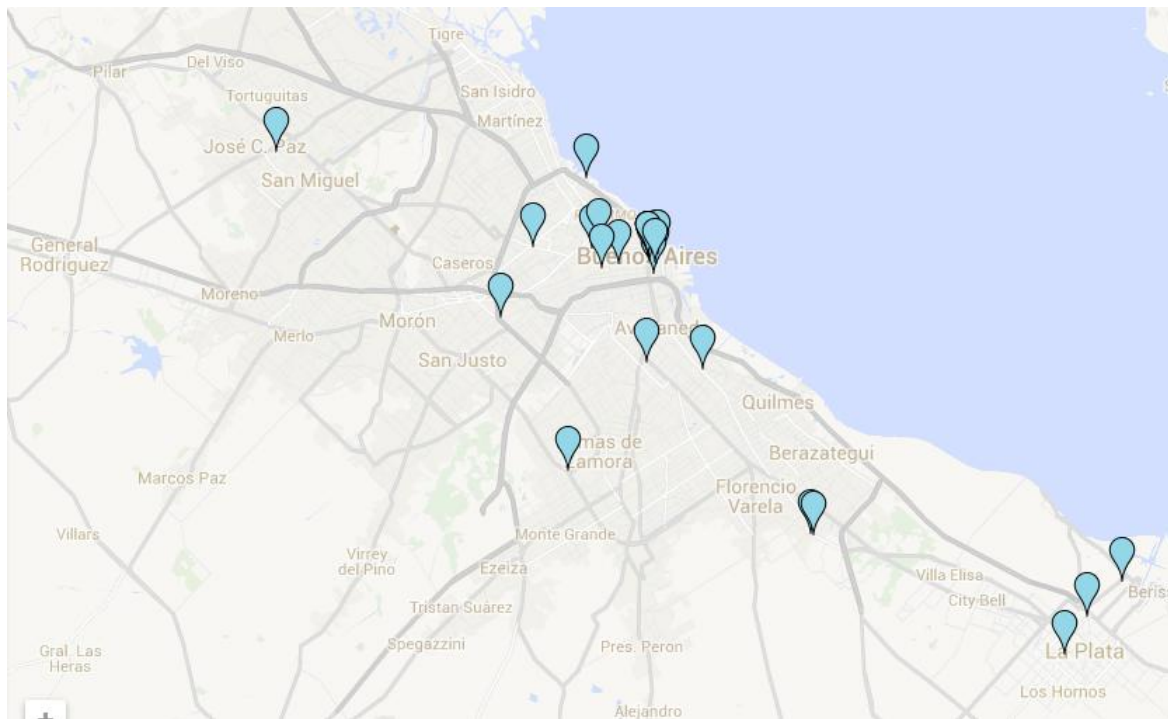


La lectura que se puede obtener de este dato puede darse por la ubicación geográfica de UNAJ incuba, su acceso directo a través de avenidas y rutas no es algo menor como así también el hecho de ser la única incubadora activa en los partidos aledaños. A esto debe sumarse, los múltiples modos de asistencia que puede brindar una incubadora perteneciente a

una universidad, la interacción continua con profesionales de diferentes y variadas despeticias y la red de contacto con organismos estatales y asociaciones de la región.

En el gráfico siguiente se indica las incubadoras de la región acreditadas por el Ministerio de Producción, del cual queda evidenciado UNAJ incuba, como única incubadora de referencia en la zona

Gráfico V- Incubadoras acreditadas en INCUBAR - Programa de Acceso al Crédito y la Competitividad



Otro punto de análisis y que refleja un área de vacancia aún es que los emprendedores que han acudido a la incubadora, casi en su totalidad no pertenecen a la comunidad académica. Esto tiene varias interpretaciones, tal vez algunas de estas se derivan de lo novedoso de la herramienta, al énfasis puesto con miras a la comunidad en general, y también a un proceso en etapa inicial que involucra a un conjunto de asignaturas y no a todas las que conforman la oferta disciplinar. A partir de esto es que se han iniciado diversas actividades, entre las cuales se encuentran jornadas, eventos y la difusión a través del programa radial “Ingeniarte”, que el IlyA de esta casa de estudios emite todos los miércoles de 17 a 18 hs por la radio de la Universidad. Con el objetivo de fortalecer la participación de los miembros de la comunidad académica e incentivar a la presentación de proyectos. Del mismo modo desde algunas asignaturas como Desarrollo Emprendedor, Formulación de Proyectos a través de la metodología del Marco Lógico, Creatividad e Innovación Tecnológica y Políticas Científicas y Tecnológicas se están realizando intervenciones pedagógicas del tipo transversal para que sean ampliadas al resto de las asignaturas ofertadas de las diversas carreras de ingeniería. La idea es trabajar con casos de estudios sobre proyectos reales, que posibiliten la participación de los docentes y estudiantes que con sus aportes originales enriquecen y amplían el universo de alternativas para los procesos de resolución de situaciones problemáticas.

Conclusiones y recomendaciones

Las actividades desarrolladas a partir de la puesta en marcha de la incubadora de empresas UNAJ Incuba desde el año 2014, posibilitó el comienzo de una serie de trabajos en los cuales la participación e involucramiento de docentes de diferentes asignaturas y carreras ofrecen alternativas interesantes respecto a las estrategias metodológicas y los procesos áulicos asociados. Por ello la experiencia resulta alentadora a los fines académicos e institucionales, de modo tal que la extrapolación a otras asignaturas y carreras sería un objetivo de corto y mediano plazo.

En el lapso de tiempo considerado, la cantidad de emprendedores recibidos y el avance en el estudio de sus propuestas posee un muy nivel de aceptación, no obstante, resulta necesario ampliar la base de emprendedores a fin de incluir a aquellos pertenecientes a la comunidad académica de la UNAJ. Al mismo tiempo extender la base territorial hacia municipios cercanos que no poseen por ahora incubadoras del programa Incubar.

Desde la perspectiva académica se considera oportuno posibilitar al club de innovadores un paso evolutivo y lograr su inserción dentro del Club de Emprendedores de acuerdo a la convocatoria vigente del Ministerio de Producción de la Nación.

Las recomendaciones para la siguiente etapa pueden enumerarse de la siguiente manera:

- Avanzar en la constitución del Club de Emprendedores. Este espacio de convergencia se conformará con la participación de la UNAJ, los municipios de Florencio Varela y Berazategui, organizaciones de la producción de bienes y servicios, y organizaciones sociales y populares del ámbito local.
- Puesta en marcha del Radar de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, entre sus objetivos posee el abordaje y análisis de aspectos estratégicos de diferentes sectores de la producción para la sostenibilidad de los emprendimientos.
- Ampliar y consolidar el diseño de intervenciones pedagógicas de tipo transversal y unitarias entre las diferentes asignaturas de las carreras.

Sensibilizar e involucrar a la comunidad académica en general a participar en propuestas emprendedoras de alcance local y regional

• Referencias

- [1] KANTIS, H., POSTIGO, S. FEDERICO, J., TAMBORINI, M. (2002). *El surgimiento de emprendedores de base Universitaria: ¿En qué se diferencian? Evidencias empíricas para el caso de Argentina*. Disponible en: [http://www.littec.ungs.edu.ar/pdfespa%F1ol/Paper%20RENTXVI%20\(Espa%F1ol\).pdf](http://www.littec.ungs.edu.ar/pdfespa%F1ol/Paper%20RENTXVI%20(Espa%F1ol).pdf)
- [2] HUERTAS. F. (1996). *Método PES entrevista con Matus*. Disponible en: <http://www.programamunicipal.gob.ar/articlefiles/entrevistamatus.pdf>. P 34-40
- [3] CARRIZO, E., WALAS F. (2014). *Emprendedorismo Sustentable*. San Miguel de Tucumán. Segundo Congreso Argentino de Ingeniería.
- [4] KANTIS, H., ANGELELLI, P., MOORI KOENIG, V., (2004). *Desarrollo Emprendedor, América Latina y la experiencia internacional*. Banco Interamericano de Desarrollo, Fundes Internacional. (2004).
- [5] RODRIGUEZ RUIZ, O., (2004). El capital intelectual en las organizaciones sin animo de lucro. In: GALLEGU, D., ONGALLO, C. *Conocimiento y Gestión, la gestión del conocimiento para la mejora de las personas y las organizaciones*, Madrid. Ed. Pearson Education S. A., pp. 117-143.
- [6] BRAIDOT, N., CHIODI, F., GONZALEZ, P., CESAR R. (2008). *Fomento de las capacidades emprendedoras en estudiantes avanzados de ingeniería Industrial de UNICEN*. Experiencia piloto. Buenos Aires: Universidad Nacional de Gral. Sarmiento.
- [7] Cuaderno de ejercicios del PRECITYE_[v1]
- [8] BALBO, G. (2014). Inteligencia competitiva. la importancia de estar informados y anticiparnos. La utilización de herramientas simples para monitorear nuestro entorno competitivo. In: CORSI, F., et al. (organizadores). *Economia e Sociedade: o Brasil e a América Latina na conjuntura de crise do capitalismo global*. Marília: Oficina Universitária ; São Paulo: Cultura Académica. 292 p.
- [9] LEVY, A. (2007). *Estrategia cognición y poder, cambio y alineamiento conceptual en sistemas sociotécnicos complejos*”, Buenos Aires. ED. Granica.
- [10] *Informe de auditoria*. (2011). Nación Fideicomiso S.A. Recuperado de: http://www.agn.gov.ar/files/informes/2011_239info.pdf
- [11] CARRIZO, E., (2013). El modelo de las asignaturas interactivas, el caso ingeniería industrial del instituto de ingeniería y agronomía de la UNAJ. In *World Engineering Education Forum*. Cartagena de Indias, Colombia.
- [12] PINCHOT III, G. (1985). *Intrapreneuring: Why You Don't Have to Leave the Corporation to Become an Entrepreneur*. Ed. Harper & Row.
- [13] KLINE, S., ROSENBERG, N. (1986). Visión general de la innovación. In LANDAU R. y ROSENBERG (eds.): *La estrategia de suma positiva: Aprovechar la tecnología para el crecimiento económico*. Washington, DC: National Academy Press, pp 275-305
- [14] NACLERIO, A. (2011). *La Política Clúster. El caso de los Sistemas Productivos Locales promovidos por la SEPyme*. Documento de Trabajo N° 1.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

COMPETENCIAS EMPRENDEDORAS PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

María Inés Lecich, Departamento de Matemática Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de San Juan, milecich@yahoo.com.ar

María Turcumán, Instituto de Materiales y Suelos, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de San Juan, mturcuman@ims.unsj.edu.ar

Nelly Rojas, Departamento de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de San Juan, nhrojas@unsj.edu.ar

Resumen— La educación superior en nuestro país, posee un enfoque curricular que pone énfasis en los contenidos y la evaluación, más que en el proceso de apropiación e innovación de saberes por parte de los estudiantes. Las demandas de la sociedad actual, los cambios tecnológicos, las graves consecuencias del descuido ambiental, son desafíos a los que se enfrentan los nuevos profesionales, por lo que se requiere de ellos una formación con espíritu emprendedor.

Este trabajo analiza un modelo de formación profesional basado en competencias, particularmente enfocadas al emprendedorismo y la innovación hacia el desarrollo sustentable. Se basa en la concepción actual de competencias, las que se consideran situadas en el núcleo de la formación de los estudiantes. Hacen referencia al “saber”, “saber hacer” y al “ser” en un “contexto”, y delimita el tipo de profesional que se quiere formar, tomando acciones desde el comienzo de la carrera universitaria.

Se describen las capacidades generales asociadas a la competencia emprendedora para la formación de ingenieros, y se muestran desarrollos con acciones educativas para el logro de las capacidades y las dificultades que conlleva su implementación.

Este modelo es considerado una vía apropiada para avanzar desde un esquema estático en la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje hacia un modelo dinámico, alcanzando las competencias instrumentales e interpersonales para el ejercicio profesional de la Ingeniería.

Palabras clave— *emprendedorismo, ingeniería, educación superior.*

1. Introducción

En un mundo que cambia constantemente se propone dar respuestas concretas a requerimientos educativos actuales. En este caso, se trata de analizar nuevos modelos de formación y proponer una concepción pedagógica-didáctica basada en el modelo en competencias para el emprendedorismo y la innovación, contribuyendo a formar profesionales

emprendedores en acuerdo a las concepciones actuales y a participar activamente con la sociedad y las organizaciones en los temas de sustentabilidad.

Las competencias se consideran situadas en el horizonte último de la formación de los estudiantes de cualquier titulación, entre la formación y el desempeño profesional. Hacen referencia al “saber”, “saber hacer” y al “ser” en un “contexto”, y delimita el tipo de profesional que se quiere formar.

El plan estratégico nacional 2012-2016 de la Secretaría de Políticas Universitarias, para la formación profesional de los Ingenieros impulsa fuertemente esta perspectiva.

El emprendedor, como un nuevo protagonista clave para impulsar procesos de cambio social, ha sido destacado en los últimos años en la comunicación de múltiples sistemas funcionales, sobre todo desde el científico, el político y el económico.

2. Marco Teórico

Un profesional emprendedor es producto de una cantidad significativa de variables educativas, culturales, sociales, psicológicas y económicas. Algunos factores que determinan las capacidades emprendedoras son la educación basada en competencias, el aprendizaje desde el ser contextualizado y las acciones en grupos de pertenencia especialmente donde se ha crecido.

La educación superior en nuestro país, posee un enfoque curricular disciplinar que pone especial énfasis en los contenidos y la evaluación más que en el proceso de apropiación e innovación de saberes por parte de los estudiantes.

Las actuales demandas de la sociedad, los cambios tecnológicos, las graves consecuencias del descuido ambiental, son desafíos a los que se enfrentan los profesionales en la actualidad, donde se requiere de ellos una formación polivalente, con espíritu emprendedor, capaz de aprender por sí mismo, de adaptarse a situaciones nuevas, de trabajar en equipo, con autonomía, con ética y responsabilidad, para un desarrollo innovador, viable, social y ambientalmente sustentable.

El emprendedor, como un nuevo protagonista clave para impulsar procesos de cambio social, ha sido destacado en los últimos años en la comunicación de múltiples sistemas funcionales, sobre todo desde el científico, el político y el económico. Hay una extensa producción de libros, revistas especializadas y cursos de actualización sobre esta temática. Actualmente se encuentran aproximadamente 500 mil artículos académicos relacionados con la palabra *entrepreneur* registrados en la plataforma Google, en instituciones diversas convocan concursos para emprendedores, hay agencias de creación reciente que fomentan el desarrollo de iniciativas emprendedoras desde las administraciones y universidades, premios públicos y privados para emprendedores, centros incubadoras de empresas, etc. En el ámbito de las Ingenierías, se fomenta desde la SPU, CONFEDI y la asociación reciente PRECITYE.

Respecto del enfoque educativo para el logro de las capacidades asociadas al emprendedorismo y a la innovación para un desarrollo sostenible en la formación profesional, se plantea a la educación como un instrumento para el cambio, donde “el aprendizaje colaborativo y creativo se sitúa en el centro del modelo, tanto para construir colectivamente conocimiento como para aplicar esos saberes a la transformación social y la búsqueda de la equidad”.

El énfasis educativo no se pone solo en atender las destrezas y capacidades individuales, o en preparar Profesionales para el mercado, sino en introducir en el corazón del acto educativo la creación, la innovación y la tolerancia al fracaso.

Lo que se quiere desarrollar va más allá de los estudios tecnológicos, de la preparación por contenidos, de la división disciplinar; es una formación integral en la que se enfoca en el desarrollo de capacidades que permitan el logro de las competencias buscadas.

Desde estas perspectivas, el trabajo presenta las capacidades asociadas a la competencia emprendedora, que deben ser desarrolladas con acciones educativas concretas para el logro de las capacidades enunciadas y las dificultades que conlleva su implementación.

3. Capacidades que deben ser promovidas y potenciadas para el logro de la Competencia Emprendedora

Los avances presentados en este trabajo están de acuerdo con los lineamientos difundidos por el PRECITYE y su vinculación con las capacidades que pueden ser logradas desde el ámbito de la educación en las carreras de Ingeniería.

La siguiente enumeración de capacidades dista de ser determinante, plantea una serie de aspectos a trabajar para favorecer el logro de la competencia emprendedora.

- Detectar oportunidades
Capacidad de reconocer en el entorno las condiciones que generan oportunidades para la creación de empresas, unidades de negocios, u otro tipo de organizaciones. A partir de esa detección entender y evaluar si realmente son oportunidades.
- Crear y desarrollar una visión a partir de una oportunidad
A partir de haber identificado la oportunidad poder materializarla en una visión futura ambiciosa. Esa visión puede transmitirla a otros involucrados en el proyecto: socios, empleados, clientes, inversores, etc.
- Desarrollar un plan de negocios viable
La oportunidad detectada y su visión la materializan en un plan de negocios. Para ello recopila y selecciona información, define metas y prioridades del plan, estipulando acciones, plazos y los recursos requeridos.
- Autoevaluación identificando fortalezas, debilidades y potencialidades
Tiene la capacidad de hacer un diagnóstico personal detectando sus capacidades y sus debilidades. Identifica los puntos de mejora.
- Crear y desarrollar redes
Es la habilidad para crear y mantener relaciones con personas e instituciones cuyo apoyo o colaboración es o podrá ser necesaria para poner en marcha una actividad, aprovechar una oportunidad, desarrollar negocios, o para la creación y crecimiento de una organización.
- Tomar decisiones
Es la capacidad de elegir la mejor opción entre varias de ellas, aún bajo presión, siguiendo un criterio definido, para conseguir el objetivo buscado.
- Identificar, evaluar y asumir riesgos
Es la capacidad de identificar situaciones sobre las cuales no se tiene el control, y luego de haber analizado información y alternativas, y evaluarlas, y realizar acciones en que pueden fracasar. Los emprendedores toman riesgos moderados, limitándolos.
- Negociar/ persuadir
Habilidad para crear un ambiente propicio para lograr con otras partes compromisos duraderos de acuerdo a los objetivos trazados. Capacidad para dirigir o controlar una discusión utilizando técnicas ganar-ganar planificando alternativas para negociar los mejores acuerdos. Capacidad de convencer a otros de colaborar con los proyectos propios, ampliando la base de apoyo para lograr los objetivos propuestos.
- Comunicar
Es la capacidad de escuchar, hacer preguntas, expresar conceptos e ideas en forma efectiva, exponer aspectos positivos. La habilidad de saber cuándo y a quién preguntar para llevar adelante un propósito. Incluye la capacidad de comunicar por

escrito con concisión y claridad.

- Identificar y conseguir recursos necesarios
Capacidad de identificar los recursos necesarios para poner en marcha un proyecto y/o hacerlo crecer. Reconoce la manera de obtenerlos y/o quién se lo puede proveer.
- Liderar
Capacidad para orientar la acción de un grupo humano, focalizado en objetivos y anticipando escenarios de desarrollo de la acción de ese grupo. Establecer claramente directivas, fijar objetivos, prioridades y comunicarlas. Motivar e inspirar confianza. Dar soporte y feedback a los colaboradores.
- Crear e innovar
La creatividad es la habilidad de generar nuevas ideas o conceptos, o de nuevas asociaciones entre ideas y conceptos conocidos, que facilitan la aparición de soluciones originales. Innovación es la introducción en el mercado de un producto, servicio, proceso, servicio nuevo, con frecuencia apoyada en la tecnología.
- Trabajar en equipo
Es la capacidad de colaborar y cooperar con los demás, de formar parte de un grupo y de trabajar juntos. Ello implica lograr sinergia, es decir que el trabajo colectivo sea superior a lo logrado por la simple suma del trabajo individual. Conlleva siempre una actitud de cooperación, visión de conjunto y respeto por los compromisos adquiridos.
- Adquirir confianza en sí mismo
Es confiar en las propias capacidades para tener éxito en una tarea o al elegir un enfoque para resolver un problema, más allá de la opinión de otras personas o de algún fracaso previo. Esto incluye abordar nuevos y crecientes retos con una actitud de confianza en las propias posibilidades, decisiones o puntos de vista
- Necesitar logros
Es la capacidad de desarrollar acciones tendientes a alcanzar el resultado esperado, a través del establecimiento de metas desafiantes, permitiendo la proyección exitosa de la persona. Se muestra en aspectos como el afán de superación, la competitividad o la innovación.
- Focalizar
Es la actitud de mantenerse enfocado a pesar de la aparición de nuevas oportunidades o situaciones cambiantes.
- Proactividad
Es la predisposición a emprender acciones, de tener iniciativa y mejorar resultados sin necesidad de un requerimiento externo que lo empuje. Significa practicar una actitud permanente de adelantarse en la identificación de oportunidades, la resolución de problemas y en el accionar orientado al futuro.
- Flexibilizar
Capacidad de adaptarse fácilmente al cambio, dando respuestas ágiles sin que se produzcan traumas. Capacidad de convivir con entornos diferentes.
- Tolerar el fracaso
Es la característica de no desconfiar de las propias capacidades ni abandonar una meta por enfrentar un fracaso.
- Actuar con responsabilidad
Es el cumplimiento con los compromisos contraídos por encima de los propios intereses.
- Tolerar la incertidumbre
Es la capacidad de actuar y tomar decisiones sin poseer toda la información ni el control de los acontecimientos.

- Aprender en forma continua
Capacidad para adquirir permanentemente conocimientos, destrezas y habilidades.
- Ejecutar
Es la capacidad de encaminar las acciones al logro de lo esperado, actuando con agilidad ante decisiones importantes necesarias para cumplir lo planeado. Es la tendencia al logro de resultados, fijando metas desafiantes, mejorando y manteniendo altos niveles de rendimiento.

El impulso de la cultura emprendedora se puede comenzar desde las ciencias básicas en la formación profesional de los Ingenieros. Es así que surge inmediatamente la primera pregunta: ¿Se está fomentando adecuadamente la educación emprendedora en los alumnos de Ingeniería? Comenzamos diciendo que la formación emprendedora, se basa en dos aspectos: uno motivacional (incentivar a emprender) y uno educacional (enseñar cómo hacerlo para minimizar el riesgo al fracaso).

Sobre el aspecto motivacional algunos autores definen al emprendedor como un soñador perseverante que trabaja para convertir sus ideas en proyectos tangibles, planteando la necesidad de inculcar esa filosofía a los educandos e insta a generar competencias que les permita ser protagonistas de sus propias vidas, liderando el desarrollo de sus comunidades, así sea detectando oportunidades existentes o creándolas. *Fernando Dolabela, 2003.*

Sobre el aspecto educacional surge la segunda pregunta: ¿Qué capacidades son factibles de desarrollar dentro de la Carrera de Ingeniería para el logro de la competencia emprendedora?

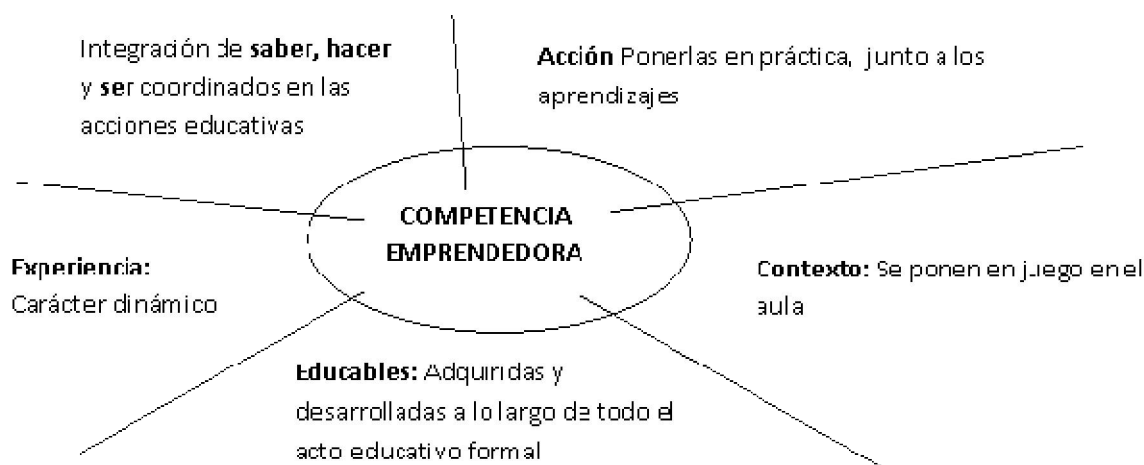
La capacidad emprendedora es una habilidad que es tan aprehensible como cualquier otra disciplina. Pero el propósito de la educación emprendedora no solo debe limitarse a potenciar capacidades como la creatividad y la innovación o promover el auto empleo, sino que debe preparar al estudiante para evitar y soportar el fracaso.

Generar el impulso de crear es importante, pero no se debería dejar de percibir sobre las posibilidades de fracaso. El alumno debería contar con las herramientas para analizar, iniciar y administrar su start-up, y saberse preparado para superar cualquier dificultad e incluso la frustración del fracaso, capitalizando la experiencia y entendiéndola como parte del camino hacia el éxito.

Las características importantes que todo emprendedor debe tener son: **Actitud**, **Aptitud** y **Aspiraciones**. Las aspiraciones generalmente son innatas de la personalidad de cada uno, pero la influencia de la educación y la experiencia son incuestionables, como lo es también el contexto en el cual está inserto el individuo. Las capacidades para emprender (aptitud) e imponerse sorteando obstáculos (actitud) son factores que pueden moldearse, y es allí donde las instituciones educativas deberían trabajar.

Es por ello que para poder seleccionar las capacidades que pueden ser favorecidas desde la educación superior, se ha tenido en cuenta que las mismas se ponen en práctica por medio de experiencias reales significativas, dando lugar a comportamientos observables que permitan resolver exitosamente la tarea impuesta.

Una representación gráfica de esta relación aplicada al contexto de la educación superior para la formación profesional de los Ingenieros es la siguiente:



La viabilidad del logro de la competencia emprendedora se basa en la adquisición de las capacidades asociadas, desarrolladas en el contexto del aula, donde la enseñanza basada en contenidos deja paso a la enseñanza por competencias, es decir basada en el desarrollo integral del alumno, atendiendo a sus dimensiones: personal, social y profesional.

En el aula es posible favorecer el logro de las siguientes capacidades:

- Tomar decisiones
- Comunicar
- Crear e Innovar
- Trabajar en equipo
- Adquirir confianza en sí mismo
- Tolerar el fracaso
- Actuar con responsabilidad
- Aprender en forma continua
- Ejecutar

4. Acciones educativas para el logro de las capacidades enunciadas.

En cada tarea educativa se puede indagar sobre el alcance y las características de la formación profesional para el Emprendedorismo, y proponer diseños y experiencias de aula basados en las capacidades indicadas. Plantear las estrategias de enseñanza-aprendizaje relacionadas con las necesidades y características de la Institución, que puedan implementarse en el contexto real de las carreras de Ingeniería y procurar el compromiso de la comunidad educativa con la tarea.

El desarrollo de las capacidades seleccionadas implica importantes cambios para los profesores, desde el rol que se asigna a los contenidos en los cursos, al manejo de los problemas y los proyectos como estrategias didácticas. La modificación del contrato didáctico, conlleva adecuaciones a las formas evaluativas, una especial atención a la interdisciplinariedad y una idea clara de lo que se trata el actuar con espíritu emprendedor. El miedo a lo desconocido, lo nuevo o lo diferente dificulta la aceptación de los modelos desarrollados por competencias. Los cambios en la cultura institucional, generan actitudes y acciones positivas pero también incertidumbre, resistencia, desinterés, incredulidad.

Para neutralizar la resistencia al cambio, es imprescindible que el docente, además de sentir la contención y el compromiso de la autoridad con los procesos de cambio, pueda apoyarse en su experiencia para dar respuesta a nuevas propuestas.

El estudio particular de nuestra institución, muestra que en el contexto del aula (espacio físico,

relación docente alumno, planificaciones centradas en contenidos), existe una escasa integración entre las cátedras correspondientes a las diferentes áreas de las carreras de Ingeniería: ciencias básicas, tecnologías básicas, tecnologías aplicadas y complementarias. La tibia definición política de planificación por competencias, entre otras, dificulta un trabajo sistemático orientado a la formación en competencias.

Pese a la realidad un tanto adversa, se considera necesario consensuar experiencias didácticas factibles (adecuadas a la realidad existente) y orientadas a la formación en competencias emprendedoras.

En el desarrollo de las experiencias se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Diagnóstico de la situación,
 - 2) Determinación de algunas variables causales,
 - 3) Determinación de las consecuencias del problema,
 - 4) Diseño y análisis de eficacia de las estrategias, tendientes a la adquisición de competencias.
- La experiencia se lleva a cabo en una cátedra del ciclo básico de la carrera de Ingeniería Civil, situada en el primer semestre de primer año, con noventa alumnos cursantes.

Los docentes involucrados son: un profesor titular, un profesor asociado y dos jefes de trabajos práctico. El desarrollo llevado a cabo en la modalidad aula-taller se realizó de la siguiente manera:

- a) Se plantea un problema
- b) Se selecciona una estrategia de trabajo en el aula: Trabajo grupal o individual
- c) Se Planifican las actividades considerando a la resolución del problema como un medio y no como un fin.
- d) Se pone énfasis en rescatar y organizar la forma de trabajo de cada alumno y del grupo.
- e) El grupo se centra en el abordaje del problema. Las capacidades involucradas serían: Visión del problema, desempeño en grupo, liderazgo, toma de decisiones, negociar o persuadir y la tolerancia al fracaso.
- f) El desempeño de manera efectiva en grupo.
- g) Selección del sistema de evaluación:
 - 1° - Presentación de informes que orientan a trabajar las capacidades referentes a la ética, responsabilidad y compromiso.
 - 2°- Actividad de Difusión: Exposición de la resolución del trabajo
 - a) Grupal: favorece la discusión y análisis de situaciones problemáticas y revaloriza la importancia de la comunicación en todas sus formas
 - b) Individual: favorece el tratamiento personal de los contenidos

Dificultades:

- a) Relación Docente-Alumno
- b) Infraestructura
- c) Planificaciones centradas solo en contenidos
- d) Resistencia del alumno al trabajo activo en aula

La resolución de problemas se selecciona como una estrategia de trabajo en el aula por considerar que tiene un valor agregado fundamental para el logro de capacidades asociadas a la competencia emprendedora. Las actividades se planifican considerando la resolución de problemas como un medio y no como un fin en sí mismo, por lo tanto se pone énfasis en rescatar y organizar las formas de trabajo de cada alumno y de cada grupo. Las actividades grupales se centran en el abordaje de problemas, lo que permite trabajar, además de esta capacidad, el desempeño de manera efectiva en grupo. La resolución propiamente dicha se realiza en forma individual para favorecer el tratamiento personal de los contenidos. Se selecciona el sistema de evaluación oral, el cual favorece la discusión y análisis de situaciones problemáticas y revaloriza la importancia de la comunicación en todas sus formas. Las

actividades de difusión y presentación de informes se orientan a trabajar las capacidades referentes a la ética, responsabilidad y compromiso.

Se presentan dificultades importantes tales como, infraestructura, relación docente-alumno, la devaluación del aula Taller y resistencia de los alumnos al trabajo activo en el aula.

5. Conclusiones y Recomendaciones

El trabajo se encuadra en un programa educativo, que no separa, sino que une la investigación y la docencia, haciendo de ésta el objeto de estudio de aquélla. La investigación educativa es imprescindible para mejorar la calidad de los aprendizajes, donde los alumnos buscan en el aprendizaje de esa disciplina un medio para graduarse con éxito y la herramienta científica insustituible para su posterior ejercicio profesional.

Los resultados obtenidos afianzan los anteriores y nos permiten sugerir la continuación de actividades de esta índole, como así también su difusión, lo que facilita la relación entre docentes preocupados por esta temática y la formación de ámbitos de discusión y crecimiento. Se hace un fuerte hincapié en el carácter interdisciplinario de la educación, que impulsa la búsqueda de relaciones entre la Ingeniería y las otras ciencias, incorporadas al proceso curricular.

Recomendamos prestar especial atención a la situación concreta del grupo humano con el que se trabaja, a los intereses, las expectativas y a la vocación de los alumnos, para procurar una educación adecuada a su grado de madurez y favorecedora de su desarrollo.

Mantener el equilibrio entre el carácter formal o exacto de las ciencias duras como la Ingeniería y la aproximación que buscamos con sus modelos a la descripción de la realidad, para promover en el aula las actividades de imaginar, observar, medir, tabular, graficar, inducir e inventar y no sólo las operaciones mentales de pensar, analizar o sintetizar, deducir o demostrar formas totalmente abstractas.

Sostener el carácter pro-activo y no reactivo de la educación, para anticipar el futuro, atendiendo a las nuevas líneas de pensamiento que se orienta hacia el desarrollo vertiginoso de la tecnología.

Se propone que en la didáctica esté contemplada la resolución de problemas con diferentes objetivos. Se recomienda el planteo de problemas de largo aliento, los que se utilizarían como guía orientadora durante las clases requeridas para el desarrollo del tema.

La modalidad de aula-taller y todo lo que su planificación implica para los docentes y alumnos es considerada una vía muy apropiada para avanzar desde un esquema estático en la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje hacia un modelo dinámico del mismo.

No olvidar el aspecto social de la educación, para hacer en el aula una Ingeniería entre todos, con interacción de docentes y alumnos, respetando la dimensión vital e informal de la educación, que incorpora al trabajo en el aula, los afectos, la expresión corporal, el juego, la solidaridad y la competencia.

Se deben diseñar estrategias que permitan identificar, analizar y homogeneizar competencias genéricas y emprendedoras y llevar adelante una propuesta curricular abierta, flexible y adecuada para el logro de competencias instrumentales e interpersonales para el ejercicio profesional de la Ingeniería

6. Referencias

- [1] PRECITYE “Programa Regional de e Innovación en Ingeniería”. Año 2013.
- [2] CATALANO Ana; AVOLIO de COLS Susana; SLADO GNA Mónica. “Diseño curricular basado en normas de competencia laboral”. Conceptos y orientaciones metodológicas-Programa de formación y certificación de competencias laborales. Buenos

Aires. 1^{ra} Edición. Banco Interamericano de Desarrollo. Argentina. 2004.

- [3] LE BOTERF, GUY. *“Ingeniería de las competencias”* Editorial Barcelona Gestión 2000 S.A. España. 2001.
- [4] STENHOUSE, L. *“La investigación como base de la enseñanza”*. Ediciones Morata. Madrid. España. 1984.
- [5] CONFEDI. *“Consejo Federal de Decanos de Ingeniería”*. Año 2010.
- [6] SABASTANO, D. Tesis de MBA *“Entrepreneurship e Ingeniería en Argentina: ¿Las carreras “duras” ayudan a crear riquezas?”* Universidad del CEMA. Buenos Aires, 2013.
- [7] LECICH; M. I.; LORENZO. Proyecto de Investigación de la UNSJ *“Diseño y Análisis de Modelos de Formación Profesional basado en Competencias para el Fortalecimiento del Emprendedorismo y la Innovación hacia el Desarrollo Sostenible”*. 2015



III CADI
IX CAEDI
2016



COMPETENCIAS INGENIERILES, EMPRENDEDORISMO Y EXPO-UNIVERSIDAD

Oswaldo Spósito, DIIT-UNLaM, sposito@ing.unlam.edu.ar

Gabriel Blanco, DIIT-UNLaM, gblanco@ing.unlam.edu.ar

Bettina Donadello, DIIT-UNLaM, bdonadello@unlam.edu.ar

Marcelo Juárez, DIIT-UNLaM, mjuarez@unlam.edu.ar

Nicolás Kotliar, DIIT-UNLaM, nkotliar@unlam.edu.ar

Resumen— Desde la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), todos los años se celebra Expo-Universidad conformada en forma simultánea por: Expo-Escuela y Expo-Proyecto; pretende ser un espacio donde los alumnos de Escuelas Técnicas del Partido de La Matanza y estudiantes del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), presentan sus proyectos de fin de carrera, permite mostrar a los alumnos los proyectos desarrollados a lo largo del año académico. La idea es aprovechar el mismo, desde la función docente, para fomentar en los alumnos y en los jóvenes, las competencias y el espíritu emprendedor en etapas formativas muy tempranas. Recorriendo la muestra se logra vivenciar a través de las propuestas presentadas por los secundarios, el desarrollo de las distintas habilidades y competencias propias del futuro ingeniero y de todo emprendedor desde fases prematuras. Sostiene Kourilsky, 1995 que el desarrollo emprendedor específicamente en la educación secundaria está recibiendo gran atención, principalmente por el interés de los estudiantes en participar programas de formación para emprender. Estudiantes con ansias de capacitación constante, teniendo en cuenta la premisa de Ashoka que infiere que si un joven emprende antes de los 20 años, resulte probable que siga emprendiendo a lo largo de toda su vida.

Palabras clave— *Emprendedorismo, espíritu emprendedor, competencias ingenieriles.*

1. Introducción

Siguiendo lo establecido en el Plan Estratégico para la Formación de Ingenieros [1] en el DIIT se han establecido diferentes estrategias de abordaje: cambios curriculares, pedagógicos, orientación y seguimiento de alumnos, en ciclos inicial y superior de las carreras de ingeniería. Así como acciones de extensión universitaria: Expo Escuela, Expo Proyecto, por citar algunas.

En el presente trabajo nos centraremos en las actividades que giran alrededor de la Expo Universidad, como se denomina actualmente a la Exposición que se lleva a cabo todos los años en el DIIT, abierta a la Comunidad, donde coexisten la Expo Escuela, Expo Proyecto y Robolucha, desde hace más de 10 años.

Nos focalizaremos en el actuar con espíritu emprendedor. Aquel que fomentemos en nuestros estudiantes secundarios y universitarios, como punto de partida para promover todas aquellas capacidades o aptitudes que harán de ellos, y de los futuros ingenieros, profesionales emprendedores, con alto potencial y orientados a trabajar por resultados, contribuyendo a la generación de desarrollos e innovaciones tecnológicas.

1.1 Objetivo general

La presente comunicación, es una de los instrumentos de difusión que forman parte del Proyecto de mejora de los indicadores académicos del DIIT, que sigue el eje estratégico del Plan de Formación de Ingenieros 2012-2016, y cuyos objetivos son [2]:

- I. Generar vocaciones tempranas y facilitar el tránsito entre niveles educativos.
- II. Incrementar la retención en el ciclo básico.
- III. Incrementar la retención en el ciclo de especialización.
- IV. Incrementar la graduación de alumnos avanzados.

A los cuales en carácter específico, añadimos en forma concreta, dos objetivos específicos, como se indica en el punto 1.2.

1.2 Objetivos específicos

- Trabajar en forma temprana las competencias ingenieriles definidas por la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) [3] (competencias tecnológicas y competencias sociales, políticas y actitudinales), suscritas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) [4].
- Mejorar la formación académico-profesional de los estudiantes colaborando con el desarrollo de competencias emprendedoras.

2. Materiales y Métodos

2.1 Actividades

Las actividades eje del presente trabajo son: Expo Universidad y el Polo Tecnológico de La UNLaM, como se describen a continuación:

A. Expo Universidad

El desarrollo de “Expo Proyecto” desde el año 2005 [5] y [6], se trata de una exhibición anual con una duración de tres días, en la cual se presentan trabajos realizados por las distintas cátedras del DIIT, resultados de los proyectos de Investigación y Desarrollo y dos muestras tipo museo, una retrospectiva del desarrollo de la Computación y otra retrospectiva de instrumentos eléctricos y electrónicos.

En el marco de reorganización académica para mejorar la enseñanza de la ingeniería a nivel del ciclo superior, es importante mencionar otra actividad impulsora que coadyuva a mejorar el nivel de graduación.

Actualmente, a dicha exposición, se la denomina “Expo Universidad”, exposición anual donde convergen “Expo Proyecto”, “Expo Escuelas” y la tradicional “Robolucha”.

“Expo Proyecto” brinda a los alumnos de las carreras dictadas en el DIIT, la posibilidad de presentar sus trabajos y proyectos de fin de carrera desarrollados en cada una de sus especialidades (electrónica, informática, industrial, civil, mecánica y arquitectura).

“Expo Escuela” se lleva a cabo con la intención de convocar a los jóvenes de las escuelas técnicas nacionales y privadas secundarias del Partido de La Matanza y de Distritos aledaños para presentar propuestas creativas y tecnológicas. Los jóvenes participantes son acompañados por docentes y líderes de proyecto.

“Robolucha” es una competencia de robots en modalidad “Sumo”, que se realiza como antesala de una competencia a nivel nacional de Universidades adheridas a este tipo de desarrollos tecnológicos.

B. Polo Tecnológico UNLaM

La Unidad Académica está trabajando junto con la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de Argentina (CESSI) [7], el Ministerio de Educación y el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires para la creación de un Centro de Desarrollo de Tecnología TICs que ya se encuentra en funcionamiento en laboratorios de la Universidad, pero se destinará un espacio espacialmente acondicionado, en el predio de la misma. Los alumnos se ahorrarán horas de viaje de traslado al trabajar en este espacio y podrán beneficiarse al tener condiciones laborales más compatibles con sus necesidades académicas. Constituirá un incentivo adicional para que los estudiantes se orienten a estas carreras al tener la posibilidad de poder realizar un trabajo acorde a su vocación y con una dedicación horaria razonable.

La condición que deberían cumplir los alumnos para poder trabajar en este Centro será la de tener un rendimiento académico regular en la fase de finalización de carrera, pero que les permita acortar su duración. Una vez recibidos los graduados pueden permanecer en la empresa, pero trabajando en otro lugar y de esta manera permitir el ingreso de nuevos estudiantes, ya que el objetivo fundamental del Centro es el aumento del número de graduados.

En dicho contexto se trabajan las competencias ingenieriles suscritas por el CONFEDI y específicamente las emprendedoras:

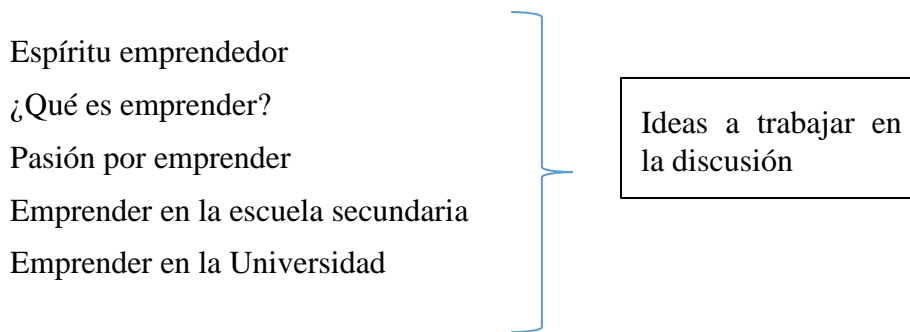


Figura 1. Ideas de discusión. Fuente: elaboración propia.

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados

Como resultados destacables en relación a la Expo, cabe mencionar, que el DIIT realizó el año pasado, desde el 28 al 30 de Octubre “Expo Universidad 2015”, exposición anual donde convergen “Expo Proyecto”, “Expo Escuelas” y la tradicional “Robolucha”.

Además se realizó un Workshop denominado “Introducción al desarrollo de aplicaciones para internet de las cosas” organizado por la Secretaria de Investigaciones Tecnológicas del DIIT y dictado por los docentes Ing. Sebastian Barillaro y Lic. Graciela De Luca, con una participación de 34 asistentes. También se realizó la conferencia “El ruido y la salud”, dictada por el Ing. Alberto Behar de Ryerson University, Toronto, Canadá, con la asistencia de 180 personas.

En la edición de este año se incrementó la asistencia de público estimándose la misma en 4.500 personas.

Se calificaron los proyectos teniendo en cuenta tres categorías: Impacto Social, Innovación y Transferencia Tecnológica.

Los premiados en cada categoría fueron:

Categoría Impacto Social:

Proyectos UNLaM

1. SIM
2. TeAcompaño
3. Lazadroid

Escuelas de Enseñanza Técnica

1. Fototransportador
2. Ecoluminux
3. Invernadero

Categoría Innovación

Proyectos UNLaM

1. VRDrive
2. ImmersiveX
3. Pet Line

Escuelas de Enseñanza Técnica

1. Generador Eléctrico alimentado a gas natural
2. Destisol
3. KimpotAR

Categoría Transferencia Tecnológica

Proyectos UNLaM

1. Colchón antiescaras – masajeador
- 2 360 Domus
- 3 Unnify

Escuelas de Enseñanza Técnica

1. Iluminación fotosensible
2. A.P.R.S.
3. EcoRuta

Robolucha

1. Robot Manribot (UNLaM)
2. Robot Reaper (UNLaM)
3. Robot Grupo 2 (UNLaM)

Participaron 20 escuelas técnicas estatales y privadas con un total de 40 proyectos. Se presentaron 27 proyectos de fin de carrera del DIIT y 12 robots en la Robolucha.

En relación al Polo Tecnológico, cabe destacar la obtención de dos premios, como se ha publicado en la Web de la UNLaM en 2015 [8]:

El proyecto de construcción y puesta en marcha de un Centro de Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en UNLaM fue galardonado por segunda vez en el año.

En esta oportunidad, fue distinguido con el Premio Sadosky -en el rubro Calidad e Innovación Educativa- por la CESSI.

El proyecto de Polo Tecnológico de la UNLaM (cuyo edificio está en proceso de edificación lindante al Rectorado) fue reconocido porque propone implementar una dinámica colaborativa de relación entre la Universidad y las empresas del sector.

Su desarrollo contempla la radicación de 20 firmas de la industria del software para la contratación de 500 estudiantes en un edificio de 4.200 metros cuadrados con laboratorios de informática.

El modelo de Polo Tecnológico de la UNLaM, diferente a otras iniciativas de la misma índole, fomenta la inserción laboral en el sector y tiene el foco puesto en los alumnos que están cursando sus carreras en la Universidad, para que se desarrollen profesionalmente y se gradúen con experiencia.

Los estudiantes que vayan a participar deberán mantener el régimen de cursada de sus carreras para mantenerse en el programa y graduarse en tiempo y forma, mientras adquieren una valiosa experiencia profesional.

“Para la Universidad, este premio es muy importante porque significa que estamos por el camino correcto en lo que respecta a la innovación educativa”, enfatizó Osvaldo Spósito, decano del DIIT.

Es el segundo reconocimiento que el proyecto de la Universidad recibe a lo largo de 2015 ya que, en junio pasado, también había sido distinguido en Cuba con el premio LaTinatec de Innovación Educativa.

El Premio Sadosky (en homenaje a Manuel Sadosky, ilustre científico argentino y promotor de las ciencias informáticas en el país) busca visibilizar el talento aplicado a la innovación tecnológica y a la contribución social para reducir la brecha digital, así como difundir el uso y el estudio de las nuevas tecnologías.

3.2 Discusión

El emprendedor es quien tiene la intención de emprender, pero ¿qué es emprender?

Albano [9] afirma que “Emprendedor es la persona que tiene la idea y concepto de un producto o servicio a realizar y es capaz de desarrollar, empezar e implementar la misma como un proyecto.”

Emprender desde el punto de vista del emprendedor es una actitud, es un concepto muy amplio, es un conjunto de características que implica considerar el comienzo de una idea, de cualquier actividad, de un sueño, de un negocio, de un trabajo...

“...un emprendedor no es necesariamente una persona que tiene una buena idea, alguna habilidad técnica, o un conocimiento específico. En esa categoría se encuentran los inventores, artesanos o artistas. A diferencia de ellos, los emprendedores son gente capaz de proveerse de las herramientas necesarias para construir la organización idónea que le permita concretar un producto o servicio que sea valorado por el mercado.” [10]

En los contextos actuales surgen nuevas necesidades dentro del ámbito laboral y su compromiso con los jóvenes con mentalidad creativa, por lo que resulta de relevancia, desarrollar los conocimientos y habilidades vinculados con la capacidad de generar diferentes alternativas de empleos. El aprender a emprender se plantea como un reto en la educación de este siglo, el cual constituirá el punto de partida para promover todas aquellas capacidades o aptitudes que harán de nuestros jóvenes, personas emprendedoras.

Zapata, C. (2004) opina que:

“El espíritu emprendedor surge, en primer término, al abordar con una visión de supervivencia todos los impedimentos de progreso y, luego, al poner en

juego las condiciones personales: confiar en el proyecto y transmitir su fuerza a unos pocos colaboradores” [11]

¿Existe el momento ideal para enseñar a emprender?

Muchos autores coinciden en la enseñanza del espíritu emprendedor desde edades tempranas donde la educación cobra mayor relevancia para que de esta forma se fomente el aprendizaje y la formación de un individuo integral, con habilidades y actitudes de actuar, desarrollar y gestionar sus propios emprendimientos.

El desarrollo de las capacidades creativas sentará las bases para trabajar sobre las propias competencias emprendedoras. Lo ideal sería comenzar su proceso formativo desde la escuela secundaria, fomentando su espíritu emprendedor, con el fin de desarrollar la cultura emprendedora en los estudiantes. Es de gran importancia transmitir, entrenar y educar en creencias, valores, ideologías y saberes, sobre el fortalecimiento de las distintas competencias que se consideren clave para el desarrollo de la cultura emprendedora de todos los jóvenes estudiantes.

Promover las competencias emprendedoras en la educación secundaria posibilita a los estudiantes desarrollar su formación profesional, con actitudes y aptitudes muy valiosas, no sólo para los que desarrollen su trayectoria universitaria, sino también para aquellos que no continúen con sus estudios favoreciendo con ello, la igualdad de oportunidades

En lo que respecta a la educación superior, Albano señala:

“...las universidades en su papel de formador de profesionales, deben asumir la responsabilidad de incorporar en su currícula “aprender a emprender”, lo que fomentará la conexión del alumno con el medio, donde va a tener que interactuar una vez recibido. Además, la necesidad de acercar a las aulas a emprendedores exitosos, que transmitan su experiencia, para que la formación no sea solamente teórica, sino lo más cercana a la futura realidad, que les tocará enfrentar”. [9]

A esto último apuntan las Prácticas Profesionalizantes (PP) que realizan los estudiantes de escuelas técnicas en UNLaM, así como las ya mencionadas Expo Proyecto, Expo Escuela y el proyecto de Polo Tecnológico que está llevando adelante el DIIT.

En este sentido, notamos a modo de reflexión, que la mayoría de las instancias de formación en competencias de emprendedurismo que mencionamos en este trabajo están claramente focalizadas en la fase de finalización de las carreras de Ingeniería, a modo de corolario en el que los conocimientos previamente adquiridos se cristalizan finalmente en proyectos/emprendimientos concretos.

Nos preguntamos entonces acerca de la pertinencia o incluso la necesidad de incorporar nuevos espacios curriculares en los cuales se trabajen las competencias emprendedoras a lo largo de los planes de estudio de las carreras de ingeniería, en forma sistemática. Creemos que así el proceso de formación de las mismas y de una “cultura emprendedora”, se cimentaría desde fases más tempranas dentro de la universidad, tendiendo a generar una mejora en la capacidad de emprender de los estudiantes y en la calidad/cantidad de los emprendimientos producidos por los mismos hacia el final de su carrera.

Esta idea estaría en línea con la idea de Fernández March [12] de una educación basada fundamentalmente en competencias y con la premisa de Ashoka [13], quien infiere que si un joven emprende antes de los 20 años, resulte probable que siga emprendiendo a lo largo de toda su vida.

Desde la universidad se puede trabajar sobre las trayectorias universitarias para de esta forma promover las capacidades emprendedoras de nuestros alumnos, que les permita desarrollar sus ideas, a pesar de los obstáculos que se les presente, permitiéndoles llevar a cabo sus emprendimientos. Perder el miedo al fracaso, al cambio que se comienza a gestar desde los primeros años en la universidad. El desarrollo de competencias emprendedoras en estudiantes universitarios fomenta la inclusión y la igualdad de oportunidades, representando la construcción de distintas tareas, que genere el desarrollo personal y laboral de cada uno de los individuos actuantes.

La utilización de metodologías activas adecuadas, en la enseñanza universitaria, sirve para trabajar desde la docencia, la cultura emprendedora, alentando y promoviendo la creatividad, y facilitando la inmersión de los participantes en su ambiente local, regional y nacional.

4. Conclusiones y recomendaciones

Año a año los estudiantes universitarios de Ingeniería irán adquiriendo conocimientos que les servirán en el desarrollo de una propuesta final que será presentada en la última materia del currículum. Entendemos que para que ello se de en forma satisfactoria y completa, las motivaciones, saberes y cultura del emprendimiento deberán formar parte de los conocimientos construidos a lo largo de toda o bien de buena parte de la carrera universitaria ingenieril.

Este señalamiento creemos que es digno de ser tenido en cuenta para todas las acciones que está llevando a cabo la UNLaM que favorecen el desarrollo de competencias emprendedoras, tales como el proyecto del Polo Tecnológico y Expo-Proyecto, y para otras acciones futuras posibles, como la implementación de nuevos espacios curriculares que fomenten la cultura del emprendimiento dentro de las carreras. De esta forma, creemos, se logrará mejorar el trabajo en una idea proyecto que seguramente formará parte en el final en un micro emprendimiento que hasta incluso llegue a resultar innovador.

Esto sólo será posible si nuestros estudiantes universitarios son guiados en su gestión y desarrollo por docentes facilitadores en un proceso de enseñanza-aprendizaje que demuestre aquel espíritu emprendedor que poco a poco y a lo largo de la carrera se ha ido e irá canalizando en ellos. Y sería sólo el puntapié que les servirá para presentar su proyecto en sociedad, con amigos, familiares, parientes y que tal vez de forma subjetiva, potencie el desarrollo de este nuevo emprendimiento.

Proyectos de Escuelas Técnicas del Partido de la Matanza, proyectos de futuros ingenieros por recibirse, todos y cada uno de ellos contarán con la posibilidad de participar en Expo-Universidad conformada en forma simultánea por: Expo-Escuela y Expo-Proyecto. Como comenta Andy Freire [14] se necesita coraje y convicción en lo que se desea emprender y eso es lo que hace, año a año, al éxito de la exposición presentada en la Universidad.

No nos educan ni en la secundaria, ni en la universidad sobre cómo trabajar el miedo al éxito o al fracaso en este tipo de eventos. ¿Estamos preparados? Alcanza con contar con la pasión por emprender y traspasar las fronteras del ámbito educativo. Para muchos de los estudiantes ésta resultará la primera experiencia en desarrollo de ideas prototípicas y que en alguno de los casos alcanzarán a ver la luz ingresando al mercado en un futuro inmediato.

Es importante desde la docencia acompañar el proceso de desarrollo y crecimiento de nuestros alumnos para de esta forma lograr futuros profesionales que estén capacitados para actuar en el mercado con todas y cada una de sus propias competencias emprendedoras. Distintos contextos, distintas personas, distintos proyectos y con la idea única de llevar

adelante cada uno de sus proyectos desarrollados. No dejemos de pasar la oportunidad para trabajar con ahínco y esmero y lograr transmitir la esencia de nuestro emprendimientos. ¿Están listos?

5. Referencias

- [1] PEFI. Plan estratégico para la formación de ingenieros <<<http://portales.educacion.gov.ar/spu/calidad-universitaria/plan-estrategico-de-formacion-de-ingenieros-2012-2016>>>
- [2] SPÓSITTO, O., BLANCO, G. Y DONADELLO-ANADÓN, B. (2015): [Comunicación oral]: Innovación pedagógica en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza. En: *VI Foro Internacional de Innovación Universitaria. Innovación en la Formación del Profesorado Universitario. Contribuciones desde la docencia, gestión, investigación y tecnologías*. Asunción, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción. Del 21 al 23 de septiembre del 2015.
- [3] ASIBEI. Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería. << <http://www.asibei.net/>>>
- [4] CONFEDI (2014): *Competencias en ingeniería*. Universidad FASTA. Mar Del Plata.
- [5] SPÓSITTO, O., BLANCO, G. Y DONADELLO-ANADÓN, B. (2014): [Comunicación oral]: Reorganización pedagógica en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. En: *V Foro Internacional de Innovación Universitaria. La Innovación Educativa para transformar la Sociedad Multicultural: El papel de las Universidades*. Bogotá, Colombia: Pontifica Universidad Javeriana. Del 23 al 25 de Abril de 2014.
- [6] DONADELLO, B. L. Autores: Marcela Imperiale, Fabiana Grinsztajn, Victor Mekler, Osvaldo Spóssito, Gabriel Blanco, Domingo Donadello (2014) [Comunicación oral]: Plan de mejora de las condiciones de graduación de los estudiantes avanzados de ingeniería del DIIT-UNLaM. En: II Congreso Argentino de Ingeniería - CADI 2014. VIII Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería - CAEDI 2014. Tucumán, República Argentina: 17, 18 y 19 Setiembre 2014.
- [7] CESSI. Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la Argentina <<www.cessi.org.ar>>
- [8] UNLaM. <<www.unlam.edu.ar>>
- [9] ALBANO, S. (2014). Competencias emprendedoras en la universidad a través de la acción: aprender a emprender (ae). Páginas 97- 116 en Revista de la Escuela de Ciencias de la Educación, año 10, número 9, enero a diciembre de 2014. Disponible en: <<<http://www.revistacseducacion.unr.edu.ar/ojs/index.php/educacion/article/viewFile/202/199>>>
- [10] LEBENDIKER, A.L. Claves para emprendedores. Conceptos básicos para planificar y desarrollar tu proyecto. Material de apoyo del Programa Desarrollo Emprendedor. Capítulo 1: Empezar, ¿sí o no? Ministerio de Desarrollo Económico de la Ciudad de Buenos Aires. 2013. P.15
- [11] ZAPATA, C.I. (2004). El espíritu emprendedor. deGerencia.com. disponible en: <http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=482>

- [12] FERNÁNDEZ MARCH, A. (2006): Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24 · 2006. pp. 35 – 56
- [13] ASHOKA ARGENTINA. Todo el mundo puede cambiar el mundo. <<<http://argentina.ashoka.org/>>>
- [14] FREIRE, A. (2004). *Pasión por Emprender. De la idea a la cruda realidad*. Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara, S.A. p.29

Obras y Proyectos de Ingeniería



DISEÑO DE UN RECIPIENTE A PRESIÓN ESFÉRICO MODIFICADO POR INSTALACIÓN DE UN TUBO GUÍA

César Armando Lanz, Universidad Nacional del Sur, Depto. de Ingeniería,
clanz@uns.edu.ar

Daniel Horacio Felix, Universidad Nacional del Sur, Depto. de Ingeniería,
dhfelix@uns.edu.ar

Resumen. En este trabajo se diseñan las modificaciones necesarias para alojar un sistema de medición de nivel en un recipiente a presión esférico, para lo cual se ha instalado en la brida superior de 860mm de diámetro un tubo de 219 mm. Al tratarse de una brida en un recipiente a presión, en el que debe practicarse un orificio para alojar el tubo guía, se hace necesario reforzar la zona de dicho orificio mediante un parche. La rigidez del conjunto “brida-tubo” se asegura mediante el empleo de refuerzos en forma de escuadra, vinculados mediante soldadura eléctrica de arco revestido. Se verifican las tensiones mecánicas en la zona del “cuello” y en la brida de 860 mm y se determinan las características geométricas y propiedades mecánicas requeridas por el parche. Además se dimensionan los cordones de soldadura y se verifica su aptitud mecánica. Complementariamente, se realiza una modelización numérica de los elementos estructurales incorporados, con el fin de contar con una verificación adicional de los valores de tensión mecánica presentes.

Palabras clave: *Integridad mecánica, recipientes a presión, industria petroquímica diseño estructural, modelización numérica.*

1. Introducción

La sistematización y adecuación a las leyes vigentes de los sistemas de facturación de impuestos nacionales por parte de las plantas que comercializan gases combustibles derivados del petróleo, hace indispensable que el sistema de medición volumétrica sea compatible con el software de facturación de última generación.

Se hace necesario entonces reemplazar los dispositivos de medición de nivel primario, que tienen una antigüedad que supera los 35 años, por un moderno sistema de medición en tiempo real, que se vincule con el computador de volumen y posteriormente con el software de facturación.

La Figura 1 muestra un esquema del recipiente a presión (RSP) a modificar el cual, en su parte superior denominada “calota superior”, consta de una apertura de acceso denominada “paso de hombre” que se halla obturada por una “brida ciega” de 860 mm de diámetro exterior, clasificada como “serie 150”.

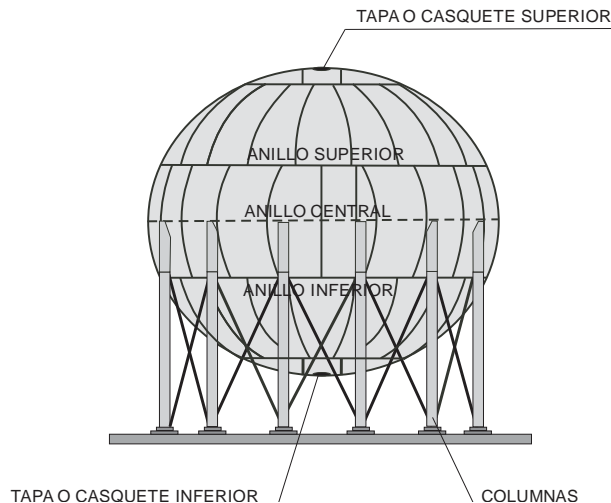


Figura 1. Recipiente a presión (RSP), esférico a ser modificado.

Para instalar el nuevo sistema de medición en tiempo real es necesario modificar la configuración preexistente del recipiente esférico. La Figura 2 muestra esquemáticamente las modificaciones introducidas.

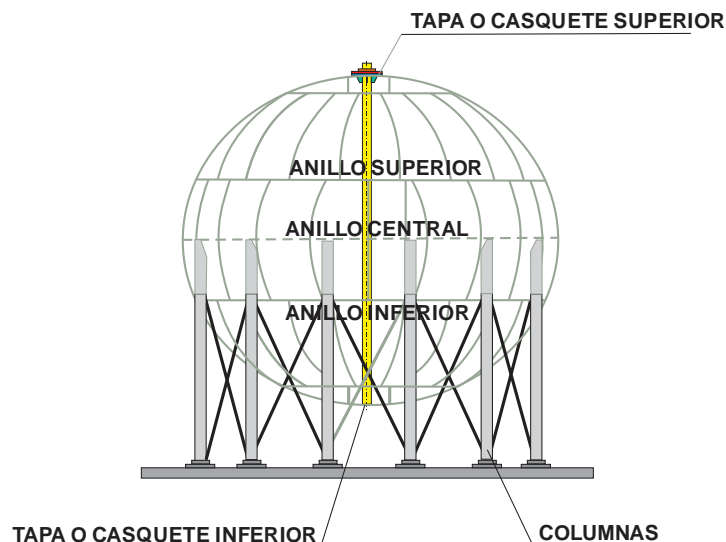


Figura 2. Vista esquemática del RSP modificado.

El instrumento de medición del nivel de fluido a colocar, posee una brida de montaje de 152 mm, instalada mediante una reducción que va de 219 a 152 mm. El mismo requiere el guiado de dispositivo sensor (consistente en un desplazador) que copia el nivel de fluido interior. El guiado se verifica a través de un tubo vertical de 219 mm de diámetro, de la serie *Schedule 40*, que se prolonga al interior del recipiente, alcanzando una longitud de 16,30 m.

Para permitir el pasaje del tubo guía a través de la brida superior o paso de hombre, se debe practicar un orificio concéntrico a la misma. Con el objetivo que esta modificación tenga la estanqueidad y la estabilidad estructural que requiere el recipiente, es necesario reforzar el orificio practicado en la brida mediante un “parche” o “poncho”, el cual se coloca en la cara no expuesta al fluido (cara expuesta al medio ambiente).

Por otra parte, se debe asegurar la verticalidad del tubo guía, para lo cual es necesario, que la vinculación con la brida sea reforzada en su cara interior (cara expuesta al fluido). Dichos

refuerzos se materializan mediante la aplicación de riostras o escuadras. La vinculación del parche, el tubo guía y las escuadras con la brida se asegura mediante soldadura eléctrica de arco revestido. La Figura 3 muestra un detalle esquemático de los elementos incorporados en las modificaciones implementadas.

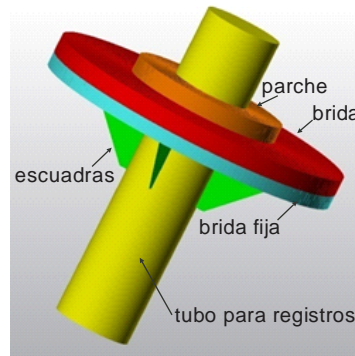


Figura 3.Detalle esquemático de las modificaciones incorporadas en el RSP analizado.

2. Materiales y Metodología utilizados

2.1. Brida superior

Como se mencionó anteriormente, la brida que se modifica tiene un diámetro de 860 mm, y se identifica como “WN RF Serie 300”, que responde a la norma ANSI B16.47. La misma es fabricada en acero al carbono ASTM A105. Su espesor es de 68,3mm y el diámetro de ejes de agujeros que permiten el pasaje de los bulones de fijación de la unión bridadas de 806 mm. El fabricante informa que el acero al carbono de la misma tiene una resistencia en el punto de fluencia de 250 MPa y una tensión de rotura de 485 MPa. En la Tabla 1, se muestra la composición química del acero ASTM A105.

Tabla 1. Composición química de los aceros utilizados

Elemento	Composición % (Max)		
	ASTM A105	ASTM A53 GrB	ASTM A36
Carbono	0.35	0.30	0.26
Manganeso	1.05	1.20	1.20
Fósforo	0.035	0.05	0.04
Azufre	0.040	0.045	0.05
Silicio	0.35	0.00	0.40
Cobre	0.40	0.40	0.40
Nickel	0.40	0.40	0.00
Cromo	0.30	0.40	0.00
Molibdeno	0.12	0.15	0.00
Vanadio	0.05	0.08	0.00
Wolframio	0.02	0.00	0.00

ASME Sec.IIA.Edic.2015.

2.2. Descripción del tubo instalado

El tubo instalado es un *Schedule 40*, que consiste en un tubo sin costura que responde a la norma ANSI B36.10BBE, fabricado con un acero al carbono según norma ASTM A53 Gr.B. Dicho tubo posee un diámetro exterior de 219 mm, espesor de pared de 8,18mm, longitud de 16,60 m y un peso de 6.950 N. El acero al carbono del mismo tiene una resistencia en el punto de fluencia de 240 MPa y una tensión de rotura de 415 MPa. La composición química del ASTM A53Gr.Bse muestra en la Tabla1.

2.3. Descripción del parche sobre la brida

El parche es de un acero al carbono que responde a la norma ASTM A36 que tiene una resistencia en el punto de fluencia de 250 MPa y una tensión de rotura de 435 MPa. La composición química del ASTM A36 se muestra en la Tabla 1.

2.4. Descripción de las escuadras de refuerzo

Las escuadras o riostras también son de acero al carbono, que responde a la norma ASTM A36, cuyas características fueron mencionadas anteriormente.

3. Diseño y verificación de las modificaciones implementadas

3.1. Verificación del espesor mínimo de la brida.

Para asegurarla fortaleza estructural que posee la brida abulonada con su respectiva junta, se procede a verificarla mediante la aplicación del código ASME VIII Div 1 [1,2] y del manual para diseño de recipientes a presión [3], que establece el espesor mínimo de la misma, mediante la expresión dada en la ecuación (1) de UG-34.pag.34 [2].

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{0,3 \cdot P}{S \cdot E} + \frac{1,9 \cdot W \cdot hg}{S \cdot E \cdot d^3}} \quad (1)$$

en la cual: t es el espesor mínimo requerido de la brida expresado en mm, d es el diámetro del resalte de la brida de 742.9 mm, P es la presión de diseño, S el valor de la tensión admisible,(en este caso de 175 MPa), E es la eficiencia de la junta soldada, que al tratarse de una brida abulonada puede adoptarse de valor unitario, y hg es la distancia radial desde el círculo de bulones al centro efectivo de la junta, que en este caso es de 58,7 mm.

El criterio de cálculo es similar al aplicado alcabezal plano abulonado de recipientes a presión. Se contempla que la presión interior de diseño, P del recipiente, es de 1,66 MPa, y que actúa sobre la superficie interior de la misma.

El valor de W se puede determinar de la expresión extraída del código ASME VIII Div 1 [2].

$$W = 3,14 \cdot b \cdot g \cdot y \quad (2)$$

En la ecuación (2), b es el espesor efectivo de la superficie de la junta que hace contacto. El valor b resultó en este caso 27 mm, g es el diámetro medio de la junta de 689 mm, y es la tensión mínima de diseño para la junta, que en este caso es de 20 MPa.

Reemplazando los valores anteriores en la ecuación (1), se determinó que el espesor mínimo t requerido para la brida es de 50,4 mm. Como la brida tiene un espesor mínimo de 68,3 mm, satisface el espesor requerido para asegurar la estanqueidad de la unión y mantener sus dimensiones geométricas, es decir, para que en ella no aparezcan deformaciones permanentes.

Por último, se establece una efectividad de sellado, conforme al código Asme, mediante la utilización de una junta *Klinger 4430* de 3mm de espesor [2].

3.2. Diseño y verificación del “parche” de refuerzo

El procedimiento de realizar en la brida un orificio concéntrico de 219 mm de diámetro, provoca un debilitamiento de la misma, principalmente por la reducción de sección y por el efecto de la concentración de tensiones. Resulta necesario entonces, reforzar la zona debilitada, para lo cual se aplica un “parche” o “poncho” de refuerzo.

Dicho refuerzo, se fija al tubo guía y a la brida mediante cordones de soldadura realizados por el procedimiento de arco eléctrico revestido. Los autores Farr y Maan [1] recomiendan que el material retirado de la brida por agujereado, sea repuesto con una cantidad igual de material en el parche de refuerzo. La cantidad de material retirado en la sección transversal de la brida es de 14.957 mm^2 (219 mm de diámetro del tubo x 68,3 mm de espesor de la brida).

Se compensó el material retirado de la brida mediante un aro de acero al carbono ASTM A36, que tiene un diámetro exterior de 438 mm, un diámetro interior de 219 mm y un espesor de 68,3 mm. Este aro (toroide), que se diseñó tiene un área de 14.957 mm^2 de sección transversal, siendo idéntica al área retirada de la sección transversal de la brida. El esquema de la sección transversal del parche que fue propuesto se muestra en la Figura 4.

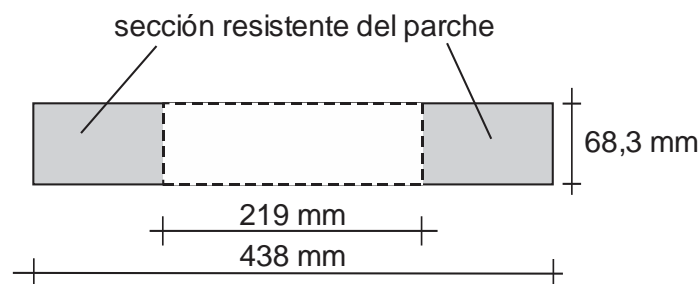


Figura 4. Sección transversal del aro de refuerzo (“parche”).

Complementariamente a la aplicación de las normas de diseño y verificación, se empleó un modelo de elementos finitos para determinar los valores de tensiones y desplazamientos, tanto en la brida como en el parche. Se adoptó la recomendación de los autores Pravin Narale y el Profesor Kachare [5] para seleccionar el tamaño de la malla empleada para realizar la simulación numérica. En la Figura 5.a se observa el campo de las tensiones de Von Mises en el conjunto formado por la brida y el. Figura 5.b se observa el respectivo campo de desplazamientos, obtenidos mediante el modelo numérico [6,7].

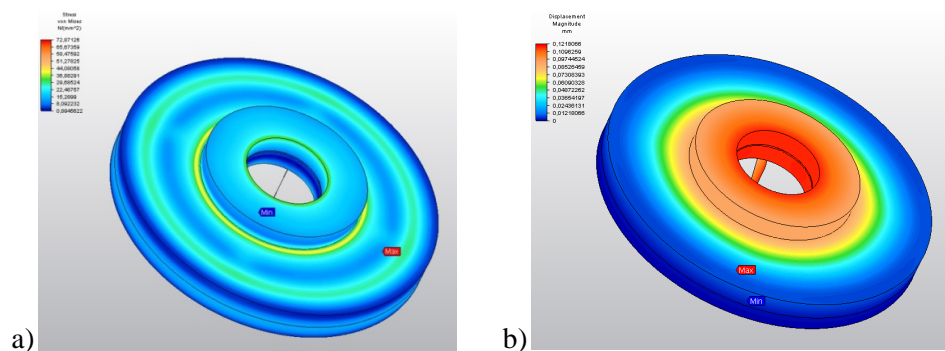


Figura 5. a) Campo de tensiones y b) Campo de desplazamientos, obtenidos en el modelo numérico.

3.3. Diseño de las escuadras de refuerzo

Para asegurar la rigidez de la unión entre la brida y el tubo se ha propuesto vincular los mismos mediante cuatro escuadras, cartelas o riostras de chapa ASTM A36 que posee una tensión admisible al corte de 129 MPa.

Estas partes (brida y tubo) se unen mediante cordones de soldadura con el procedimiento de electrodo revestido. Se emplearon para esto, escuadras inscriptas en un triángulo rectángulo de 230 mm x 230 mm, terminadas en sus vértices con un recorte de 25 mm. Con lo cual, las aristas quedaron con una longitud definitiva de 180 mm.

Sobre ambos lados de dichas aristas se realizaron los cordones de soldadura, que la vinculan por un lado a la brida y por el otro lado al tubo.

La verificación de la longitud de los cordones de soldadura se hizo de acuerdo al procedimiento recomendado por Mott [8], el cual considera al cordón como una línea.

Debe tenerse presente que las escuadras son el elemento intermedio, para transferir la carga de 6.950 N (peso propio) del tubo a la brida. Como material de aporte se utilizó varilla de 4 mm del electrodo *Conarco18* que tienen la característica E 7018-1 [9].

Los cordones de soldadura que vinculan la brida de acero ASTM A 105 y tubo guía de acero ASTM A36, suministran una tensión de corte admisible de 109 MPa. La soldabilidad de estos dos materiales se analizó en el punto 3.4.

Los autores Mirsky et al [7] recomiendan adoptar la linealización de la tensión en la simulación numérica de partes de recipientes a presión que pueden ser verificadas mediante el código ASME VIII.

En la Figura 6 se observa una vista inferior del campo de tensiones de Von Mises en el conjunto brida, parche de refuerzo y escuadras de refuerzo, obtenidos con el modelo por simulación numérica [10].

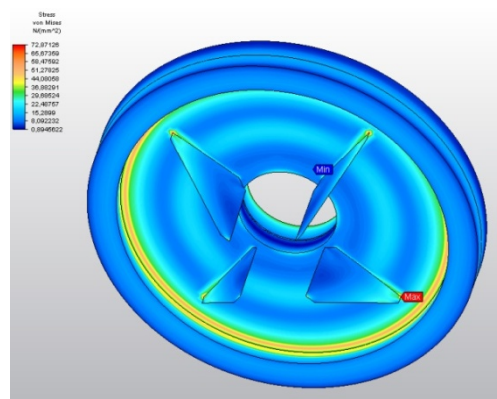


Figura 6. Campo de tensiones en la brida, parche y en las escuadras de refuerzo.

3.4. Estudio de la soldabilidad de la brida, parche de refuerzo y escuadras de refuerzo.

Para descartar que el procedimiento de soldadura por electrodo revestido no provoque ningún tipo de fisuras pos-soldadura, se empleó el diagrama de Graville. En este diagrama se muestran las tres zonas características, que predicen el comportamiento de los aceros soldados en cuanto a la factibilidad de fisuración en frío. La zona I indica que para el par de valores (carbono equivalente y % de carbono) del acero al carbono considerado, tiene una baja tendencia a la fisuración. En la zona II, el acero al carbono considerado tiene una

moderada tendencia a la fisuración y finalmente en la zona III el acero al carbono considerado tiene una alta tendencia a la fisuración en frío, por lo que se recomendó ser estricto con el procedimiento de soldadura empleado [11].

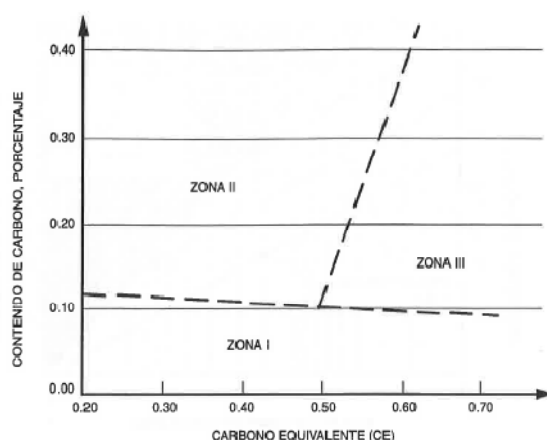


Figura7. Diagrama de Graville.

Para analizar la tendencia a la fisuración de los tres aceros de medio carbono (*mild steel*) que son el ASTM A105 para la brida, el ASTM A53 para el tubo guía y el ASTM A36 para los refuerzos (parche y escuadras), deben determinarse en primer lugar, para cada uno sus carbonos equivalentes (CE). Los mismos se determinaron utilizando la expresión mostrada en la ecuación (3), dada por el IIW (Instituto Internacional de Soldadura) [12].

$$CE = C + \frac{(Mn+Si)}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (3)$$

Tomando en cuenta las composiciones elementales de los materiales mencionados que pueden extraerse de la Tabla 1, se determinó el valor del carbono equivalente (CE). Los resultados de la tendencia a la fisuración pos-soldadura que incluye los CE, el porcentaje de carbono (% C) y la zona del diagrama de Graville se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Tendencia a la fisuración en frío.

Material	% Carbono	CE	Zona Graville	Comentarios
ASTM SA 105	0.35	0.73	III	Alta tendencia a la fisuración.
ASTM SA 53	0.3	0.676	III	Alta tendencia a la fisuración.
ASTM A 36	0.26	0.493	II	Moderada tendencia a la fisuración.

El comportamiento a la fisuración en frío que se ha observado en este análisis, determinó la necesidad de tratamientos térmicos de pre-calentamiento y post-calentamiento, ya que existe una moderada y alta tendencia a la fisuración en frío de los distintos cordones de soldadura que se han ejecutado con los electrodos E 7018-1 [9,12].

Para realizar los cordones de soldadura descriptos, se sometió a las juntas entre los metales base a un precalentamiento entre 240 °C y 285 °C. Una vez concluido el proceso de soldadura por arco revestido de las partes anteriormente enumeradas, se sometió a todo el conjunto a un tratamiento térmico pos-soldadura (PWHT) a una temperatura de 595°C durante 150 minutos [13-15].

4. Comentarios finales

Se ha mostrado que la brida donde está instalado el tubo guía, tiene el espesor y la fortaleza necesaria como para soportar la presión interior del recipiente esférico y soportar el tubo guía donde se mueve el desplazador del instrumento de medición de nivel.

Para asegurar la integridad estructural del recipiente en la zona del orificio practicado en la brida, se mostró, que se puede lograr este objetivo utilizando un “parche” o “poncho” del mismo espesor que la brida y de las dimensiones geométricas detalladas anteriormente. El “parche” se vinculó a la brida mediante cordones de soldadura.

La posición vertical del tubo guía y su unión con la brida fueron asegurados mediante la utilización de cuatro escuadras o riostras vinculadas a la brida y al mismo tubo, mediante cordones de soldadura.

Para el estudio precedente, se ha realizado un análisis por simulación numérica, que ratifica que tanto los valores de los desplazamientos como de las tensiones están dentro de los límites admisibles.

Finalmente se ha hecho un estudio de la soldabilidad de los materiales utilizados en la fabricación de las modificaciones expuestas en el presente trabajo. Del análisis de soldabilidad resultó que es recomendable realizar tratamientos térmicos en dicho conjunto, tanto en operaciones previas a la soldadura, es decir tratamiento térmico de precalentamiento, como tratamientos térmicos posteriores a la soldadura. De este modo se reduce considerablemente la probabilidad de que aparezcan los fenómenos de fisuración en frío, en los distintos cordones de soldadura que se emplean para consolidar el conjunto.

5. Referencias

- [1] FARR J. ; MAAN H.J.(2001). *Guidebook for design of ASME BPVC Sec.VIII .Pressure Vessels*. 2° Edic. New York. 291p.
- [2] RULES FOR CONSTRUCTION OF PRESSURE VESSELS.(2015).ASME BPVC VIII.Div.1
- [3] MOSS D.R. (2004).Pressure Vessel Design Manual.
- [4] AL-GAHTANI-H; KHATLAN.A; SUNAR.M; NAFFAA.N. (2014). Local pressure testing of spherical vessels. *Int J of Press Vess and Piping* .Arabia Saudi, v.115, n.114 p.61-68.
- [5] NARALE.P; KACHARE.P.S. (2012).Structural Analysis of Nozzle Attachment on Pressure Vessel Design .*Int J of Engineering Research and Applications* .India, v.2, n.4 p.1353-1358.
- [6] QADIR.M; REDEKOP.D. (2009). SCF of a pressurized vessel-nozzle intersection with wall thinning damage. *Int J of Press Vess and Piping*.Canada.v.86, p.541-549.
- [7] MIRSKI.Z; BANYŚ; FALEK; PIWOWARCZYK.Z.T. (2014).FEM-aided Design of Welded Pressure Vessels According to ASME BPVC Regulations. *Biuletyn Instytutu Spawalnictwa*.Poland, v.5, p.114-121.
- [8] MOTT, R.L. (2006) 4°Edic .Design Machine Elements.
- [9] STRUCTURAL WELDING CODE STEEL. (2010). AWS D1.1.
- [10] AUTODESK SIMULATION MECHANICAL.(2014). *Educational version*.

- [11] QUALIFICATIONS STANDARD FOR WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS AND WELDING AND BRAZING OPERATORS. (2011). ASME IX.
- [12] PROPERTIES AND SELECTION STEEL AND HIGH-PERFORMANCE ALLOYS. Vol 1. (1990). Metals Handbook. 10° Ed.
- [13] LAUFRANG .S. (2003). Tratamientos Térmicos de Soldadura. Buenos Aires.
- [14] CARABALI LOBOA J.L. (2006). Welding Process in the engineering.
- [15] ASTA, E.P. (2005). Soldabilidad de los Aceros estructurales. Buenos Aires.

Adecuación de un terraplén de defensa para el aprovechamiento de excesos hídricos del río Bermejo – Chaco

Jorge V. Pilar, Dto. Hidráulica – Fac. Ing. – UNNE – jvpilar@gmail.com

Alejandro R. Ruberto, Dto. Hidráulica – Fac. Ing. – UNNE – aleruberto44@yahoo.com.ar

Marcelo J. Gómez, Dto. Hidráulica – Fac. Ing. – UNNE – mgichaco@yahoo.com.ar

Resumen— Se presentan los estudios hidrológicos e hidráulicos para la adecuación hidráulica de un terraplén de defensa contra inundaciones del río Bermejo, en el centro-norte de la provincia del Chaco, para permitir la recarga de humedales. Esos humedales constituyen un sistema hídrico complejo, integrado por paleocauces y bañados, que fuera atravesado por el terraplén de defensa y cuyo funcionamiento hídrico depende de los desbordes del río Bermejo, los que fueron interrumpidos por la construcción de la obra.

El terraplén tiene una longitud de 39,65 km, es paralelo al cauce del río Bermejo y sirve de protección de una zona productiva y poblaciones urbanas.

Se realizaron estudios hidroestadísticos con la serie de registros hidrométricos en la sección de Puente Lavalle. Se propuso la construcción de tres descargadores de fondo, que permitan aprovechar los desbordes periódicos del río, con compuertas regulables y dissipadores de energía, ubicados en las zonas más bajas, con el objetivo de permitir las recargas pretendidas.

Adicionalmente, se verificó el comportamiento hidráulico del terraplén de defensa funcionando como vertedero de cresta ancha, para el caso de crecientes extraordinarias.

Palabras clave— defensas contra inundaciones, recarga de humedales, río Bermejo.

1. Introducción

En el año 1991 ocurrió una importante crecida del río Bermejo, que provocó el anegamiento de campos productivos y también de la ciudad de Pampa del Indio (Chaco). Ese evento fue determinante para la construcción de un terraplén de defensa, que tiene 39,65 km de longitud, con inicio en la Ruta Provincial N°5 (RP5), unos 2,5 km aguas abajo del puente Lavalle (Ruta Nacional N°95), en la región centro-norte de la provincia del Chaco.

Ese terraplén atraviesa un sistema hídrico complejo, integrado por paleocauces, bañados y humedales, cuyo funcionamiento depende de las recargas producidas por los desbordes periódicos del río Bermejo. El terraplén de defensa que se construyó interrumpió esas recargas.

Por ello, se decidió realizar una adecuación hídrica integral, con el objetivo de captar y aprovechar los desbordes del Bermejo en crecidas de media y gran magnitud. Esa adecuación se orientó al diseño (y posterior ejecución) de decargadores regulados por compuertas. Adicionalmente, se evaluó el terraplén de defensa funcionando como vertedero de pared muy gruesa durante crecidas extraordinarias del río Bermejo.

Los descargadores se proyectaron sobre los sectores más bajos del terreno natural, para garantizar la recarga pretendida. Los descargadores fueron tres, que consistieron en una batería de dos conductos de chapa soldada, de 1,50m de diámetro, con compuertas de regulación a la entrada y dissipador de energía a la salida, además de un canal de aducción. El diámetro límite de 1,50m estuvo condicionado por cuestiones topográficas y de tapada mínima del terraplén de defensa, que debía ser transitable.

2. Descripción de la zona estudiada

La zona estudiada es parte del valle de inundación del río Bermejo, con una hidrología compleja, caracterizada por desbordes periódicos, que generan inundaciones que afectan una zona productiva del centro-norte chaqueño y a ciudades de esa región (Figura 1).

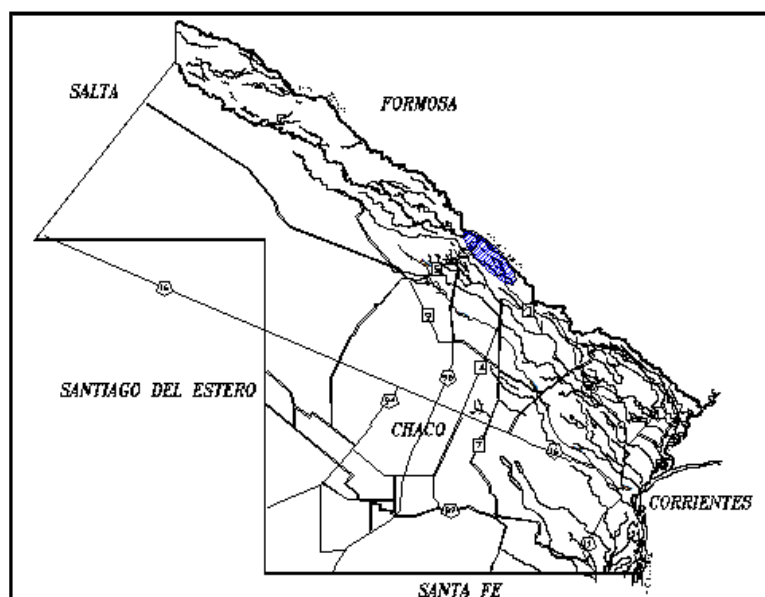


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Por sus características hidrosedimentológicas, el río Bermejo es uno de los sistemas fluviales más singulares e importantes del norte argentino. A diferencia de la mayoría de los ríos vecinos, alimentados principalmente por lluvias locales, el Bermejo se comporta como alóctono para la región NEA (Orfeo, [1]). Desde el sector noreste de la Cordillera Oriental, en la Sierra de Santa Victoria (Salta), recorre más de 1.500 km hasta desembocar en el río Paraguay, siendo el caudal medio anual de descarga 340m³/s (Secretaría de Energía, [2]).

A partir de la confluencia con el río Bermejito comienza el tramo bajo, dentro de la llanura Chaco-Pampeana, caracterizado por su alta movilidad lateral, lo que se relaciona con la escasa pendiente, además del elevado caudal sólido y las características texturales de los sedimentos que transporta (Orfeo [3]). Los desbordes generados por el río Bermejo se producen en una amplia franja del valle de inundación, que abarca entre 8 y 10 km hacia ambos márgenes, generando inconvenientes en zonas productivas, llegando a afectar localidades, como es el caso de la ciudad de Pampa del Indio, que se inundó durante la creciente de 1991. Sin embargo, las aguas que superan el albardón del río también alimentan las nacientes de los arroyos Indio Muerto, Carro Marcado y Guaycurú Chico, entre otros, en la provincia del Chaco.

Para mitigar efectos indeseados de los desbordes, la provincia del Chaco construyó un terraplén de defensa para proteger la actividad económica rural y defender la ciudad de Pampa del Indio.

Esas defensas contra los desbordes del río Bermejo se ubican en el sector centro-norte de la provincia. Las mismas tienen una extensión de 39.647 m hasta su intersección con la ruta provincial N°5 (RP5), a aproximadamente 2.500 m del puente Lavalle, sobre ese río, en la Ruta Nacional N°95 (RN95).

La misma sigue una orientación noroeste-sureste, en forma aproximadamente paralela al río, acercándose en algunos sectores a 200 m del mismo y alejándose en otros hasta 2.000 m. En este trabajo se estudió el tramo II de las defensas, entre las progresivas 24.000 y 39.647 (Figura 2).

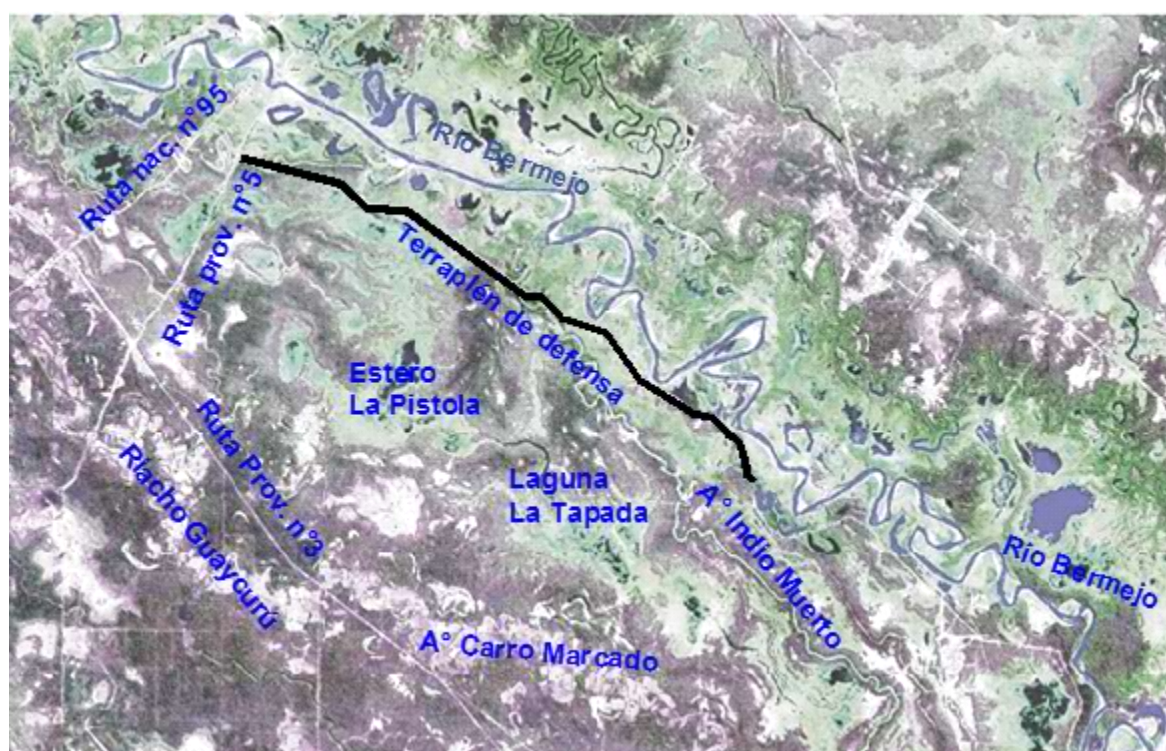


Figura 2. Ubicación del tramo II de defensa en imagen LANDSAT 5
TM Falso Color Compuesto.

(Fecha: 02/08/97). Fuente: elaboración propia.

La zona de ubicación de las defensas corresponde a un sector de desbordes temporarios del río Bermejo, que aportan a una vasta zona deprimida, en la que se localizan cuerpos de agua como lagunas permanentes, esteros, bañados y humedales, y que tienen gran capacidad de almacenamiento.

Además, en la zona existen paleocauces, con amplias secciones de escurrimiento y bajas pendientes, y que se reactivan con los desbordes del río Bermejo, cuya recarga fue comprometida con la construcción del terraplén de defensa. En situaciones de crecientes importantes, y luego de colmatados los bajos que se localizan entre el río Bermejo y la traza del terraplén de defensa, el sistema hídrico conduce los excedentes hacia las nacientes del arroyo Indio Muerto, al arroyo Carro Marcado y al riacho Guaycurú Chico, entre otros (Figura 2).

En el tramo en estudio se propuso la construcción de tres descargadores, cada uno con dos conductos de chapa soldada de 1,50m de diámetro, en las progresivas 27.800; 29.800 y 31.500,

en sectores que corresponden a depresiones naturales, con aptitud para captar los desbordes provenientes del río.

A partir de las nivelaciones realizadas, se determinó una cota media de desborde en el tramo en estudio, cercana a los 103 m IGN. En ese contexto, quedó claro que era posible lograr un flujo de recarga con el agua de los desbordes, utilizando como captadores los descargadores que se diseñaron.

En la Figura 3 se presenta un perfil topográfico del terreno natural, las cotas de la defensa construida, los niveles de proyecto y la cota máxima del pelo de agua correspondiente a la máxima creciente registrada en puente Lavalle (año 1991), todas ellas referidas a IGN. Además, se indican las ubicaciones de los tres descargadores.

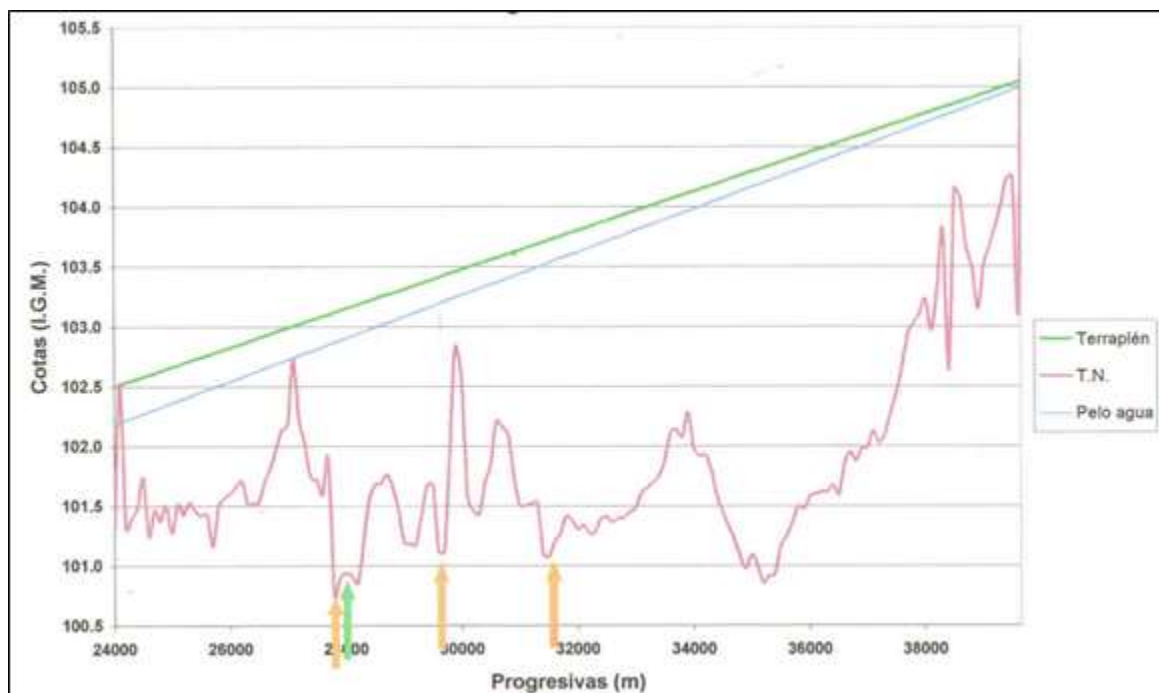


Figura 3. Altimetría de la cota de terraplén propuesto, terreno natural y cota máxima de pelo de agua.

En el área en estudio, el río Bermejo se presenta monocalalizado y con valores de sinuosidad superiores a 1,5. Desde un punto de vista geomorfológico, tales características corresponden a un modelo de escurrimiento meandroso (Orfeo y Ruberto [4]).

Las permanentes divagaciones de los canales de escurrimiento que presenta el río Bermejo en el tramo estudiado provoca el estrangulamiento de meandros, los que se transforman en lagunas de forma semilunar. Ello genera con el tiempo rectificaciones del cauce (Orfeo y Ruberto [4]).

Para describir cómo actúa la geomorfología del área estudiada en la dinámica fluvial, se consideraron unidades que se clasificaron como:

- Áreas elevadas (E): En términos relativos, son aquellas con menor probabilidad de sufrir el efecto de los desbordes fluviales;
- Áreas anegadas o anegables (A): Sufren temporariamente el efecto de los desbordes fluviales;

- Áreas de de baja frecuencia de anegabilidad (A-): De acumulación hídrica ocasional;
- Áreas de de alta frecuencia de anegabilidad (A+): De acumulación hídrica frecuente;
- Áreas inundadas o inundables (I): De acumulación hídrica permanente o semipermanente;
- Depósito aluvial (D): Acumulación sedimentaria por acreción vertical y/o lateral; y
- Paleocanal (P): Antiguo cauce fluvial actualmente desvinculado del sistema.

3. Procesamiento de datos hidrométricos

Se contó con un registro de 21 años de alturas hidrométricas (1978/79 a 1998/99) en puente Lavalle. Sobre la base de esa información se pudo determinar la permanencia del agua en situación de desborde. En la Tabla 1 se presentan las alturas máximas medidas en puente Lavalle.

Los datos hidrométricos se procesaron utilizando la distribución de Gumbel, que mostró un ajuste adecuado. Según ese análisis, la máxima altura registrada presentó una recurrencia del orden de los 50 años.

Tabla 1. Alturas máximas en puente Lavalle.

Nº	Año hidrológico	Lecturas Máximas	Máximas cotas (IGN)
1	1978/79	5,85	104,417
2	1979/80	6,04	104,607
3	1980/81	6,32	104,887
4	1981/82	6,12	104,687
5	1982/83	5,45	104,017
6	1983/84	6,39	104,957
7	1984/85	6,35	104,917
8	1985/86	5,99	104,557
9	1986/87	6,42	104,987
10	1987/88	6,34	104,907
11	1988/89	5,95	104,517

Nº	Año Hidrológico	Lecturas Máximas	Máximas cotas (IGN)
12	1989/90	5,64	104,207
13	1990/91	6,33	104,897
14	1991/92	6,44	105,007
15	1992/93	6,37	104,937
16	1993/94	6,40	104,967
17	1994/95	6,42	104,987
18	1995/96	6,12	104,687
19	1996/97	6,47	105,067
20	1997/98	5,76	104,347
21	1998/99	6,32	104,867

En esa sección del río no se contaba con registros de aforos sistemáticos. Para poder asociar caudales a los niveles hidrométricos se utilizaron caudales medidos por Vialidad Provincial en oportunidad de la creciente del año 1991, entre Presidencia Roca y Pampa del Indio, los que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Aforos del año 1991 en el tramo Presidencia Roca - Pampa del Indio.

SECCIÓN	CAUDAL (m ³ /s)
Puente principal sobre el Guaycurú Chico	122,22
Puente aliviador	172,78
Primer corte sobre Ruta Provincial N° 3	649,35
Segundo corte sobre Ruta Provincial N° 3	239,6
Total:	1.183,95

Si bien las secciones de aforo no se ubican estrictamente en el tramo estudiado, ayudaron a obtener un orden de magnitud de los volúmenes de escurrimiento directo provenientes del área de aporte ubicada en la zona de las defensas.

También, se utilizaron valores de caudales de la adecuación hidráulica del tramo de la RP5 entre puente Lavalle y la rotonda ubicada en el cruce de la RN95 y la RP3, trabajo realizado por la consultora Oscar Grimaux y Asociados SAT. Esos datos fueron de gran importancia y trascendencia, debido a que los desbordes del río Bermejo se producen, también, aguas arriba de las RN95 y RP5, hasta Villa Río Bermejito, y alimentan a los sectores inmediatamente aguas abajo del tramo II estudiado.

El terraplén de la RP5 ha actuado en la inundación del año 1985 como dique de los desbordes provenientes del Bermejo. En esa oportunidad, el remanso provocado afectó a la localidad de Villa Río Bermejito, lo que motivó la necesidad de la adecuación hidráulica antes mencionada. En ese trabajo, se estimó que durante la inundación de 1985 habrían escurrido, entre puente Lavalle y la intersección de las RP3 y RP5, alrededor de 400m³/s en una extensión de casi 9.000m de terraplén de la RP5. El alcantarillado existente tiene capacidad de evacuar sólo 180m³/s.

En la adecuación hidráulica de la RP5 se propuso elevar el terraplén vial hasta la cota 106 IGN y ampliar la capacidad de descarga del alcantarillado hasta 400m³/s.

En la Figura 4 se presenta esquemáticamente el sistema de defensas junto a la hidrografía, alcantarillado y aforos máximos tanto de RP5 como de RP3.

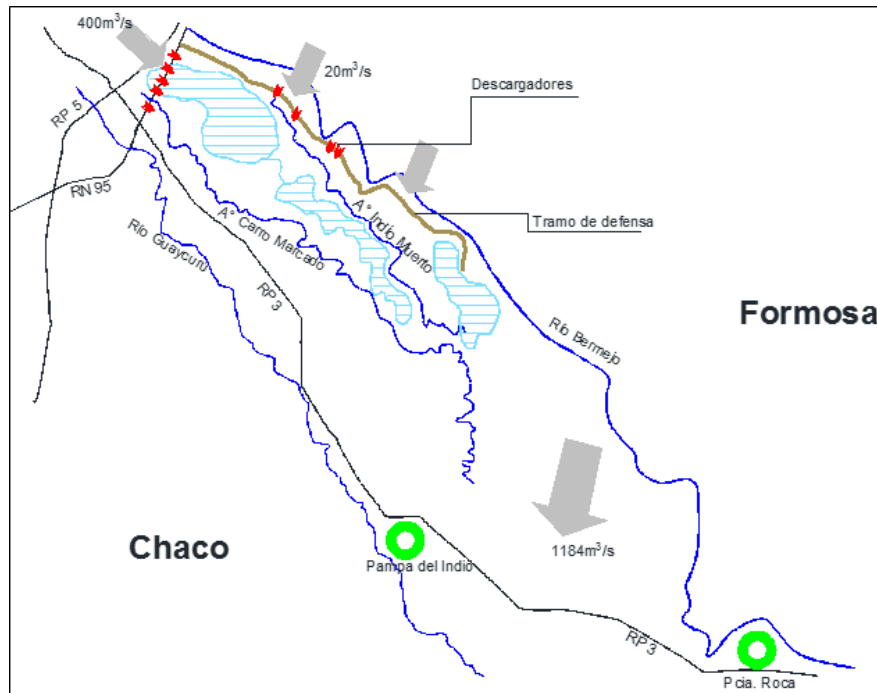


Figura 4. Esquema del sistema hídrico y de las obras existentes y propuestas.

4. Funcionamiento hidráulico de las obras propuestas

Se estudió el funcionamiento de los descargadores propuestos (ver Figura 3) para el paso de agua a través del terraplén, con el objeto de determinar volúmenes escurridos y las ventajas y desventajas de los mismos.

El funcionamiento hidráulico de los descargadores proyectados se realizó sobre la base de modelos y cálculos matemáticos.

Curvas de descarga

Para determinar con (cierta) precisión el funcionamiento hidráulico de los descargadores, para diferentes aperturas de las compuertas y diferentes combinaciones de tirantes aguas arriba y aguas abajo, habría sido necesario recurrir a ensayos sobre modelos físicos.

Teniendo en cuenta esas consideraciones y para tener idea aproximada de las curvas de descarga de las obras proyectadas, se realizaron cálculos hidráulicos basados en coeficientes obtenidos por diversos autores, considerando que los descargadores, en determinadas circunstancias, funcionarán como canales y en otras como compuertas planas u orificios, según los niveles del agua y la posición de las compuertas. El funcionamiento para situaciones intermedias fue ajustado por interpolaciones.

Las características hidrogeométricas de cada conducto de los descargadores y según la posición de la compuerta son mostradas en la Figura 5 y las curvas de descarga que se estimaron se presentan en la Figura 6.

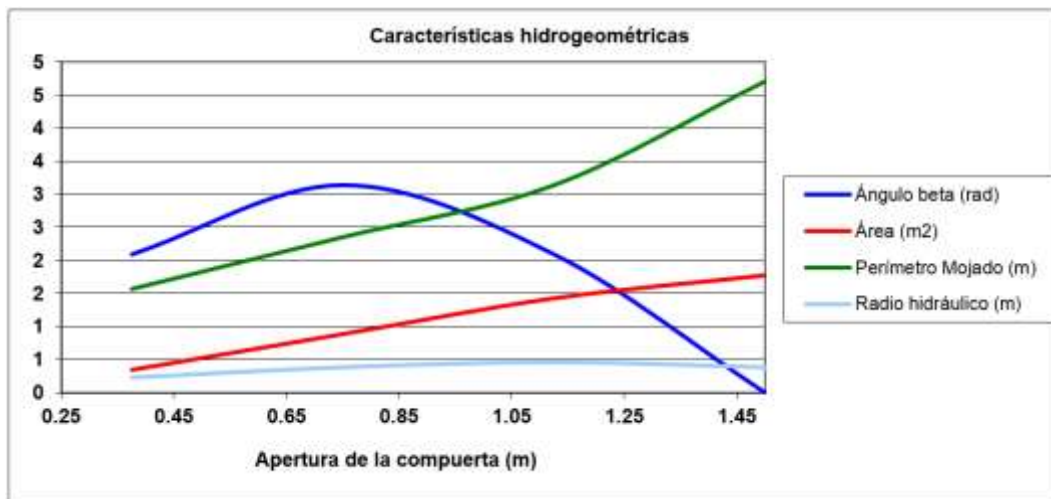


Figura 5. Características hidrogeométricas según la posición de la compuerta.

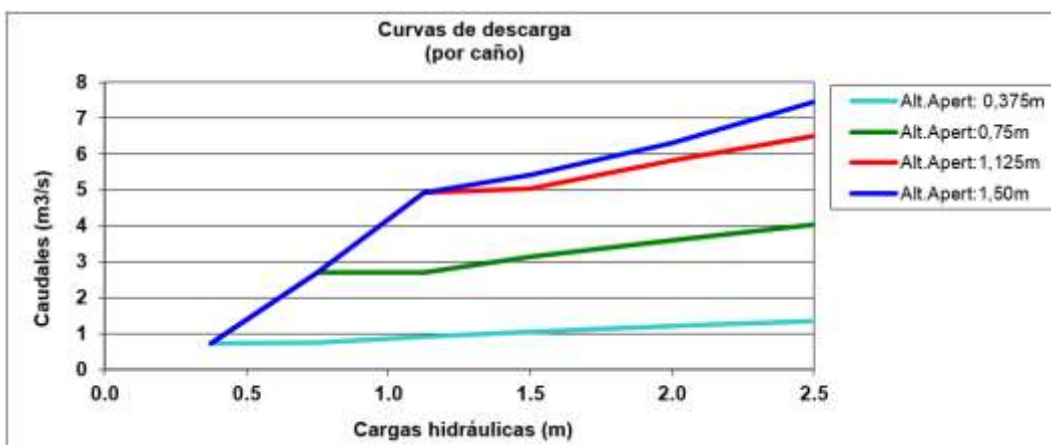


Figura 6. Curvas de descarga (por conducto).

Estimativa del caudal que podría verse sobre el terraplén de defensa

Adicionalmente, se realizó una estimativa del caudal que podría escurrir por arriba del terraplén, por unidad de longitud del mismo, durante una crecida importante. Para ello, se utilizó como hipótesis que, en esas circunstancias, el terraplén funcionará como un vertedero de pared gruesa.

La ecuación utilizada fue:

$$q = CD \times 1,704 \times H^{3/2} \quad (1)$$

en la que:

- q: caudal por unidad de longitud de terraplén (en m³/s por metro de terraplén)
- CD: coeficiente de descarga (como para vertederos muy largos el mismo varía entre 0,85 y 0,87, se adoptó un valor intermedio)
- H: carga hidráulica sobre el terraplén (en m)

La curva que se obtuvo es mostrada en la Figura 7.

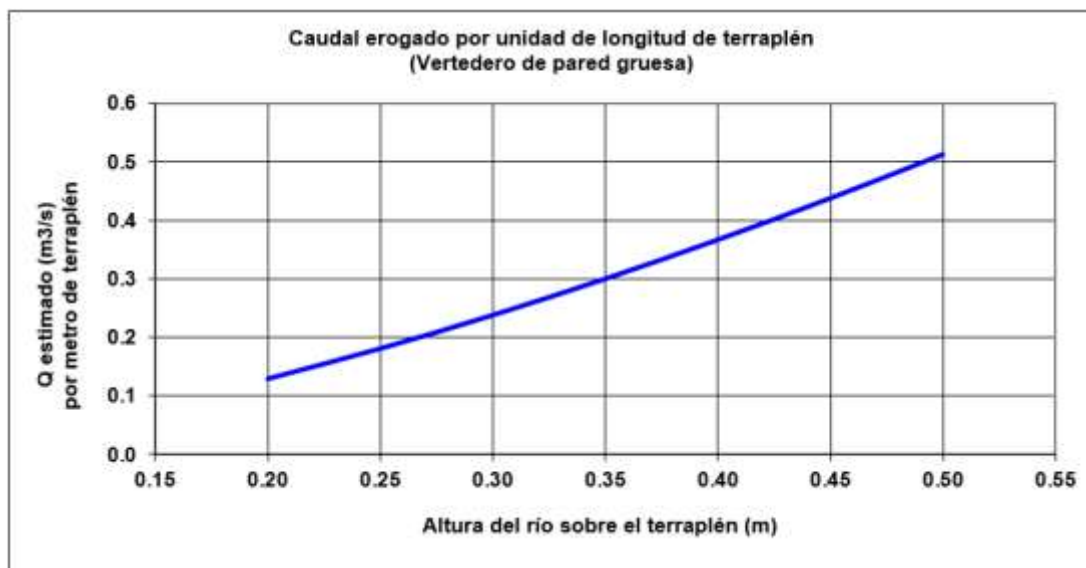


Figura 7. Curva de descarga sobre el terraplén por unidad de longitud del mismo.

Cabe destacar que, según la experiencia local, en este tipo de terraplenes (de material cohesivo y sección homogénea) no es aconsejable permitir que el agua escurra sobre su coronamiento, especialmente porque los ángulos que forman la cresta y los taludes provocan la separación de la lámina y la aparición de zonas de turbulencia y, consecuentemente, de subpresiones importantes. Estos fenómenos son relatados por Porto [5]. Sin embargo, situaciones como esas sólo se darían en situaciones de emergencia, que, no obstante, podrían llegar a ocurrir durante la vida útil de la obra.

El diseño de los descargadores fue complementado con el proyecto de los correspondientes disipadores de energía. En este trabajo no se presenta el cálculo hidráulico de los mismos.

5. Conclusiones y recomendaciones

- Según las evaluaciones hidráulicas realizadas, los descargadores proyectados cumplirían su objetivo de recarga, lo cual fue confirmado por el funcionamiento de la obra ejecutada, lo que es validado por las curvas presentadas en la Figura 6.
- En lo referido al aprovechamiento de los desbordes, estaría faltando una adecuación como la presentada en este trabajo, con la inclusión de descargadores con compuertas para el alcantarillado de la RP5, buscando aprovechar los desbordes del río Bermejo aguas arriba de puente Lavalle y, al mismo tiempo, regular el escurrimiento en situaciones de crecientes extraordinarias.
- Actualmente, el área de influencia de las obras que se proyectaron y construyeron, muestra un desarrollo importante de la actividad agrícola y ganadera, lo que posiblemente fue potenciado por la mitigación del riesgo de inundaciones y las recargas garantizadas por los descargadores.
- Deberían ser consideradas como alternativas viables la utilización de “terraplenes fusibles” y vertederos construidos sobre la cresta del terraplén de defensas. El uso de esos vertederos permitiría que el agua de recarga tenga menos sedimentos que con el uso de descargadores

de fondo.

- Con un desnivel de 20cm entre los extremos de los conductos ($I_0 = 0,0005\%$) se garantizará que la máxima velocidad se produzca a la entrada de los mismos (control de entrada) y no a la salida, donde su efecto sería más perjudicial.
- La operación de compuertas no debe ser realizada como una maniobra de emergencia para aliviar una situación de crecida importante en la que el agua del río pase por sobre la cresta del terraplén. Según la evaluación realizada en este estudio, se puede demostrar que 84m de terraplén, con una carga de 20cm, verterían un caudal igual al erogado por cada una de los descargadores trabajando con carga de 1,87m, medido desde el umbral de entrada de los conductos.
- A partir de 1,87m, el comportamiento de los mismos comenzará a ser oscilante, con pulsos de sobrepresiones y succiones, pudiéndose comprometer la integridad estructural de la obra.
- Es importante destacar que la construcción de las defensas como dique lateral modifica las condiciones de escurrimiento del río Bermejo y, consecuentemente, la probabilidad de ocurrencia de distintos niveles, estimadas sin la existencia de terraplén.
- Por la divagación propia de este río, que modifica el paisaje del valle de escurrimiento, se verifica que crecidas de cotas similares tuvieron consecuencias diferentes, fundamentalmente en lo que se refiere a la superficie afectada, a la intensidad y permanencia de la afectación, dependiendo también del estado de almacenamiento de los cuerpos lagunares y humedales.

6. Referencias

- [1] Orfeo, O. 1999. Sedimentological characteristics of small rivers with loessic headwaters in the Chaco, South America. *Quaternary International*. 62: 69-74.
- [2] Secretaría de Energía, 1994. *Estadística Hidrológica. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación*. Argentina. Tomo I: 367 p.
- [3] Orfeo, O. 1995. Sedimentología del río Paraná en el área de confluencia con el río Paraguay. Tesis Doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 269 p.
- [4] Orfeo, O.; Ruberto, A. 2000. Zonas de riesgo para obras contra inundaciones (río Bermejo, Chaco). In: VII Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas – UNNE. *Anales*.
- [5] Porto, R. De Melo. 1998. *Hidráulica básica*. São Carlos: EESC / USP. 540p.

DISEÑO, CÁLCULO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS DE PLÁSTICO ABS PARA USO DE IMPRESORAS 3D

Matías Carbonell^{*1}, Maximiliano Bondesani Atamañuk¹, Enzo Ramirez¹ y Héctor Zarrabeitia¹

¹ Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste

Av. Las Heras 727 – Resistencia, Chaco – Argentina

^{*}matias.carbonell@yahoo.com

Resumen— Las máquinas extrusoras son equipos muy importantes en la industria plástica. Su funcionamiento se basa en un proceso termomecánico, en el cual se utilizan polímeros termoplásticos. El material se introduce en forma de gránulos por la zona de alimentación (tolva) y cae en un cilindro previamente calentado. El cilindro cuenta con un simple husillo que desplaza el material fundido forzándolo a pasar por una boquilla (dado). El material ya conformado se enfría lentamente y se solidifica mediante un sistema de enfriamiento, luego es recogido por un sistema de arrollamiento.

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar una máquina extrusora de plástico para fabricar filamentos de impresoras 3D a partir de: los plásticos recuperados de residuos electrónicos, se busca de esta manera dar valor nuevamente a estos materiales reciclados mediante la generación de un producto tecnológico demandado por el mercado de las impresoras 3D y además adquirir conocimientos acerca del comportamiento que poseen los diferentes plásticos como filamentos.

Como conclusión, se considera que las características de la máquina desarrollada (bajo costo, sencilla operación, posibilidad de extruir distintos plásticos) permitirán que sea utilizada por entes públicos (universidades, plantas municipales de tratamiento de residuos) y privados (cooperativas de reciclado de plásticos, usuarios de impresoras 3D).

Palabras Claves—*Extrusora de filamentos, impresora 3D, diseño de máquina, termoplásticos, reciclado.*

1. Introducción

El proyecto nace con la solicitud de la Facultad de Ingeniería y el Centro de Gestión Ambiental y Ecología – CEGAE, ambas instituciones de la Universidad Nacional del Nordeste – UNNE en la convocatoria del año 2014 del programa “Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo”, de la Subsecretaría de Gestión y Coordinación de Políticas Universitarias. El mismo tiene como objetivo desarrollar en esta primera etapa una máquina prototipo extrusora de plástico ABS (Acrilonitrilo – Butadieno – Estireno) para fabricar filamentos de impresoras 3D. El prototipo fue desarrollado para utilizarse en primera instancia por los materiales plásticos recuperados de los residuos informáticos del proyecto EcoCompus de la FI y el CEGAE [1] y posteriormente por cooperativas de reciclado de materiales plásticos, universidades nacionales y otros usuarios particulares. También busca agregar el valor a los plásticos recuperados mediante la generación de un producto tecnológico demandado por el mercado creciente de las impresoras 3D, y además adquirir conocimientos del comportamiento de distintos plásticos como filamentos. En la figura 1, se muestran la máquina extrusora y los residuos de plásticos informáticos.

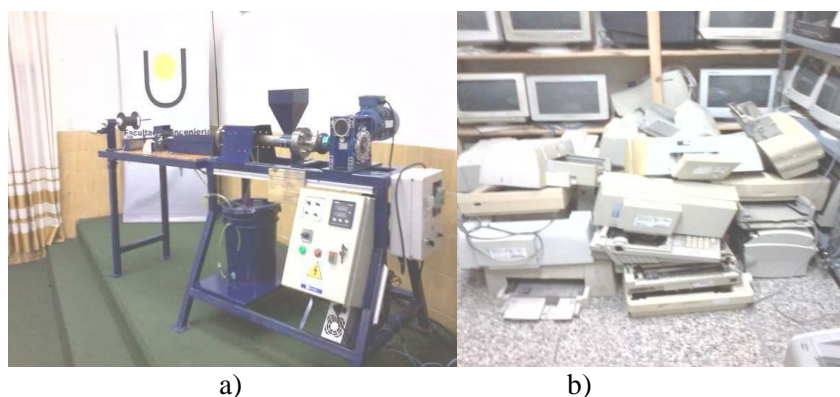


Figura 1.a) Máquina Extrusora. b) Residuos de plásticos informáticos.

Como impacto de este proyecto es el reciclado de plásticos, es de gran importancia la problemática ambiental, cada vez resulta más necesario los proyectos de innovación tecnológicos que aporten al reciclado de residuos de plásticos. Vivimos rodeados de plásticos en nuestra vida cotidiana como por ejemplo, estos polímeros se encuentran en partes de piezas de los automóviles, envases de alimentos, juguetes, carcasas de artefactos electrónicos, etc. Solamente en Buenos Aires y en el CABA se generan cerca de 500.000 tn/año de residuos de plásticos en el cual se encuentra el ABS [2].

En EcoCompus hay aproximadamente más 50 kilogramos de trozos de impresoras y monitores para ser reciclado como material ABS. En la figura 2 se observan los materiales triturados y el filamento como producto final.

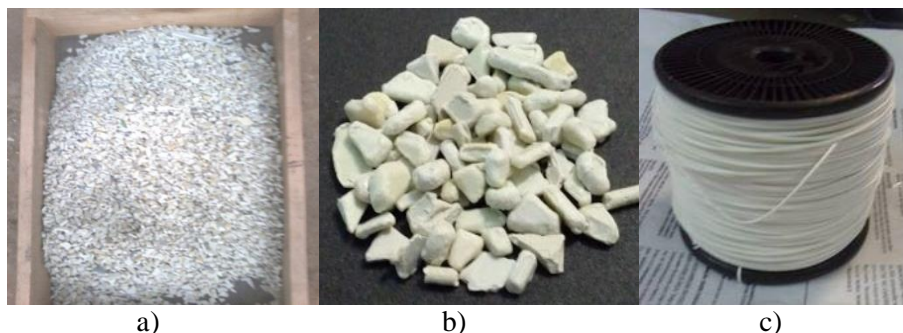


Figura 2. a) Material ABS triturado. b) Material ABS seleccionado c) Filamento ABS.

Los materiales a extruir fueron en primera instancia el polímero termoplástico ABS de los residuos de plásticos donde se observan en la figura 2, los mismos fueron seleccionados y triturados para el proceso de extrusión el cual se realiza mediante la utilización de un tornillo o husillo que arrastran el material desde una zona de carga a lo largo de una camisa que es calentada desde el exterior mediante resistencias eléctricas, a medida que el tornillo arrastra el material que generalmente se encuentra como pellets, este se va calentando, fundiendo y homogenizándose. Debido a la presión que origina el arrastre del tornillo y acumulación de material contra el dado, este es forzado a salir con la forma que posea el mismo, permitiéndose obtener el producto con la forma y longitud deseada.

Como objetivo general de este proyecto es desarrollar los cálculos, diseño y construcción de la máquina extrusora, también se apuntó a la producción del mismo. El prototipo diseñado es una máquina flexible que cuenta con un sistema de dados extrusores intercambiables, el cual permite la fabricación de las dos medidas del filamento utilizadas en las impresoras 3D: 1.75mm y 3mm de diámetro. La máquina cuenta además con el valor agregado que le aportan los innovadores que son los sistemas de: refrigeración del filamento extruido, arrastre del filamento una vez refrigerado, devanador y arrollamiento; dicho sistema es automatizado con un lazo de control programado por una placa microcontroladora ARDUINO.

2. Materiales y Métodos

Para el cálculo, diseño y selección de las partes constitutivas de los dispositivos de la máquina extrusora se recurrió a los criterios descriptos en la bibliografía “Transformación del plástico” de V. K. Savgorodny, [3] que provee formulas empíricas para el dimensionado del husillo, y también criterios propios de los autores escapando de la bibliografía.

El ensamblaje de la máquina fue llevado a cabo en el Taller del Departamento de la Facultad de Ingeniería – UNNE. Además, se tuvieron en cuenta trabajos desarrollados en Jurich Construcciones [4] y el maquinado de las piezas tales como el cilindro y el husillo extrusor en La Nueva Metalúrgica Boissiere [5].

2.1 Cálculo y diseño del conjunto del husillo y camisa

Si bien todos los elementos de la máquina son indispensables para su funcionamiento, este conjunto es fundamental debido a que ello depende del rendimiento de la máquina y del bombeo del material a extruir a través del dado.

El husillo es el órgano más importante de la máquina, siendo el parámetro principal el diámetro. Los parámetros de la misma son: el diámetro del husillo, la relación de su longitud

con respecto al diámetro (L:D), y la velocidad de giro del husillo. Se decidió adoptar un diámetro de husillo de 32 mm, ya que se trata de una extrusora prototipo donde se apuntó llegar a una producción promedio de 1 kg/h. Además, por razones técnicas y constructivas, se determinó que es un diámetro conveniente para trabajarlo en el torno, ya que uno menor, daría lugar al pandeo, para la longitud requerida. El mismo está compuesto por tres zonas funcionales, que pueden ser apreciables a simple vista en la Figura 3.

La Zona de Alimentación, el material que ingresa en forma de pellets por la tolva es transportado hacia el dado, el husillo en ese primer tramo tiene la función de transportar el material el cual se precalienta debido al rozamiento entre pellets.

Luego el material continua su recorrido hacia el dado donde los pellets en estado sólido y precalentados comienzan a mezclarse con el material que se encuentra en estado fundido, atravesando así la Zona de Transición.

Ese material en estado completamente fundido pasa a la Zona de Dosificación donde existen dos posibilidades, si el husillo es de alma variable la compresión se realiza entre este y la camisa, y si es de alma constante como en este caso, la elevación de presión se produce por compactación del material contra el dado.

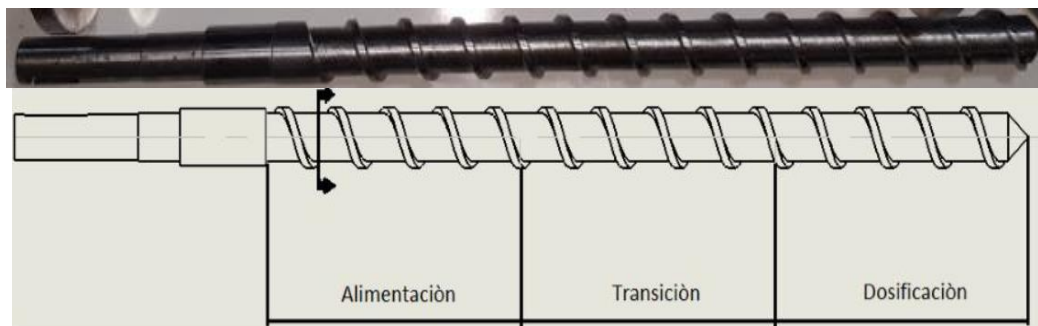


Figura 3. Zonas del simple husillo.

A partir del diámetro se determinó los parámetros restantes del husillo, en la siguiente figura 4 se detallan estos parámetros.

- D: Diámetro del husillo.
- t: Paso del husillo.
- e: Espesor de la cresta del filete.
- ϕ : Angulo de la hélice.
- h: Profundidad del canal helicoidal.
- δ : Huelgo radial entre cresta del filete del husillo y la camisa.

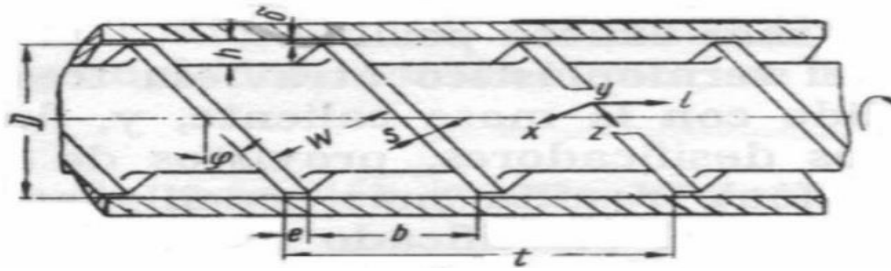


Figura 4. Parámetros del husillo.

Una de las partes esenciales de la máquina extrusora es la camisa. En su interior se aloja el tornillo extrusor, y debe ser lo suficientemente resistente para soportar presiones altas, elevadas temperatura y además ser resistente al desgaste y corrosión.

En el exterior del cilindro van instalados unos dispositivos especiales previstos para calentar el cilindro, las resistencias eléctricas tipo sunchos. En la zona de alimentación del tornillo se encuentra la tolva de carga. El rodamiento de empuje axial y el buje se encuentran la parte posterior de la camisa, y en la parte delantera se fija el dado extrusor. Para el desarrollo del cilindro se seleccionó un tubo comercial normalizado de 54mm de diámetro de exterior y 32mm diámetro interior. En la figura 5 se puede observar dichos elementos.

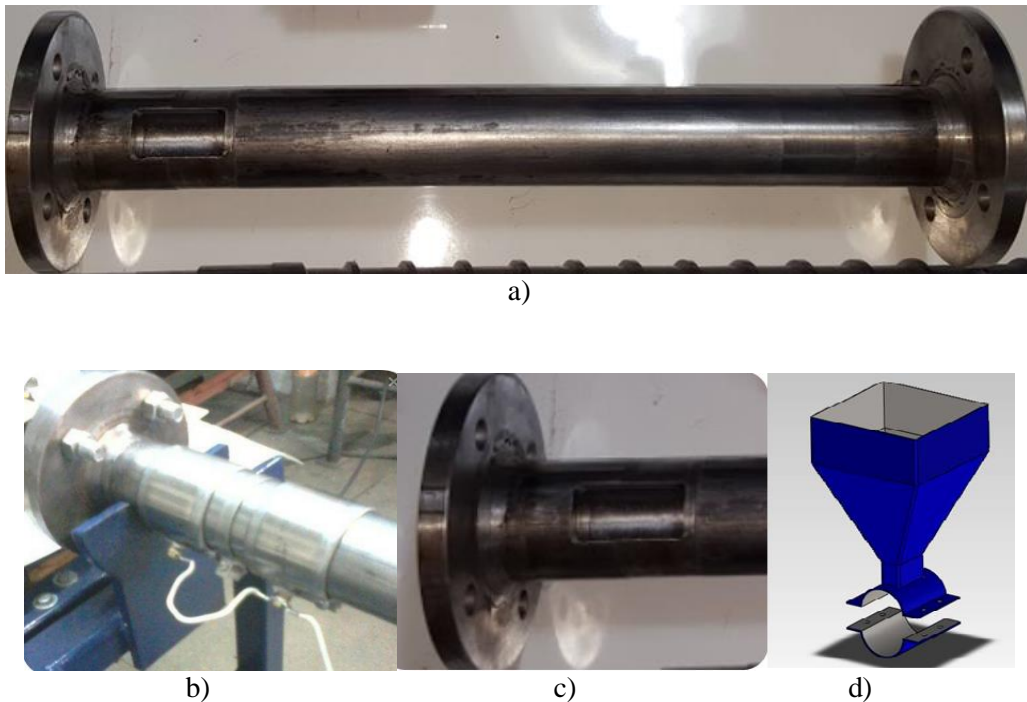


Figura 5. a) Camisa. b) Camisa con las resistencias eléctricas. c) Orificio de ingreso de la materia prima. d) Tolva de carga.

2.2 Cálculo y diseño del dado extrusor

Tiene la función de guiar el material que se encuentra en estado fundido sometido a presión, darle la forma y diámetro requerido

Este se caracteriza por un constante “K” llamado coeficiente de forma geométrica, que se obtiene a partir de cálculos analítico, el cual se utiliza para determinar el caudal del tornillo. Por esta razón al variar el diámetro y forma del filamento a extruir, variara la producción que se consigue. En la figura 6 se representa el dado extrusor, donde el mismo lleva el pico extrusor que intercambiable.

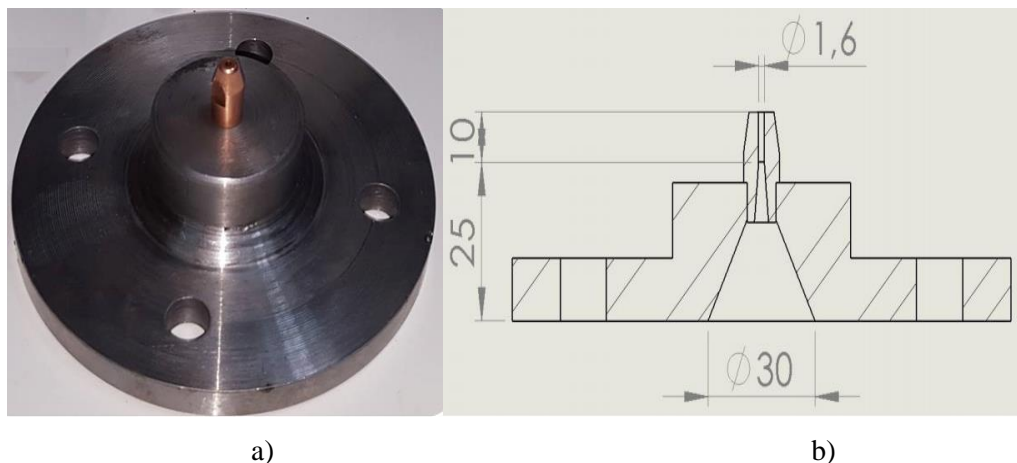


Figura 6. a) Dado extrusor. b) Corte del dado extrusor.

Para determinar la constante K del dado se calculó con la bibliografía ya citada anteriormente, donde establece que el cabezal se divide en sucesivas zonas de diferente configuración, y se determina para cada una de ellas la constante K_i que está en función de la forma geométrica del elemento. Particularmente, este dado tiene dos zonas, una cónica y otra cilíndrica. Estos coeficientes son: coeficiente de forma geométrica zona cónica, coeficiente de forma geométrica zona cilíndrica y finalmente la constante del cabezal o dado.

3. Selección del moto-reductor

La elección del moto-reductor de la máquina extrusora se efectúa de acuerdo a la exigencia del tornillo (capacidad, producto, materia prima). De acuerdo a esto y por medio de cálculo realizado en la potencia.

Según los cálculos se opta por el siguiente moto-reductor: a tornillo sinfín y corona modelo PFM 90 - relación de transmisión $i=1:60$, eje de salida hueco $\varnothing = 35$ mm, motor eléctrico asíncrono trifásico normalizado de 1 HP - 1400 RPM - 220 / 380 Vca - 50 Hz IP55 - IEC 90L/B5. Cantidad de vueltas por minuto en el eje de salida = 23 RPM.

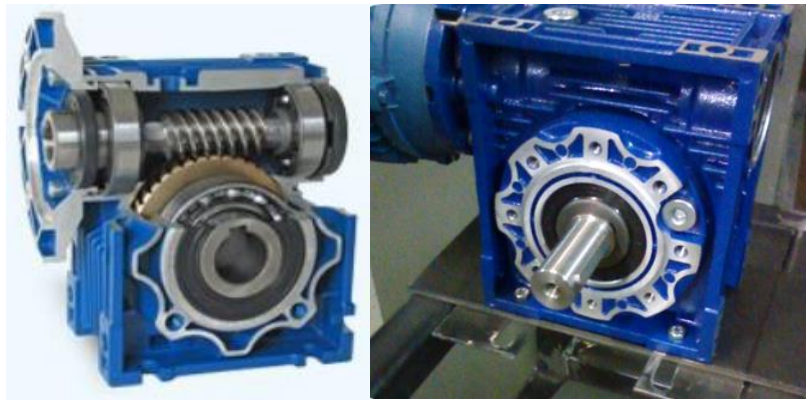


Figura 7. Moto-reductor.

4. Sistema de automatización

El primer sistema de automatización de la máquina es el control de temperatura, se realiza mediante un pirómetro con acción de control PID controlando y ajustando la temperatura deseada de extrusión.

Luego cuenta con un sistema de automatización de la mesa de accesorio que se encarga de refrigerar, arrastrar y arrollar el filamento una vez extruido. Esto fue diseñado a partir de elementos reciclados de las maquinas fotocopiadoras e impresoras fuera de uso, tales como los motores de cada mecanismo. La programación es a través del software de la placa Arduino Uno y el Mega 2560.

En la figura 8 se observa los mecanismos de la mesa de accesorio.

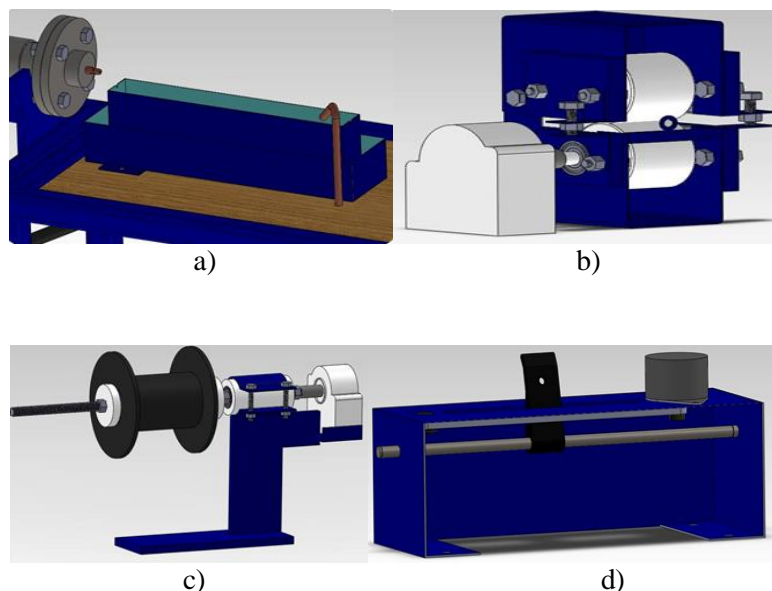


Figura 8. a) Sistema de refrigeración. b) Mecanismo de arrastre. c) Devanador. d) Mecanismo de arrollamiento.

5. Resultados y Discusión

Como objetivo en esta primer etapa era la fabricación de la maquina prototipo, una vez finalizado procedimos a ensañar.

A partir de los pellets de ABS obtenidos de las carcasas, como objetivo es producir un filamento que posea un acabado superficial liso y un diámetro uniforme durante toda su longitud para que sea apto su uso en la impresión 3D bajo las siguientes hipótesis:

- Diámetro del filamento: 1.75mm.
- Material: pellets de ABS de carcasas.
- Temperatura de extrusión: 230°C (temperatura de fusión de ABS).
- Velocidad de rotación: 23 rpm (velocidad del eje de salida del moto-reductor).
- Diámetro del pico extrusor: 1.6mm.
- Producción: 1kg/h.
- Enfriamiento del filamento a la salida del pico extrusor mediante aire.
- Producto final carretel con el filamento distribuido uniformemente.

A partir de varios ensayos, en el que se llevó a cabo, la máquina respondió acorde a los cálculos teóricos, en cuanto al caudal y potencia demandada al moto-reductor, no así en cuanto al acabado del núcleo y superficial, ni a la resistencia del filamento obtenido. Además, la distancia estipulada en el sistema de enfriamiento mediante coolers de aire, era insuficiente para que el mismo adquiriera la solidez necesaria y pueda ser bobinado por el sistema de arrollamiento. Esto se debía a que, la temperatura de los sunchos era muy elevada. Se decidió pasar de 280°C a 210°C, logrando un filamento de mejor calidad, pero el filamento seguía sin conseguir solidez. Por este motivo, se decide cambiar el sistema de enfriamiento mediante aire, por un sistema de inmersión en líquido (agua) con renovación del mismo. El resultado fue exitoso, ya que comparando ambos sistemas, en la misma distancia (35 cm), el método de enfriamiento por inmersión en líquido logra reducir la temperatura del filamento en 58 °C, mientras que el primero solo reducía en 31 °C. También se probó cambiar de lugar los sunchos (resistencias eléctricas), alejando las mismas del dado y acercándolas a la tolva, el resultado fue negativo, ya que el pico extrusor nunca logra alcanzar la temperatura necesaria para extruir el filamento y se ocasionaron problemas de temperatura en el rodamiento, acoplamiento y moto-reductor. Finalmente, se optó por fijarlos en una posición intermedia, logrando buenos resultados. Otra observación válida de destacar, es que al adicionar un porcentaje de PEAD (polietileno de alta densidad) virgen en forma de pellets, la resistencia y flexibilidad del filamento del ABS mejoró notablemente, esto es debido a que las carcasas de computadoras tienen PC (policarbonato), componente que aporta dureza pero fragiliza al mismo. Finalmente, el filamento de mayor calidad, se obtuvo a una temperatura de 140 °C, girando el husillo a 14 rpm, logrando buena resistencia, acabado superficial y regularidad del diámetro a lo largo del mismo.

En la figura 9. Se observan los pellets de ABS reciclado y el filamento obtenido del ensayo N° 1. Mediante refrigeración por aire.

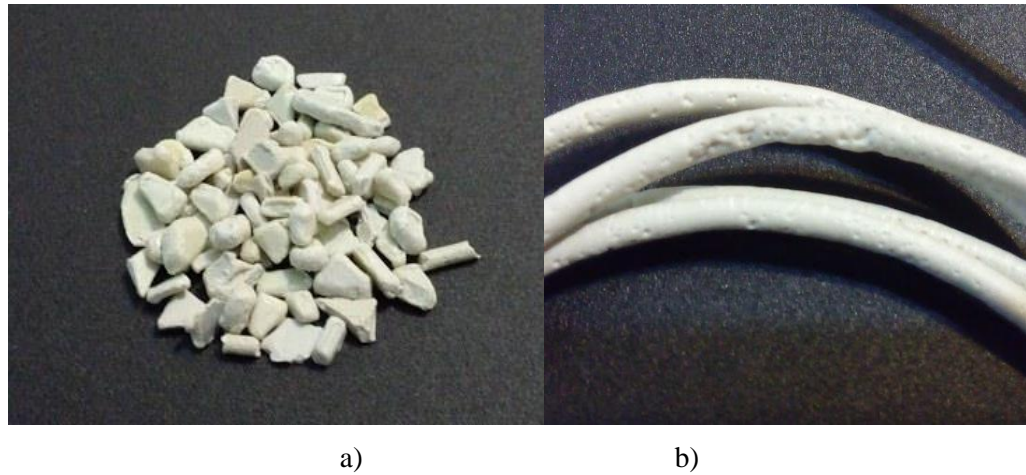


Figura 9. a) Pellets de ABS reciclado. b) Filamento obtenido.

En la figura 10. Se observan los pellets de ABS reciclado y del PEAD virgen y el filamento obtenido del ensayo N° 2. Mediante refrigeración con aire.

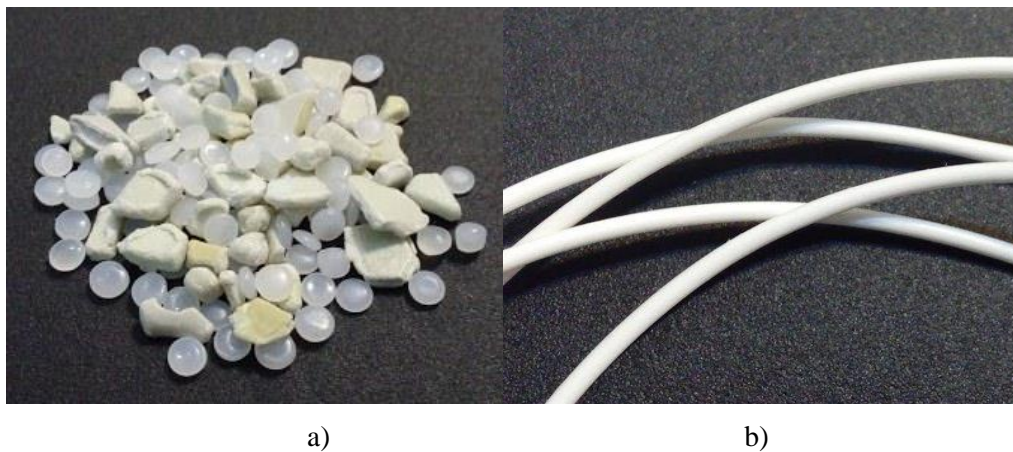


Figura 10. a) Pellets de ABS y PEAD. b) Filamento obtenido del ensayo N° 2.

En la figura 11. Se observan los pellets de ABS reciclado y del PEAD virgen, Masterbatch de ABS y el filamento obtenido del ensayo N° 3. Dicho ensayo se realizó con refrigeración por agua.



a)

b)

Figura 11. a) Pellets de ABS, PEAD y Masterbatch. B) Filamento obtenido del ensayo N° 3.

6. Conclusiones y recomendaciones

Analizando los diferentes ensayos, observamos que la máquina extruye un filamento con mayor regularidad del diámetro en su longitud, cuando la velocidad del husillo se mantiene en el rango de 11,6 a 13 rpm. Esto se debe a que los flujos directos e inversos y de fuga en el interior del conjunto camisa - husillo se estabilizan, ya que no es de extrema precisión el ajuste que existen entre ambos, y el bombeo se mantiene constante comparado con los demás regímenes. Además, el pico extrusor de cobre, es un elemento que influye directamente en la terminación y acabado superficial del filamento, su superficie interna define la calidad del mismo. Una mejora a realizar, es el sistema arrastre del filamento figura N° 8 b) , el mismo mantiene la velocidad constante y tensa el filamento, pero debido a que no tiene tallada la silueta de este en la superficie de los rodillos, lo aplasta y lo deforma. En cuanto a la temperatura de extrusión, se ha llegado a alcanzar 290 °C, siendo la temperatura óptima para el ABS+PC reciclado 140 °C, y 190 °C para el PEAD dicho material fue donado por la empresa Polimundi [6]. Esto demuestra que la potencia seleccionada para los sunchos, ofrece un amplio margen de calentamiento de la camisa. En fin, la maquina extrusora respondió acorde a los cálculos teóricos realizados, superando el caudal determinado en un 30%, algo muy positivo, ya que mediante el variador de velocidad instalado en el motor, se estableció un rango de producción que va desde los 0.65 a 1.3 Kg/h. La potencia establecida para el moto-reductor, es suficiente para realizar ensayos y tareas de investigación.

En principio, la idea original era extruir filamento de ABS y utilizar simplemente el PEAD para limpiar la máquina, pero hemos descubierto que la misma se comporta de manera excelente con dicho material. A partir de esto, realizamos ensayos con dicho material, a temperaturas de 210°C y luego pasamos 190°C ya que el filamento de polietileno se quemaba. Además, probamos a diferentes rpm del husillo y la variación de la producción del mismo, no es apreciable con respecto al ABS.

A partir de los resultados obtenidos, y teniendo en cuenta que este proyecto es la primer etapa del desarrollo de una maquina extrusora de filamento, surgen las hipótesis de nuevas mejoras:

- Incorporar un sensor ultrasónico para medir la variación del diámetro del carretel del filamento recogido, con un sistema retroalimentado al motor del carretel para ajustar el mismo de forma automática.
- Sensor de control del diámetro del filamento.

- Producir filamento a partir de ABS virgen y evaluar el comportamiento de la máquina.
- Producir filamento para uso en bordeadoras y cortadoras de césped.
- Producir pellets de diferentes polímeros termoplásticos.

7. Referencias

- [1] ECOCOMPUS – proyecto que consiste en la gestión de recuperación de residuos informáticos elaborado por el Centro de Gestión ambiental y Ecología (CEGAE) y la Facultad de Ingeniería – UNNE.
- [2] CAIP - Cámara Argentina de la Industria Plástica.
- [3] V. K. SAVGORODNY. *Transformación de Plásticos*. Editorial Gustavo Gili, S.A. BARCELONA.
- [4] JURICH CONSTRUCCIONES. Metalúrgica Jurich Construcciones. (3400) Corrientes.
- [5] NUEVA METALURGICA BOISSIERE S.R.L. (3500) Resistencia – Chaco.
- [6] POLIMUNDI. *Bolsas plásticas*. (3500) Resistencia – Chaco.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UNA TOMA DE AGUA PARA LA PLANTA POTABILIZADORA DE PRESIDENCIA ROCA, CHACO

Javier Leandro Raffo, UTN-FRD, jraffo@frd.utn.edu.ar

Julio Basualdo, BIAM AMBIENTAL MECÁNICA, jbassualdo@biam.com.ar

Resumen— En este trabajo se presenta el diseño de una toma de agua, en el marco del proyecto Planta Potabilizadora y Acueductos: Presidencia Roca, Pampa Del Indio y localidades sobre ruta provincial N° 40 hasta Las Garcitas y sobre ruta provincial N° 30 hasta Capitán Solari. Chaco. El proyecto realizado consiste en el diseño mecánico, hidráulico y análisis de tensiones de la toma de agua ubicada en un puente que tiene diversas formas de operarlo para cubrir las distintas situaciones naturales que presentó el río Bermejo según el relevamiento de registros históricos. Dicho puente fue diseñado para operar 27 m aguas adentro desde la costa.

El diseño fue realizado para que la toma pueda operar río adentro y contemple la variación de nivel que posee el Río Bermejo en la zona de toma. En particular, el puente tiene la versatilidad de poder elegir entre dos niveles de toma de agua cruda por medio de cajones regulables en altura y así poder trabajar con menor empuje hidráulico. Para su mantenimiento, consta de un pórtico integrado, el cual tiene como función principal poder regular en altura a los cajones y también realizar un recambio de bombas pudiendo retirarlas y desplazarlas hacia afuera de la estructura para disponerlas en el Carro de Mantenimiento que trasporta componentes entre el puente y la costa.

Palabras clave— *Diseño mecánico, Toma de agua, Tensiones, Río Bermejo, Presidencia Roca.*

1. Introducción

El presente trabajo surge por solicitud de la UTE constituida por JCR S. A., RC S. A. e Industrial y Constructora S. A., a la Facultad Regional Delta, de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRD) en el marco del proyecto Planta Potabilizadora y Acueductos: Presidencia Roca, Pampa Del Indio y localidades sobre ruta provincial N° 40 hasta Las Garcitas y sobre ruta provincial N° 30 hasta Capitán Solari, Chaco.

Se presenta el diseño básico original enviado de la UTE a la UTN-FRD que consistía en la realización de una balsa y se presenta el diseño final que contempla el comportamiento mecánico, hidráulico y análisis de tensiones de la toma de agua, el cual consiste en un muelle con un puente que tiene diversas formas de operarlo para cubrir las distintas situaciones naturales que presentó el río Bermejo según el relevamiento de registros históricos.

El puente fue diseñado para operar 27 m aguas adentro desde la costa. Tiene como objetivo el alojamiento de 2 bombas centrifugas sumergibles para la provisión de agua cruda a la planta potabilizadora ubicada a 500 m desde la toma.

Basado en las condiciones de diseño manifestadas por la UTE, el diseño general fue realizado para que la toma pueda operar río adentro y contemplando la variación de nivel que posee el Río Bermejo en la zona de toma. En particular, el puente tiene la versatilidad de poder elegir entre dos niveles de toma de agua cruda por medio de cajones regulables en altura y así poder trabajar con el menor empuje hidráulico a pesar de los grandes cambios de nivel del río (4 m aproximadamente según los registros históricos, ver [1]). Para su mantenimiento, consta de un pórtico integrado, el cual tiene como función principal poder realizar rápidamente la regulación en altura de cajones y también realizar un recambio de bombas pudiendo retirarlas y desplazarlas hacia afuera de la estructura para disponerla en un carro de mantenimiento que trasporta componentes del puente y herramientas pero no personas hasta la costa.

Por lo tanto, este trabajo está organizado en primer lugar con una breve introducción en este apartado, en el apartado 2 se presenta la propuesta original de la UTE junto con las condiciones operativas solicitadas en su momento, en el apartado 3 se presenta el diseño final con la breve descripción de su funcionamiento y finalmente se presentan las conclusiones, agradecimientos y referencias.

2. Propuesta Original

Al momento de recibir la solicitud de trabajo, la UTE presenta a la UTN-FRD la siguiente información:

- Se va a realizar una dársena con protección de la costa donde se ubicará una balsa para acompañar el nivel del Río Bermejo pero queda fija dentro de la dársena (ver [1]).
- Se deben utilizar bombas KSB sumergibles, modelo KRTK 200-401/506UNG1-K (ver [2]).
- Se debe realizar el diseño estructural y la memoria de cálculo incluyendo la estabilidad hidrostática de la balsa junto con planos básicos de la misma.

En la Figura 1 se presenta el esquema de la dársena y balsa presentado a la UTN-FRD por la UTE.

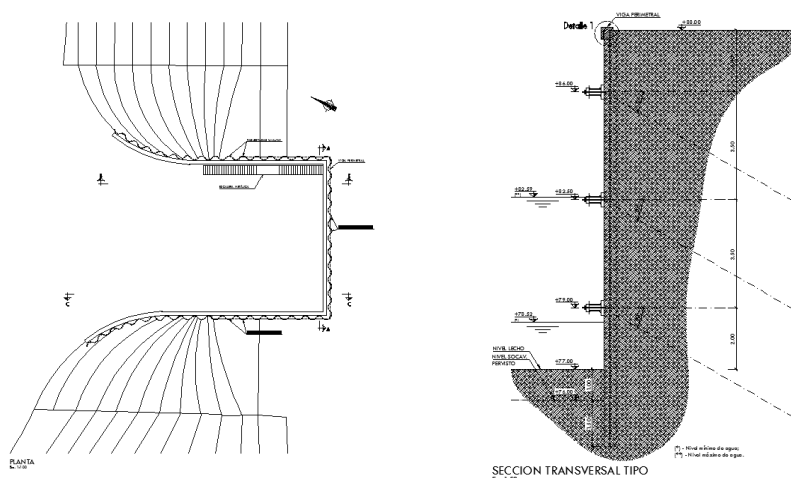


Figura 1. Esquema de la dársena presentada por la UTE en la propuesta original.

Fuente: UTE.

En la Figura 2, se presenta un esquema de la bomba sumergible KSB seleccionada por la UTE.

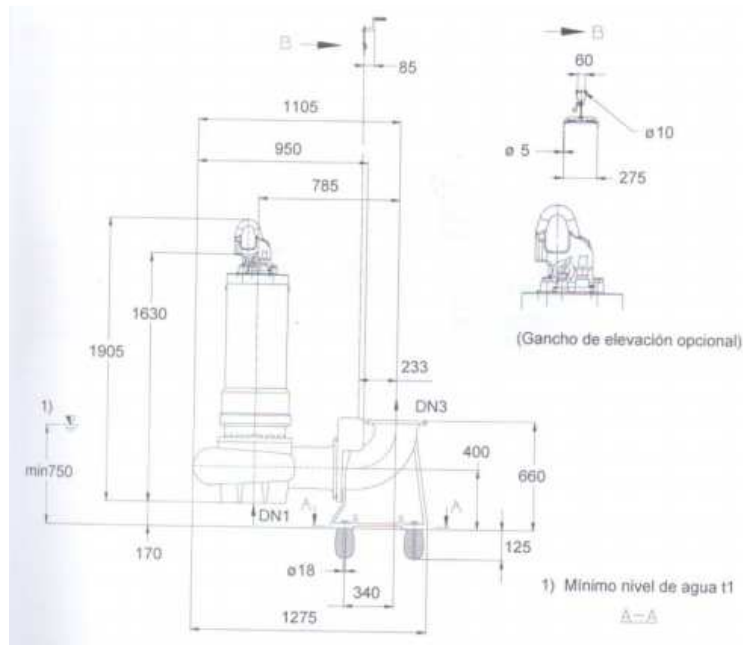


Figura 2. Esquema de las bombas KSB.

Fuente: Representante de ventas de KSB.

En la Figura 3 se presenta un esquema del diseño básico de la balsa propuesto por la UTE

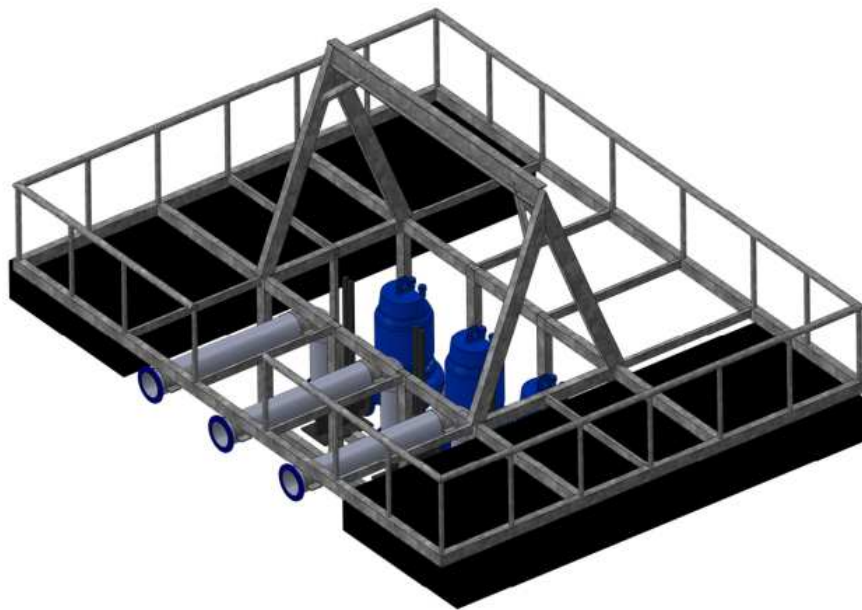


Figura 3. Esquema del diseño básico propuesto de la balsa.

Fuente: UTE.

Vale aclarar que todo lo que se observa en la Figura 3 es la información proporcionada por la UTE acerca de las dimensiones y disposición de la balsa.

La operación básica de toma de agua propuesta consiste en tomar agua del río con dos bombas de las tres instaladas, reservando una de las bombas para condiciones de mantenimiento. Luego se transporta por las tuberías hasta las tuberías flexibles que se conectan a un punto fijo en la costa. Se propuso este tipo de conexión para contemplar la variación de nivel máximo del nivel del río de 4.13 m (ver [1]). luego el agua se transporta en crudo hasta la planta potabilizadora ubicada a 500 m de la obra de toma.

3. Diseño Final

Luego de analizar varias propuestas y puntos críticos, entre ellos el costo final de la obra de toma, se llegó a la propuesta final, descrita a continuación. Los puntos definidos por la UTE y la inspección de obra que se tuvieron en cuenta para definir el diseño final fueron:

- Se deben utilizar bombas KSB sumergibles, modelo KRTK 200-401/506UNG1-K (ver [2]).
- No se deben modificar las costas del río Bermejo.
- Se debe ubicar la obra en donde se intersecta una calle con la costa del río (vía pública) y donde históricamente la costa no sufrió modificaciones considerables.
- Se deben tener en cuenta las condiciones de fabricación, transporte, operación y mantenimiento en el diseño dadas las características particulares que presenta el río Bermejo.
- El proyecto debe estar aprobado por la inspección de obra.
- Se deben presentar los análisis de cálculo necesarios.

Finalmente, bajo estas condiciones se llegó a la propuesta final aprobada por la inspección de obra que se describe a continuación.

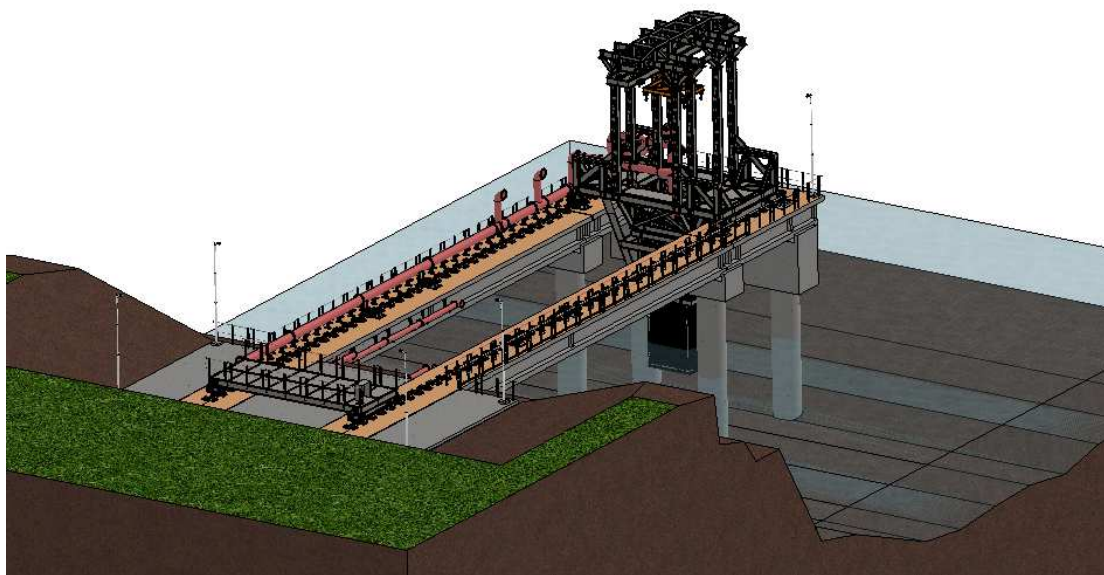


Figura 4. Esquema del diseño final adoptado.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4 se presenta el proyecto adoptado. Para satisfacer la condición de no modificar la costa, se decide ubicar el punto de toma de agua en un punto lo más alejado de la costa posible el cual surge de un estudio de erosión causado por la presencia de los pilotines de la obra civil, el cual fue realizado por Irigoyen [3]. Para lo cual se optó por construir un muelle

de doble vía por donde se puede desplazar el Puente de Operaciones que contiene a las bombas KSB y el Carro de Mantenimiento el cual permite transportar equipamientos y herramientas entre la costa y donde se encuentra ubicado el Puente de Operaciones.

El Puente de Operaciones posee cajones que contienen a las bombas KSB los cuales se pueden elevar o bajar según sea necesario para realizar mantenimiento u operar a diferentes niveles del río Bermejo. En la Figura 5 se presentan las dos posiciones operativas extremas dependientes del nivel del río Bermejo.

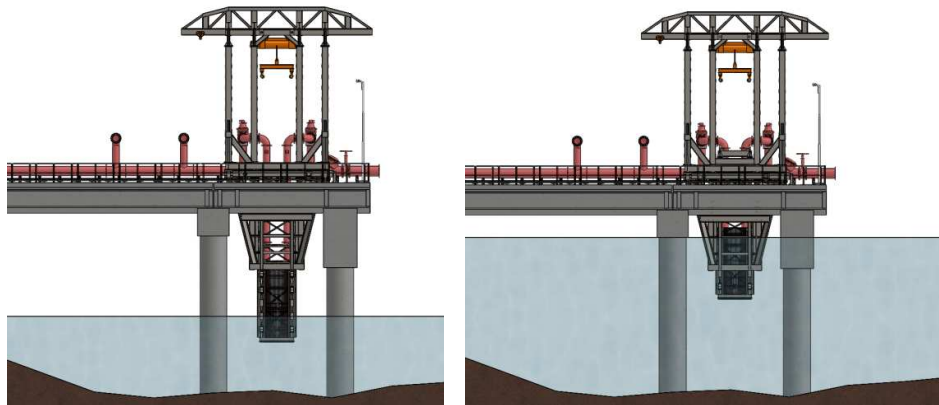


Figura 5. Esquema del Puente de Operaciones en dos posiciones operativas extremas de máximo y mínimo nivel del río Bermejo.

Fuente: Elaboración Propia.

La operación de elevación se realiza mediante un polipasto eléctrico como se muestra en la Figura 6.

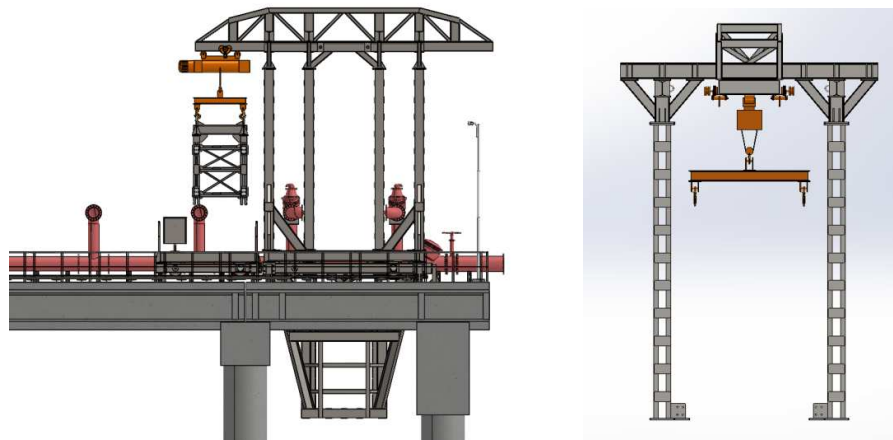


Figura 6. Esquema del sistema de izamiento de los cajones contenedores de las bombas KSB.

Fuente: Elaboración Propia.

El Puente de Operaciones tiene que tener dos grandes características. Desde el punto de vista estructural, tiene que transmitir las cargas hidráulicas generadas por el empuje constante del caudal del río Bermejo sobre los cajones y bombas sumergidas a la estructura civil. Por otra parte, contiene un pórtico utilizado para el montaje, operación y mantenimiento de los cajones y bombas.

El Carro de Mantenimiento tiene la función de transportar componentes entre la costa y el puente. Por seguridad, el carro es accionado manualmente con un pulsador que se encuentra del lado de la pasarela de acceso al Puente de Operaciones. El operador oprime el control mientras se desplaza y mantiene un avance constante del carro y en caso de cualquier imprevisto, el carro se detiene. La pasarela de acceso se encuentra sobre la guía derecha del muelle, visto desde la costa.

A su vez, el Puente de Operaciones y el Carro de Mantenimiento pueden desplazarse respecto a la costa para posicionarse en diferentes puntos de operación. En la Figura 7 se presenta un esquema de lo mencionado.

En la Figura 8 se presenta el esquema del Carro de Mantenimiento acoplado al Puente de Operaciones.

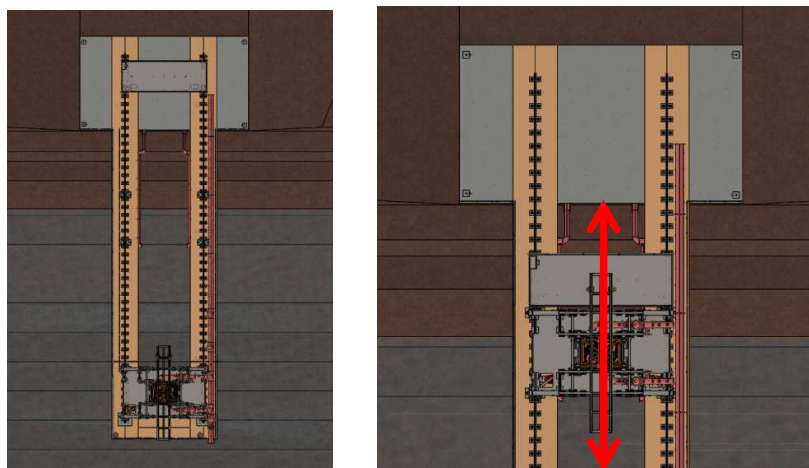


Figura 7. Esquema del movimiento posible del Puente de Operaciones y Carro de Mantenimiento sobre las guías ubicadas en la estructura civil. Izq: Posición operativa normal, der: Movimientos posibles.

Fuente: Elaboración Propia.

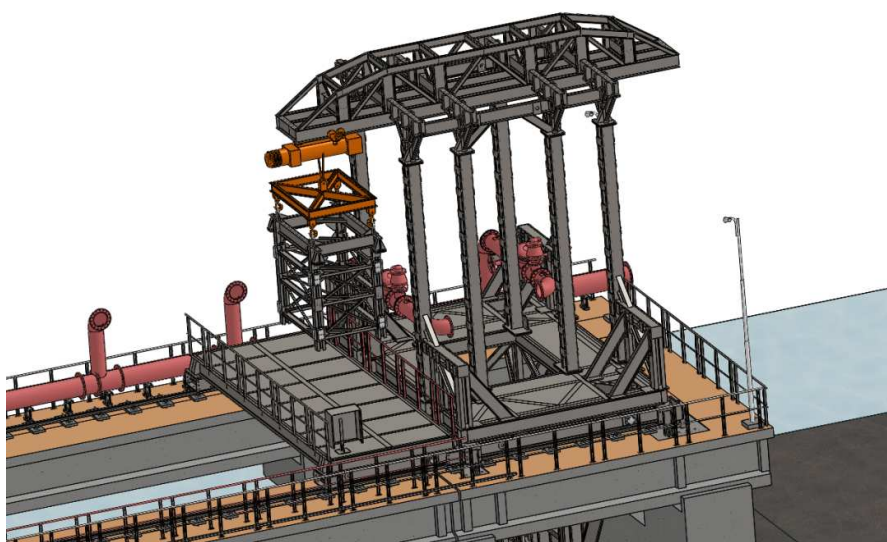


Figura 7. Esquema del Carro de Mantenimiento acoplado al Puente de Operaciones.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez ubicado el Puente de Operaciones en el lugar donde se ubicará la toma, antes de sumergir los cajones y por lo tanto las bombas KSB, el mismo se fija a la estructura civil y no se deben remover los anclajes hasta no subir los cajones y bombas por encima del nivel del río. Por lo tanto, durante el servicio normal del puente, el mismo se encuentra fijo a la estructura civil.

4. Cálculo estructural

En el informe técnico realizado por Raffo y Basualdo [4], se presentan las cargas hidráulicas a tener en cuenta sobre la estructura del Puente de Operaciones.

El material considerado para ambos puentes es acero ASTM A-36 cuyas propiedades se presentan en la Tabla 1. Para determinar la tensión admisible se considera un factor de seguridad de 0.66 que multiplica a la tensión de fluencia (ver [5] y [6]).

Tabla 1. Propiedades del material considerado para el cálculo.

Material	Módulo de Elasticidad [GPa]	Módulo de Poisson	Densidad [Kg/m ³]	Tensión Admisible [MPa]	Tensión de Fluencia [MPa]
ASTM A36	206	0.33	7850	161	245.0

Fuente: Normas ASTM [5] y Reglamento CIRSOC [6].

1.1 Modelo de elementos finitos

El cálculo de las cargas actuantes se realiza con el programa de elementos finitos EFE+ desarrollado por el Grupo de Mecánica Computacional, de la UTN-FRD.

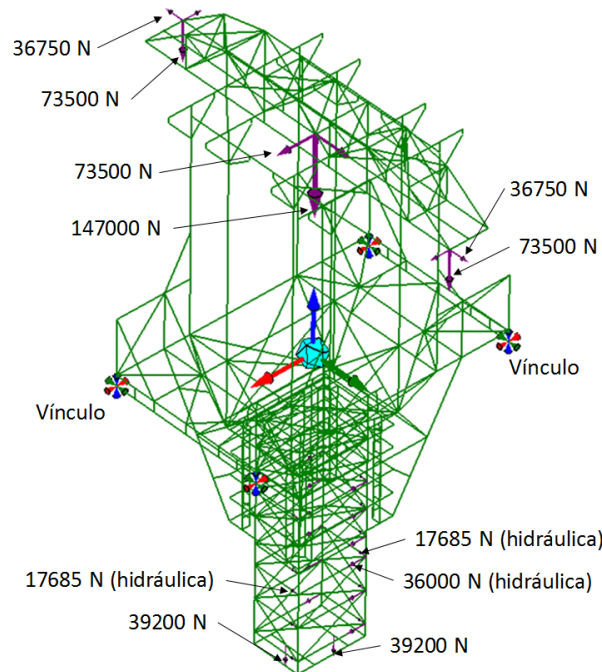


Figura 8. Esquema del modelo de elementos finitos del Puente de Operaciones junto con las cargas máximas actuantes sobre el mismo.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 8 se presenta el modelo de elementos finitos del Puente de Operaciones junto con las cargas máximas actuantes.

En la Figura 9 se presenta el detalle de las cargas actuantes sobre el pórtico de operación cuando se consideran dos cargas dinámica oscilatorias sobre el mismo, en el centro se considera que se está elevando todo el sistema de cajones y bombas; en los extremos del pórtico se considera el izamiento de una de las bombas.

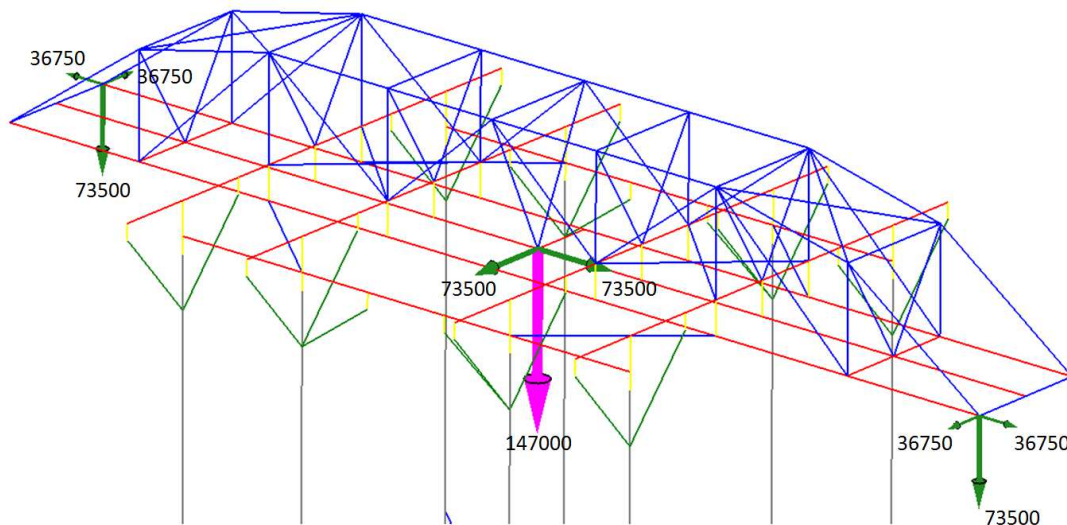


Figura 9. Esquema del modelo de elementos finitos de las cargas actuantes sobre el pórtico ubicado en el Puente de Operaciones. Unidades en N.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 10 se presentan las cargas hidráulicas y de peso de las bombas actuantes sobre los cajones sumergidos en el río Bermejo.

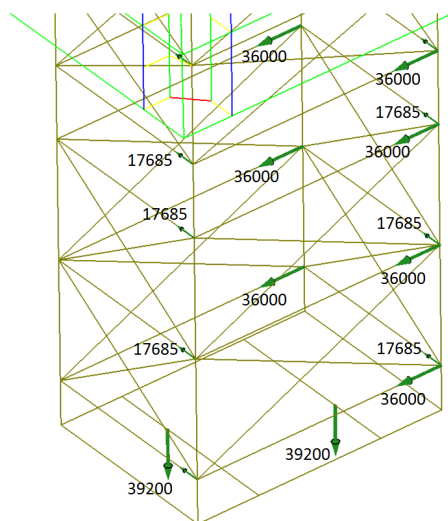


Figura 10. Detalle de las cargas consideradas en los canastos sumergidos del Puente de Operaciones.
Unidades en N.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, en la Figura 11 se presenta el modelo de elementos finitos del Carro de Mantenimiento con las cargas actuantes en su peor condición.

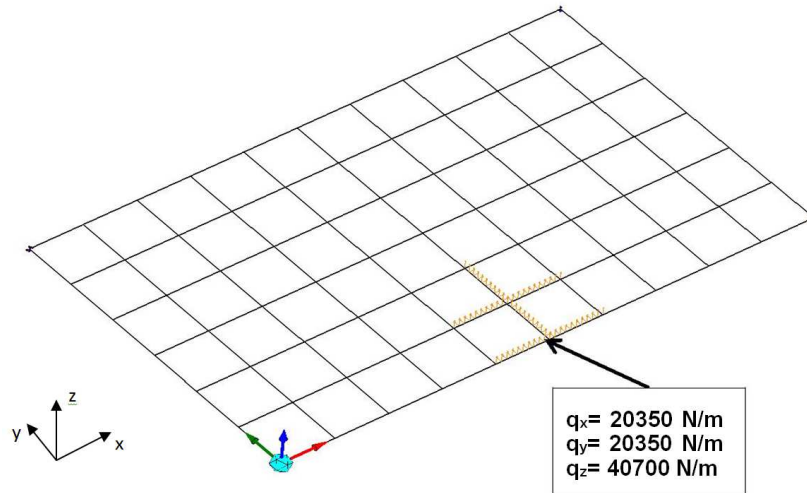


Figura 11. Modelo estructural del Carro de Mantenimiento con la carga útil lineal considerada actuante sobre los perfiles estructurales.

Fuente: Elaboración Propia.

Se aclara que para todos los casos modelados, el peso propio se considera automáticamente con un factor de 2 g para considerar los efectos dinámicos. En el caso del Carro de Mantenimiento se considera además un factor de 1 g adicional hacia cada dirección sobre su propio plano para considerar los efectos dinámicos al desplazarse.

1.2 Resultados numéricos

Se presentan los resultados de las tensiones equivalentes máximas de toda la estructura analizada y se presenta además el detalle en diferentes componentes.

Se realiza la aclaración de que los valores máximos observados se encuentran en las uniones entre perfiles, con lo cual no son relevantes para el análisis estructural básico presentado y son salvados porque las uniones no son puntuales en el baricentro de cada sección sino que en la realidad existe una zona tridimensional de unión de los mismos. Se observa además que en las uniones más solicitadas se pueden reducir las tensiones colocando elementos estructurales como placas de refuerzo para lograr una mejor distribución de las tensiones actuantes, las cuales algunas de ellas se encuentran contempladas en el diseño.

En la Figura 12 se presentan las tensiones equivalentes máximas del Puente de Operaciones en su conjunto. Se observa que las tensiones equivalentes máximas no superan el valor de la tensión admisible indicada en la Tabla 1.

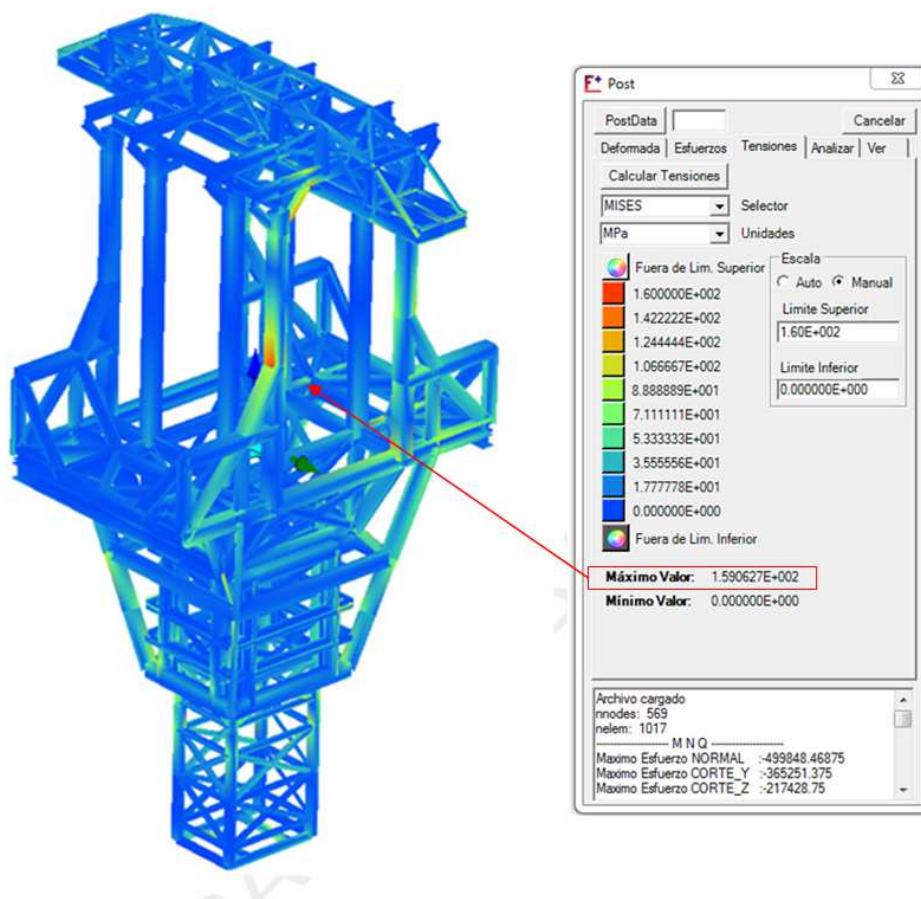


Figura 12. Tensiones equivalentes actuantes sobre el Puente de Operaciones. Unidades en MPa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 13 se presentan las tensiones equivalentes actuantes sobre el Pórtico de Izamiento ubicado en el Puente de Operaciones. Las cargas consideradas corresponden a elevar todos los cajones soportes de las bombas con todos los accesorios. Además, se considera el caso de que se encuentra realizando el recambio de una bomba KSB.

En la Figura 14 se presentan las tensiones equivalentes actuantes sobre la Plataforma de Operaciones. Se observa que la tensión máxima supera a la admisible propuesta en 1.2 MPa. Esto ocurre en una unión que deberá verificarse con el diseño final de ingeniería de detalle y de ser necesario se puede reforzar ubicando una placa refuerzo. Se aclara que con este valor no es necesario modificar el diseño estructural básico presentado.

En la Figura 15 se presentan las tensiones equivalentes máximas actuantes en la Estructura Guía de los Cajones. Se observa que la tensión máxima no alcanza los 120 MPa.

En la Figura 16 se presentan las tensiones equivalentes máximas actuantes en los Cajones Soportes de las Bombas. Se observa que la tensión máxima no alcanza los 155 MPa.

En la Figura 17 se presentan las tensiones equivalentes actuantes en el Carro de Mantenimiento. Se observa que la tensión máxima es menor que 135 MPa.

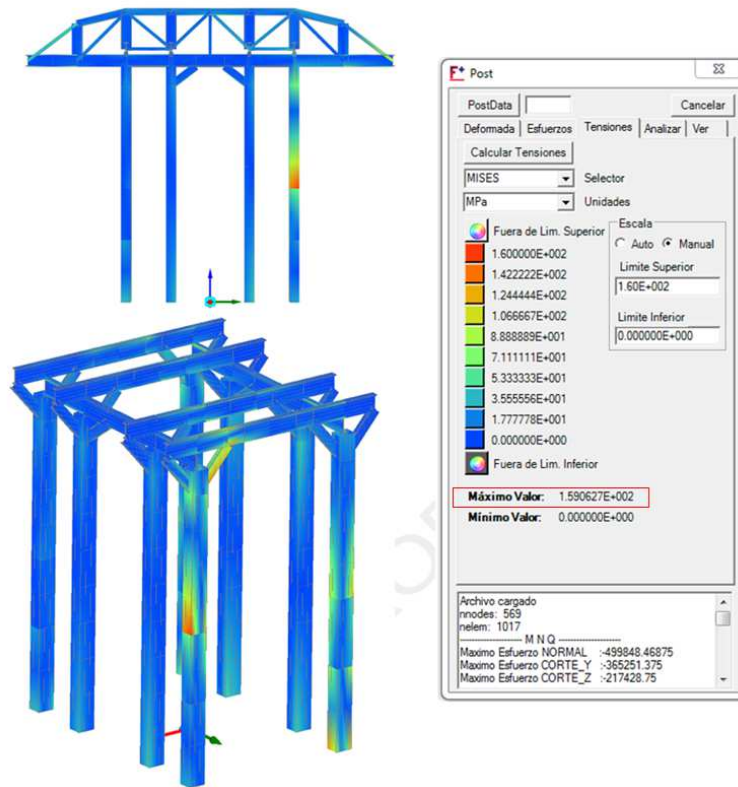


Figura 13. Tensiones equivalentes actuantes sobre el Pórtico de Izamiento. Unidades en MPa.

Fuente: Elaboración Propia.

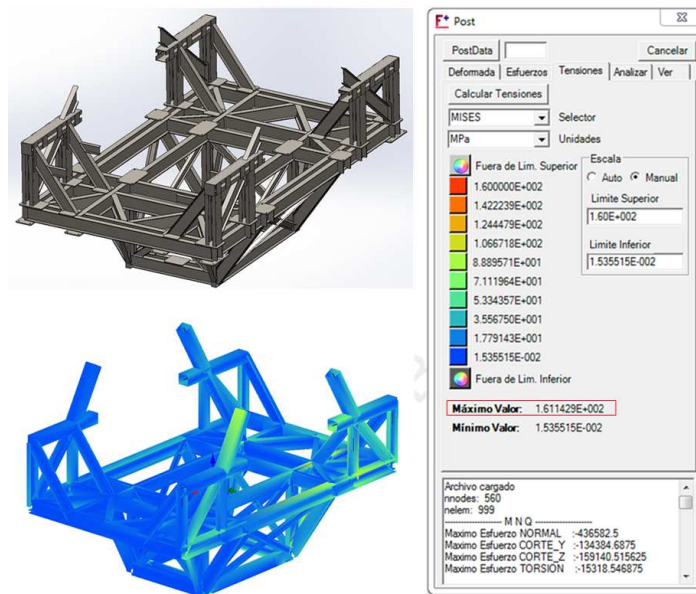


Figura 14. Tensiones equivalentes actuantes en la Plataforma de Operaciones del Puente de Operaciones. Unidades en MPa.

Fuente: Elaboración Propia.

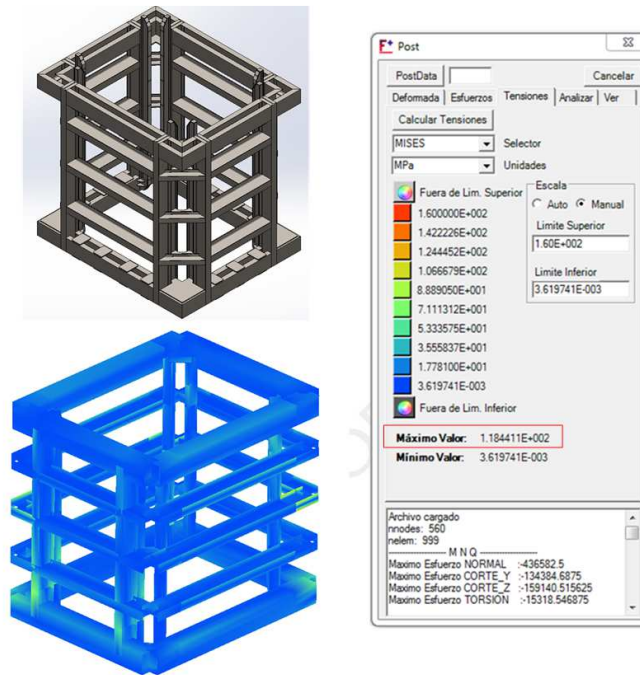


Figura 15. Tensiones equivalentes actuantes en la Estructura Guía de los Cajones. Unidades en MPa.

Fuente: Elaboración Propia.

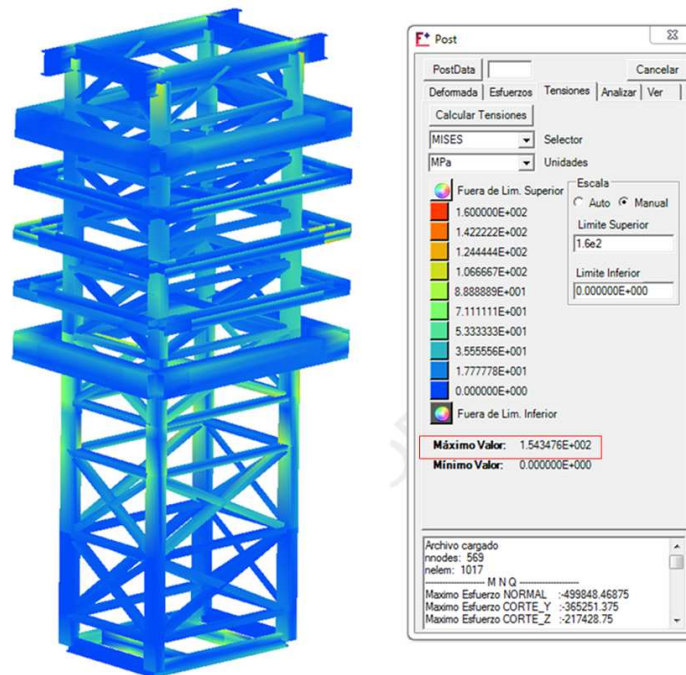


Figura 16. Tensiones equivalentes actuantes en los Cajones Soportes de las Bombas. Unidades en MPa.

Fuente: Elaboración Propia.

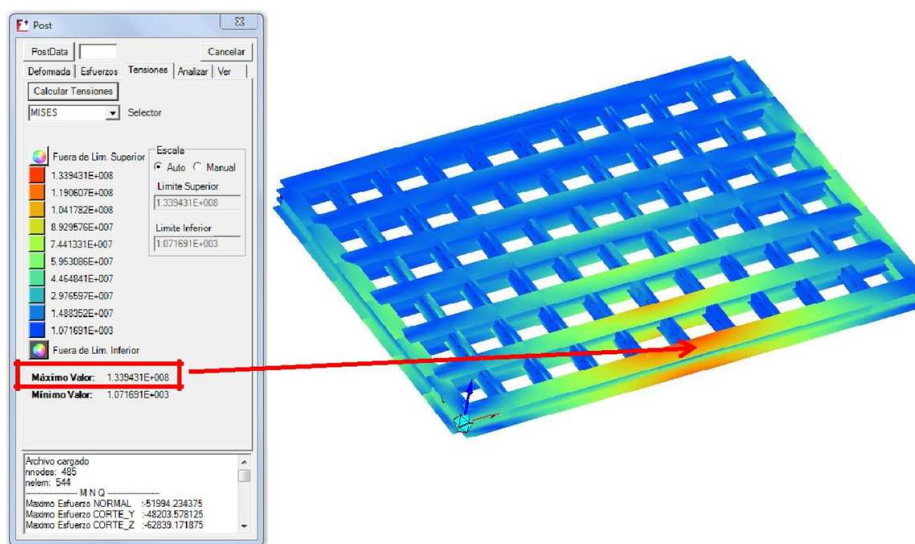


Figura 17. Tensiones equivalentes actuantes en el Carro de Mantenimiento. Unidades en MPa.

Fuente: Elaboración Propia.

5. Conclusiones y recomendaciones

Se presentó el diseño final que contempla el comportamiento mecánico, hidráulico y análisis de tensiones de la toma de agua del proyecto Planta Potabilizadora y Acueductos: Presidencia Roca, Pampa Del Indio y localidades sobre ruta provincial N° 40 hasta Las Garcitas y sobre ruta provincial N° 30 hasta Capitán Solari. Chaco.

El diseño final presentado es el resultado de la evolución desde el proyecto original que era la construcción de una balsa ubicada en una dársena con modificación de la margen derecha del río Bermejo. El mismo logra satisfacer los requerimientos exigidos por la UTE y por inspección de obra dado que se aprobó el proyecto en una reunión en conjunto con la inspección de obra.

6. Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del proyecto PID UTN 3487.

7. Referencias

- [1] VÁZQUEZ, M., BACCHIEGA, D., VIUDES, J. (2014), Obra de toma y descarga de efluentes sobre el río Bermejo – Estudio hidráulico y diseño de obra - Informe técnico final, API-OT-HI-M-004, p. 1-90.
- [2] Hoja de datos de bombas KSB, KRTK 200-401/506UNG1-K, Número ES 3240629, N° de artículo: 300.
- [3] IRIGOYEN, M. (2015), Estudio de erosión local en pilas Toma de agua – Río Bermejo. T-GMC-006/15, *Informe Técnico del Grupo de Mecánica Computacional*, UTN-FRD, p.1-24.

- [4] RAFFO, J., BASUALDO, J. (2015), Cargas existentes sobre la obra civil de la toma de agua en Presidencia Roca, Chaco, T-GMC-004/15, *Informe Técnico del Grupo de Mecánica Computacional*, UTN-FRD, p.1-16.
- [5] RAFFO, J., GUENNAM, E. (2016), Memoria de cálculo de toma de agua. Análisis básico estructural, T-GMC-003/16, *Informe Técnico del Grupo de Mecánica Computacional*, UTN-FRD, p.1-15.
- [6] ASTM Standard A36 / A36M, 2004, Standard Specification for Carbon Structural Steel.
- [7] Reglamento CIRSOC, 2005, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaría de Obras Públicas de la Nación.

RELACION ENTRE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LIMOS Y LOESS TIPIFICACIÓN DE CONCRECIONES, CEMENTACIONES, EN LA LLANURA PAMPEANA CENTRAL ARGENTINA

Prof. Ing. Héctor Antonio Velázquez, Universidad Tecnológica Nacional: Facultad Regional Rafaela - Facultad Regional San Francisco - hectoravelaz@hotmail.com

Resumen— Los suelos de la llanura central Argentina, constituyen el principal depósito loessico de Sudamérica, cubriendo desde unos pocos centímetros hasta profundidades mayores a los 60 metros.

El suelo actúa como la interface entre litosfera, biosfera y atmósfera, dando vida y sustento a todos los ecosistemas terrestres.

Los depósitos superficiales, hasta los 60 metros de profundidad, presentan algún grado de cementación química, producto de la sílice, carbonatos y sesquióxidos, que unidos a las altas presiones históricas, uniones químicas o precipitación de cementantes produjeron cementaciones variadas, que podríamos definir como de importancia la metamorfosis producida en la masa del suelo.

Los factores formadores de estos suelos finos, como Clima, Organismos vivos, Geomorfología del suelo, y el Tiempo geológico de su formación, fueron fundamentales en la generación de esta estructura macroporosa, con presencia de elementos cementados, y permite a través de experimentos analizar propiedades químicas, térmicas, eléctricas y mecánicas, según su estructura interna, entre fluido y partículas.

La mineralogía produce variaciones físicas y mecánicas, con la caolinización del suelo, respecto a la relación SiO_2 , Al_2O_3 y con ello determinar la LATERIZACIÓN o PODZOLIZACIÓN, la mineralogía conjuntamente con las reacciones químicas, ocupan un papel preponderante en la determinación metamórfica, con ello las variaciones de resistencia, permeabilidad, consolidación y capacidad al corte.

Las “rocas ígneas, metamórficas sedimentarias”, por efectos eólicos, y condiciones lagunares, por agua que ataca los solutos produjo la diagénesis, y suelos sedimentarios, por: disolución, hidratación, hidrólisis y oxidación-reducción.

Palabras clave— *Suelos de Argentina; limos; loess; mineralogía; litosfera.*

1. Planteo del problema

Nuestro trabajo se concentra en el análisis de la formación loessica pampeana, para lo cual utilizando la numerosa bibliografía existente, haremos especial hincapié, en la zona denominada “Pampa Norte”, en un radio de 50 km, alrededor de ciudades como San Francisco (Provincia de Córdoba), y Rafaela (Provincia de Santa Fe), área donde el estudio nos plantea suelos loessicos que presentan un comportamiento mecánico anisótropo, tanto en condiciones inalteradas como compactadas (Covassi y Rinaldi, 2012 y Covassi, Rinaldi,

2015), es hacer notar que el término “loess” es un vocablo alemán que hace referencia a un depósito de suelos limosos transportados por el viento (eólico) y en nuestra región también por el agua (procesos hídricos) y caracterizado por una estructura abierta y macroporosa.

Las propiedades físicas y mecánicas de los loess argentinos, han sido descripta en extenso por autores como Rinaldi et.al (2007) y la uniformidad presentada en la llanura pampeana central, manifestada en una marcada actividad neotectónica (estudios de pliegues, fallas, en la corteza terrestre), por autores como E. Brunetto y M.H Iriondo [1] (2007), la cual conforma episodios de actividad, que afecto fundamentalmente a los sedimentos en formaciones de transición entre continentales y depósitos marinos-someros, dando lugar a formaciones **F_m Paraná** (Mioceno superior), y luego una variación lateral de ella en ambientes lagunares (temporales) y depósitos eólicos típicos, que conforma la formación **F_m Tezano Pintos**, ambas marcan discontinuidades observadas en rasgos lineales superficiales, en cuanto a su drenaje superior, y que permiten suponer fueron producidas durante el Pleitoceno Superior (cuaternario).

Los depósitos de Loess que cubren la **F_m Tezanos Pinto**, desde el nivel superior del suelo, y hasta los 60 metros de profundidad, presentan algún grado de cementación, producto de procesos post-deposicionales por altas presiones históricas, uniones químicas o precipitación de cementantes, como sílice, carbonatos y sesquióxidos.- Estos suelos cementados presentan una variación importante en los parámetros mecánicos del suelo, según la columna estratigráfica representativa, nos va mostrando el análisis sedimentológico (cantidad y tipo de concreciones y cementaciones), como la mineralogía de los estratos, obtenidos como testigos de una perforación.

El tipo de suelo, es el derivado de cenizas volcánicas, A. Lizcano, M.C. Herrera y J.C. Santamarina [4] tratando de explicar la formación de elementos como las concreciones y cementaciones, para entender sus propiedades físicas, el comportamiento mecánico y las principales consecuencias geotécnicas.- Para lo cual hemos incluido experimentos que analicen propiedades químicas, térmicas, eléctricas y mecánicas, y la interpretación en términos de estructura interna, composición e interacción entre partículas y fluidos.

La característica más importante de estos suelos loessicos, en la parte central de la Llanura Pampeana, radica en presentar comportamientos mecánicos anisotrópicos, pudiendo observarse parámetros importantes en su variación mecánica, en la existencia de la distribución de sus cementaciones, como en el tipo de cementación, en las cuales han influido al momento de su deposición tanto el medio en el cual se realizaron (viento, agua), como los efectos del factor temperatura que existió en dichos procesos posdeposicionales de los mismos, ya que en esta llanura no existieron estados tensionales a los que pudiesen haber estado sometidos, por procesos de compactación estos suelos.

Los factores formadores resultantes de esta formación, depende de procesos edafogénicos, de distinto tipo e intensidad a lo largo del tiempo, así intervino la Roca Madre (material parental a partir del cual se formó); Ingeniería Ambiental James R, Mihelcic-Julie B. Zimmerman [5] el Clima (aportó agua y energía al material originario); Organismos Vivos (actuaron sobre la roca o material originario, contribuyendo a su disgregación y mezcla); Geomorfología (posición que ocupa el suelo en un determinado sitio); Tiempo (acción de distintos factores a lo largo de cientos o miles de años).

A la luz de los resultados experimentales y de los problemas geotécnicos observados en campo, vimos la necesidad de reanalizar las técnicas de caracterización y diseño para optimizar el desempeño de estos suelos en aplicaciones de ingeniería.

Los procesos formadores o procesos edafogénicos, de este tipo de suelos, ha sido el conjunto de cambios sucesivos que se originaron en el sistema, y dieron lugar al desarrollo de cambios biogeoquímicos, que originaron una mineralogía geotécnica, que podemos definir como:

- Minerales de arcilla de interés geotécnico
- Propiedades físico- químicas variadas
- Propiedades geotécnicas y composición mineralógica variada
- Microfábrica, en la estructura de la masa del suelo
- Propiedades geotécnicas distintas según la microfábrica encontrada.

El área donde hemos planteado el estudio, es una zona donde no existen muchos datos de tipos y distribuciones de las cementaciones, donde los suelos manifiestan propiedades muy distintas respecto al mismo suelo sin cementación, o con cementaciones incipientes, como asimismo en suelos recién remoldeados (compactado). En la literatura existen una gran cantidad de artículos que demuestran que la cementación tiene un efecto importante en los parámetros mecánicos del suelo, ya que la rigidez determinada a bajos niveles de deformación aumenta con la cantidad de agente cementante, respecto a un suelo no cementado (Lerouel and Hight, 2003; Chang et al, 1990, Acar and El-Tahier, 1986), Airey and Fahey (1991), muestran como los suelos con algún grado de cementación desarrollan pequeños umbrales elásticos de deformaciones, experimentando pequeñas deformaciones volumétricas hasta que la decementación comienza, para deformaciones importantes estos suelos presentan comportamientos dilatantes, que hacen despreciables el efecto de la densidad inicial en el cambio volumétrico. La resistencia al corte en este tipo de suelo se ve afectada por la presencia de agentes cementantes, que puedan presentarse, en forma de toscas, o en formaciones incipientes (elementos duros con muchas y finas tosquillas en su masa), produciendo un incremento en su valor final (Walsh, 1997), siendo más significativo para bajos niveles de confinamiento (Leroueil y Vaughan, 1990; Lo et. Al 2003), aumenta la cohesión no observándose un cambio notable en el ángulo de fricción (Clough et.al,1981; Schnai et.al ,2001; Saihi e.al, 2002). La fuerte tendencia dilatante, la fragilidad y el ablandamiento post-pico para confinamientos bajos han demostrado un notable aumento y manifiesta asociación a localizar deformaciones y permitir obtener valores de fricción muy importantes (Hill and Hutchinson 1975; Rice and Rudnicki 1980; Schanz 1998).

Todos los estudios precedentes, poseen la limitación, de no considerar, la importancia de los procesos formadores de estos suelos, producto de la composición mayoritaria de limo o arcilla, dejando aclarado que el limo corresponde a una definición granulométrica, según el tamaño de la partícula, mientras que el loess es un sedimento re-depositado, luego de un proceso eólico o lagunar, con presencia de meteorización y corresponde a una definición granulométrica, según el tamaño de la partícula.

La meteorización más importante ha sido la biogeoquímica, que consistió en un conjunto de procesos de meteorización, dando lugar a cambios químicos y mineralógicos, condicionados en gran medida por la presencia de agua con oxígeno, anhídrido carbónico o ácidos disueltos (cementantes), estos procesos incluyen meteorización química, biológica y bioquímica.

Una de las características más específicas de la atmósfera es su capacidad de transporte rápido a grandes distancias de las sustancias que incorpora, de allí el sentido eólico en la caracterización de nuestros loess pampeanos, el mezclamiento entre el Hemisferio Norte y Sur es relativamente pobre, de allí que la dispersión de contaminantes entre los hemisferios sea relativamente lenta.

Por todo ello se considera que el agua ha sido uno de los formadores más importantes de los procesos biogeoquímicos que origino la mineralogía de la formación y distribución de las cementaciones y elementos duros, con gran cantidad de finas tosquillas que conforman el paquete estructural de estos sedimentos loessicos.

2. Objetivos propuestos

Siendo el suelo, el constituyente de una delgada cubierta, en la superficie terrestre, en este caso desde unos pocos centímetros, hasta espesores de varios metros, que a los fines de la Ingeniería Civil, podríamos definir hasta los 60 metros de profundidad

Como cuerpo natural, este suelo loessico, conformado por toscas y tosquillas, constituye una interfase que permite intercambios entre la litósfera, la biosfera y la atmósfera.- Los suelos son la base de todos los ecosistemas terrestres, por lo que hacen posible la vida en el planeta.

La existencia de concreciones y nódulos cementados, en la formación superior es una característica en los loess pampeanos primarios, de origen eólico, lagunar, y en los loess secundarios, ubicados por debajo de la formación superior donde la existencia del retrabajo físico-químico es más notoria.

La mayoría de estos suelos loessicos cementados se encuentran en la naturaleza, de la llanura central Argentina, totalmente o parcialmente saturados, por ello la succión y la cementación deben coexistir, influenciando, ambas en conjunto, el comportamiento tensión-deformación de este tipo de geomateriales. El efecto de succión en el comportamiento de los suelos cementados se puede considerar paralelo al efecto de cementación, con similar impacto en la respuesta a macroescala, como por ejemplo, incremento de la rigidez a bajo nivel de deformaciones, de la tensión de fluencia y de la resistencia, disminución de la contracción volumétrica y alta predisposición a la localización de deformaciones, por ello la anisotropía en este tipo de suelos es un factor fundamental a considerar al momento de caracterizar su comportamiento mecánico, tanto en términos tenso-deformacionales como de resistencia.

De lo anterior la importancia, del análisis micro de los estratos, hacia la conformación macro de la estructura total del suelo a estudiar, por la presencia de concreciones y cementaciones que presentan este tipo de suelo.

Por ello estudiamos todos los tipos de concreciones (toscas, tosquillas), la estructura másica del estrato, sus características químicas, y mecánicas, la existencia de nódulos cementados, específicamente en la formación superior, característica en los loess pampeanos primarios, de origen eólico, lagunar, y donde el retrabajo físico- químico es menor que los loess secundarios mucho más profundos.

En cuanto a la descripción granulométrica del loess, podríamos definirlo como ML-CL, o CL-ML, es decir básicamente es un suelo limo-arcilloso, o viceversa, según la composición mayoritaria de limo o arcilla.

A la luz de los resultados experimentales en Laboratorio y de los problemas geotécnicos observados en campo, vimos la necesidad de reanalizar las técnicas de caracterización y diseño para optimizar el desempeño de estos suelos en aplicaciones de ingeniería.

Por todo ello estudiamos, a distintas profundidades, y en distintos sitios de la zona elegida, según nuestra descripción anterior (50 km alrededor de San Francisco, y Rafaela), todo tipo de concreciones y elementos duros (conformados por toscas y/o tosquillas), observando que los procesos formadores o procesos edafogénicos, de este tipo de suelos, ha sido el conjunto de cambios sucesivos que se originaron en el sistema, y dieron lugar al desarrollo de cambios biogeoquímicos, que originaron una mineralogía geotécnica, también tuvimos especial

análisis de estudio hacia la estructura del estrato donde se ubicaban las cementaciones, y hacia conjunto de estratos que conforman la estructura macro de la perforación en estudio

También estudiamos, la que consideramos como más importante meteorización, la biogeoquímica, consistente en un conjunto de procesos de meteorización, que ha dado lugar a cambios químicos y mineralógicos, condicionados en gran medida por la presencia de agua con oxígeno, anhídrido carbónico o ácidos disueltos (cementantes), estos procesos incluyeron meteorización química, biológica y bioquímica.

Los vínculos existentes entre sedimentos y las rocas de las capas más superficiales de la litósfera, los describiremos diciendo que esencialmente, los formadores de estos suelos surgieron de tres tipos de rocas: “las ígneas”, “las metamórficas”, y “las sedimentarias”, todas pueden ser atacadas por el agua, en el proceso conocido como “meteorización”, proveyendo el agua de diversos solutos.- A estos procesos de adquisición de solutos se opone la formación de sedimentos y de suelos, por remoción de sólidos.- La diagénesis vuelve a generar rocas sedimentarias a partir de los sedimentos, y la metamorfosis de las rocas sedimentarias genera nuevamente rocas metamórficas, y así se genera el ciclo.- El agua transporta los sedimentos, y al transportarlos los expone a condiciones químicas diferentes a las que determinaron su formación; los sedimentos pueden entonces redisolverse, así pueden generarse sedimentos marinos, debido al ataque químico de sedimentos terrestres, y su posterior transporte por el agua, con su precipitación en el mar.

Según el tamaño de granos, los sedimentos se clasificaron principalmente como arena, limo, y arcilla, y químicamente, estos sedimentos son mezclas de complejidad apreciable de diversas fases sólidas, si concentramos ello en una pocas fases sólidas más importantes, es posible describirlos en cinco componentes: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , CO_2 y H_2O , si deseamos dar cuenta de fases que contienen otros elementos, es necesario incrementar el número de componentes.

El agua posee dos características muy importantes, su carácter bipolar y su elevado poder para disolver las sustancias con las que entra en contacto.- La meteorización biogeoquímica, se produce por reacciones químicas de:

- Disolución
- Hidratación
- Hidrólisis
- Oxidación-reducción

- Disolución:

En agua pura (disolución del yeso o sales más solubles, aparecen en la masa acanaladuras).

En medio básico o alcalino (en el material meteorizado, existen microambientes básicos, incluso en suelos ácidos).

En forma de quelatos (formación de complejos organo-minerales).

En medio ácido (la carbonatación implica disolución de minerales, como los silicatos en agua que contenga anhídrido carbónico disuelto, y precipitan carbonatos).

- Hidratación:

Incorporación de moléculas de agua a la estructura cristalina del mineral, transformándose en otra especie mineral.

- Hidrólisis:

Provoca que un mineral (aluminosilicato), reaccione con el agua y su estructura cristalina se desorganice totalmente. Afecta gran número de minerales, especialmente los silicatos.

- Oxidación-Reducción:

Llamados procesos redox, son cambios químicos en átomos, moléculas u otros compuestos debido a pérdida o ganancia de electrones. Puede implicar cambios de volumen o de color.- Los principales elementos químicos implicados en esta meteorización son el hierro, el manganeso y el azufre.

3. TIPIFICACION Y DESCRIPCION DE LAS CONCRECIONES EN LOESS PAMPEANO ESTUDIADAS

La evaluación de los minerales que constituyen las rocas al decir de (J.A.Jimenez Salas, J.L. DE JUSTO ALPAÑEZ [2]– 1975), es un ciclo cerrado, que en el caso de los loess, no termino con la sedimentación, sino que después de depositados continuaron sufriendo modificaciones por procesos metamórficos, también denominados diagénesis.-

Aquí los loess se vieron influenciados por las presiones que sobre ellos actuaron (loess secundario), por efecto de las capas que fueron depositándose gradualmente sobre ellos, el tipo de líquido que llenaba sus poros, temperatura del sitio donde se emplazaban, y en especial la acidez o alcalinidad del agua, que medimos a través de su pH, asimismo su potencial oxidante o reductor.

Si tenemos en cuenta que el pH del agua de lluvia es aproximadamente 5,6 y que la presencia de minerales en la masa del suelo pudo haberla hecho cambiar de alcalina a ácida, o viceversa, hoy estos suelos poseen en general un pH dentro de valores de 6.

La diagénesis comienza con sedimentos blandos (J.A Jimenez Salas-J.L.de Justo Alpañez-1975) y por efecto de la presión de suelos superiores, se consolidan los sedimentos, reduciendo el volumen de poros y aumenta su resistencia, allí la aparición de minerales variados produce recristalización de granos (Ca,Mg,K), sumado a la variación del pH de Medio a Alto, aparecen los procesos de cementación.-

Los procesos de cementación deben englobarse en los que se produjeron a temperatura del aire atmosférico y pequeñas profundidades, al decir por el Profesor J-Gimenez Salas. Epidiagénesis, simplemente una unión débil de partículas por la deposición de un cementante, siendo estos los más abundantes, Sílice, Carbonatos, y Sesquióxidos.-

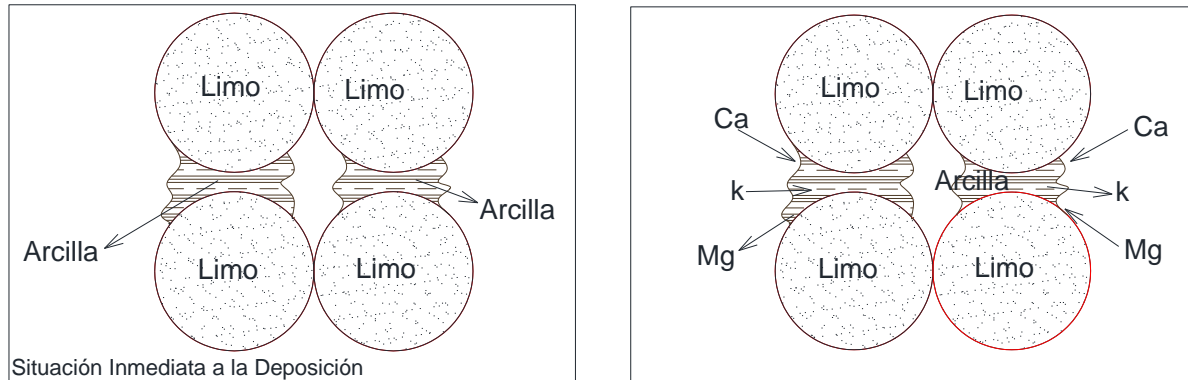
El clima de la zona estudiada corresponde al tipo mediterráneo a semiárido, como gran parte del territorio de las llanuras pampeanas, la cementación más abundante encontrada es por la sílice, con una importante precipitación dentro de la masa del suelo, que produjo la transformación química, esta sílice deriva de la descomposición lenta de los feldespatos y vidrio volcánico, originarios de las cenizas volcánicas, producidas en el proceso de vulcanización del cuaternario primario y superior, que dio origen a los loess secundarios y primarios respectivamente.-

También merece una mención el material de tipo arcilloso que acompaña a los elementos en forma de concreciones y cementaciones, esa arcilla posee una capacidad de cambio catiónico (meq/100g) (el número de miliequivalentes de cationes adsorbidos por 100grs del suelo, previamente saturado de cationes H⁺, por lavado en medio ácido), a mayor capacidad de cambio catiónico significa mayor inestabilidad en el suelo, y este cambio catiónico depende

de la humedad del suelo.- Cuanto más cerca estén los agregados arcillosos (o tengan menor radio atómico), existirá más atracción y por ende más estabilidad en la masa del suelo (Cación $\text{Na} < \text{radio atómico} < \text{Ca} > \text{radio atómico}$).

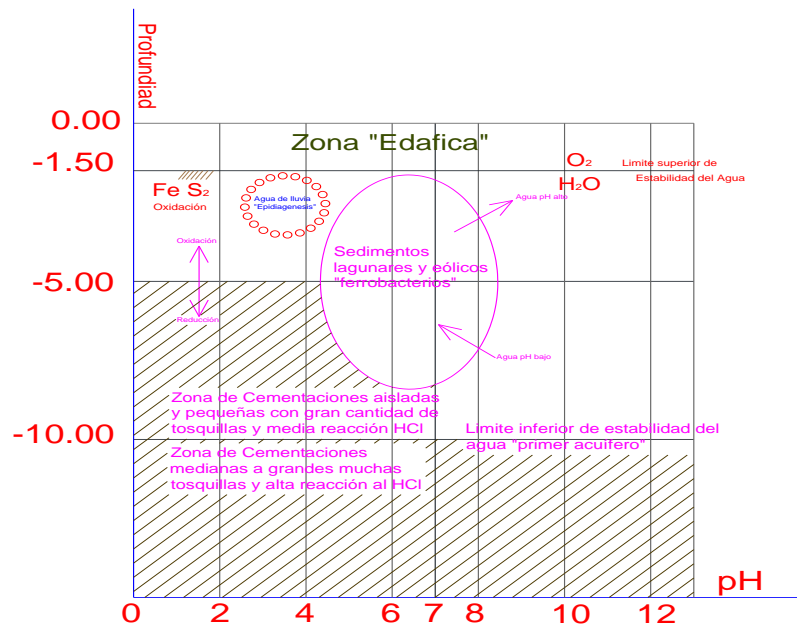
Esta capacidad de cambio catiónico, nos permite visualizar suelos Montmoriloníticos (más alta capacidad de cambio), suelos Caolíníticos (más débil capacidad de cambio) y Suelos Illíticos (capacidad de cambio medio), en estratos superiores se observan suelos Illíticos, y a medida de profundizamos aparecen suelos Caolíníticos, estos suelos saturados, nos presentan plasticidad más alta en arcillas Na y plasticidades más bajas en arcillas Ca.

Se inician en los bordes de los limos, cambios de K^+ por Ca^{++} y Mg^{++} .



Al aumentar la presión se disuelve Si^{++++} en los suelos con líquido intersticial de pH alto y migran precipitándose en los de pH bajo.

Según lo descrito por Fairbridge en la bibliografía de Larsen y Chilingar [3]-1967, sucede lo siguiente:



Aparentemente un 10% de Si en forma de $\text{Si}(\text{OH})_4$, puede cementar suelos en forma muy efectiva, esta sílice, no visible está en la masa de las arcillas que rellenan los granos de limos, (con cementación o sin ella), y forman agregados difíciles de dispersar en los análisis granulométricos, son suelos de baja a media actividad en las arcillas, no se retraen ni se

hinchán, y aumentan su sensibilidad en forma notoria al ser remoldeados, lógicamente al aumentar el cementante (Si), el suelo es más resistente.-

Otro cementante que ha producido concreciones duras, es la cementación por carbonato de calcio, manifestada en la alta reacción al HCl que presentan los suelos loessicos pampeanos, especialmente por debajo de cota -5,00 metros, del nivel de suelo natural.-

Este cementante es menos efectivo que la sílice y así según Flach y otros (1969), un suelo puede perder hasta la mitad de su resistencia a compresión simple, si sumergido en agua, el contenido de CO_3Ca es menor al 40%, esto es lo que ocurre con los loess pampeanos, por encima de -5,00 metros de profundidad, donde el CO_3Ca es pobre y aparece con mucha mayor cantidad por debajo de cota -7,00 metros, (debajo de la primera capa impermeable de espesor variable, pequeño, donde aparece el primer acuífero local).

Las típicas “toscas” de nuestro suelo loessico pampeano, se estabilizan en cantidad y distribución por debajo de la cota del primer acuífero local (-7,00 metros).

Por ser esta planicie pampeana, una zona de precipitaciones medias anuales superiores a los 800 mm anuales, sucede que el carbonato de calcio es arrastrado (J.A. Gimenez Salas, J.L. De Justo Alpañez[2]-1975), pero tampoco estos cementantes se forman en climas desérticos, ya que es el efecto combinado de lluvia, evaporación y cambios de presiones parciales del anhídrido carbónico en los poros del suelo.

A medida que nos profundizamos (por debajo de -6,00 metros), el agua en general es menos ácida y la caliza se deposita en forma de concreciones, de allí que en la zona de “bajos naturales”, donde existían elementos lagunares permanentes, durante eras geológicas de cientos o miles de años, el agua normalmente al estar con alta alcanización, produjo importantes costras de concreciones y cementaciones, muy espesas, retrabajadas, mostrándonos en la actualidad, alta impermeabilización y barreras impermeables a procesos de inundaciones o excesos hídricos, en aguas superficiales.

Los suelos loessicos, ubicados en zonas de climas muy húmedos, presentan cementaciones y concreciones por efecto de sesquióxidos (hacia la zona de Pampa Húmeda- Sta. Fe y parte de Córdoba), allí la lixiviación es muy intensa y moviliza en general óxidos de hierro en forma coloidal.

La característica, en general, más acentuada en estos loess pampeanos, es su laterización (del latín later = ladrillo), con importantes concentraciones de hierro, aluminio, corroborado en el típico color “castaño rojizo” a “castaño pálido”, en zonas más profundas donde aumenta la concentración de alúmina y aparecen más abundancia de minerales arcillosos.

Las concreciones de limonita, también es propio de estos suelos limosos en presencia de arcillas distribuidas en su masa, el color pardo herrumbroso, en estos casos se agudiza a medida que nos profundizamos, al igual que un abundante cementado, debido a la mineralización de la roca madre constituida por hierro (Reid, 1875), producto organógenos (hierro de pantanos), propios del ambiente lagunar, eólico, que imperaba en esos procesos geológicos, y que recubrieron el suelo por encima de cota -5,00 metros, donde el proceso químico se caracterizó por los “ferrobacterios” de Winogradsky, que oxidaron el bicarbonato de hierro disuelto en las aguas y los componentes ferrosos orgánicos, transformándolos en hidratos férricos insolubles, que dio lugar a la formación de limonita.

4. Metodología utilizada

Los trabajos fueron realizados sobre muestras extraídas en campo a través de perforaciones, que permitieron obtener muestras alteradas e inalteradas, ya sea por procesos rotatorios de excavaciones o por calicatas a cielo abierto (en zonas donde el impedimento de las napas no limitó este tipo de extracción).

Las muestras fueron rotuladas, identificadas, y selladas convenientemente, para ser transportadas al Laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional – Regional Rafaela, donde se sometieron a los ensayos mecánicos de Permeabilidades, Consolidación, Triaxial, SPT, Humedades naturales y de ensayos, Proctor, Densidades naturales y de ensayos, Clasificación Unificada de los distintos estratos y a distintas profundidades, Corte Directo, todo sobre muestras alteradas o conformadas en Laboratorio.

También fuimos realizando paralelamente ensayos químicos, tanto sobre las concreciones encontradas, sobre la estructura másica del suelo, de los estratos encontrados a distintas profundidades, como del conjunto de la estructura macro que se encontró en la perforación y/o calicata obtenida en campo.

Los resultados incluyeron trabajos sobre una cantidad de muestras, estimadas como representativas, de la zona en estudio, un mínimo de 20 probetas, por zona elegida, y a una profundidad mínima de 15 metros, las zonas elegidas en esta primera instancia incluyeron unos 40 Ensayos totales.

A cada muestra, a nivel de estrato (cada metro de profundidad), se realizaron todos los Ensayos Mecánicos antes mencionados, y gran parte de los Ensayos Químicos, siguiendo el criterio que para estos se utilice un sistema de selección estadístico, que nos manifieste su representatividad, igual metodología se siguió para algunos ensayos mecánicos sobre algunos suelos representativos de la estructura general de la perforación y/o calicata obtenida.

El análisis de los resultados, son los descriptos anteriormente, y el tiempo transcurrido para las conclusiones obtenidas, ha sido de 2 años de trabajo de Investigación, incluido obtención de probetas en campo y trabajos en Laboratorio.

5. Conclusiones y recomendaciones

Para este tipo de suelo fino, que predomina en gran parte del territorio central de nuestra República Argentina, se recomienda como fundamental, estudiar su composición química, los elementos formadores del mismo, como su composición mineralógica, que permitirán deducir importantes conclusiones conjuntamente con los trabajos de campo y Laboratorio, desde una óptica mecánica (lo que se realiza normalmente en los Estudios de Suelos), es decir optar conjugar los resultados obtenidos mecánicamente, con los resultados de las reacciones químicas, y observaciones de sus partículas para determinar propiedades que puedan cambiar notoriamente parámetros como la permeabilidad, la resistencia al corte, la conductibilidad, la consolidación, y con ello observar claramente el papel que juegan los distintos tipos de arcilla que intervienen en ellos.- Entendemos que estos estudios deberán en lo sucesivo, continuar con los parámetros antes definidos y ser motivos de análisis e investigación de futuros Ingenieros Civiles, Geólogos, Ambientalistas, Ing. Agrónomos etc, que usen como elemento de trabajo la Litósfera.

6. Referencias

[1] Bruneto, M.N. Iriondo – Neotectónica en la Pampa Norte (Argentina). CIC y TTP-Conicet, España, Diamante (E. Ríos) y Paraná (E. Ríos)- 2007

- [2] Jimenez Salas, J.L. de Justo Alpañez – Geotecnia y Cimientos, tomos I, II, III – Editorial Rueda – Madrid - 1981
- [3] Luis I. Gonzalez de Vallejo – Mercedes Ferrer – Luis Ortuño – Carlos Oteo – Ingeniería Geológica – Ed. Prentice Hall – Madrid – 2002
- [4] A. Lizcano, M.C. Herrera y J.C. Santamarina – Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia – Año 2006 – Revista Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil – Vol. 6 (2) 167
- [5] Ingeniería Ambiental – Sustentabilidad y Diseño – James R. Mihelcic – Julie B. Zimmerman – Ed. Alfaomega - 2012



III CADI
IX CAEDI
2016



INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA EN DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS PARA OBRAS DE INGENIERÍA

Sanmarco, José M.; Gulotta, José L.; Costa, Walter D.; Arce, Leopoldo J., Departamento Académico de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, jsanmar@unse.edu.ar, jgulotta@unse.edu.ar

Sanmarco, Guillermo Luis, Departamento Académico de Estructura y Construcciones, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero

Taborda Alejandro, Guzmán Rodrigo, estudiantes, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, UNSE

Resumen— Este trabajo se halla enmarcado dentro de lo que se está ejecutando en un Proyecto de Investigación aprobado en el CICyT-UNSE, denominado “Determinaciones del coeficiente de refracción en el medio ambiente santiaguense”.

Partimos de la consideración de que en todo tipo de obras de ingeniería, en mayor o menor medida, se deben realizar determinaciones de posiciones planialtimétricas, (longitudes, ángulos, desniveles), y con ellas o basados en ellas, se obtienen otros datos o se realizan determinaciones (superficies, volúmenes) estas determinaciones topográficas son mayormente realizadas con equaltímetros y en la actualidad con el instrumental denominado Estación Total.

Se las realiza y utiliza tanto en la etapa de levantamientos topográficos como en las de replanteo, importantes también para certificaciones.

El fenómeno de refracción atmosférica, se presenta en todo momento de la vida diaria y todos los instrumentos topográficos que utilizan anteojos se ven afectados por ella y los instrumentos que realizan determinaciones electrónicas también, estos presentan un valor de coeficiente de refracción por defecto de 0,13, (promedio de trabajos empíricos efectuados en otras latitudes), pero que probablemente no sea el real al momento de efectuar las determinaciones, por lo que se estimó que resultaría útil conocer su variación y como afectan las determinaciones posicionales de cotas o desniveles y los datos que de ellas se desprenden o llevan a la obra.

Palabras clave— obra, instrumental topográfico, refracción atmosférica.

1. Introducción

En las obras civiles, se emplean métodos y procedimientos de la Topografía constantemente, ello se presenta tanto en los trabajos previos, como durante su ejecución y también en las etapas finales del mismo.

Los instrumentos topográficos, tanto los equialtímetros como los teodolitos y estaciones totales, emplean visuales que se materializan a través de un anteojo, las visuales que por ellos se dirigen hacia los puntos observados y/o replanteados, están afectadas por ciertos valores; en el caso particular del proyecto de investigación que se efectúa, el mismo se halla avocado a determinar la variación del coeficiente de refracción, particularmente el estudio en esta etapa en aledaños de la ciudad de Santiago del Estero (ver figura 5). Como se mencionó las visuales, cruzan la atmosfera y esta influye sobre el rayo visual, y la atmosfera no es homogénea, ni en sus diversos lugares ni en distintos horarios, varía en función de la temperatura, presión atmosférica, vapor de agua, polución, etc. A mayor altura menor densidad atmosférica en términos generales. Todo esto produce una variación en la refracción atmosférica y en el coeficiente de refracción.

Se ha buscado determinar como varía el mismo en diversos días, y en diversos horarios y aquí planteado, con diversos instrumentos para efectuar una análisis final para estación total, muy usado en obras de ingeniería y como podría afectar las determinaciones de cotas y/o desniveles que por ellos se realizan.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales/instrumental

En el marco del Proyecto y Trabajo, se cuenta con el instrumental disponible de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, el mismo se halla utilizable en el Laboratorio de Agrimensura. Se procedió a determinar el instrumental favorable y luego a verificar la situación de ellos en general y particular

A partir de allí, se decidió la utilización del siguiente instrumental topográfico:

Estación Total KOLIDA KTS-445, considerada como una estación total estándar, razonando más probable su uso por parte de un profesional particular o empresa constructora.

Nivel digital, TRIMBLE ND con mira de código de barras.

Como se muestran en figuras 1 y 2 utilizados en el lugar de trabajo.



Figura 1. Estación Total KOLIDA y su utilización en Pilar de observación



Figura 2. Nivel digital Trimble y su utilización en estación de enlace.

2.2. Materiales/Pilares de observación

Lugar y conformación

Para la realización de las mediciones se buscó determinar el lugar más conveniente desde un análisis de varios factores.

No determinante para un proyecto, pero sí desde su origen, costo del instrumental y su poca o nula posibilidad de reposición por la institución en caso de rotura, pérdida o robo, se buscó seguridad. Pero esta fundamentalmente para asegurarse que los pilares de observación y señalamiento no sufran accidentes ni agresiones que motiven su reparación y/o en el peor de los casos su reposición, que afectaría el desarrollo del trabajo.

Si bien las mediciones podrían realizarse buscando criterios de relevancia topográfica del terreno, ello no es necesario para este caso, mas aun puede ser un inconveniente.

En esta instancia y en base a estas premisas, se eligió para desarrollar el trabajo la Sede Zanjón de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias en la localidad de El Zanjón, Departamento Capital (se observa en figura 3).



Figura 3. Imagen de disposición de pilares de observación

Conformación de los pilares de observación

Se efectúan mediciones sobre puntos fijos constituidos por pilares de centrado forzoso. En base a bibliografía y criterios de los integrantes del grupo de investigación se desarrollaron con características especiales.

En función de ellas se definió la construcción de los mismos como se muestra en figura 4.

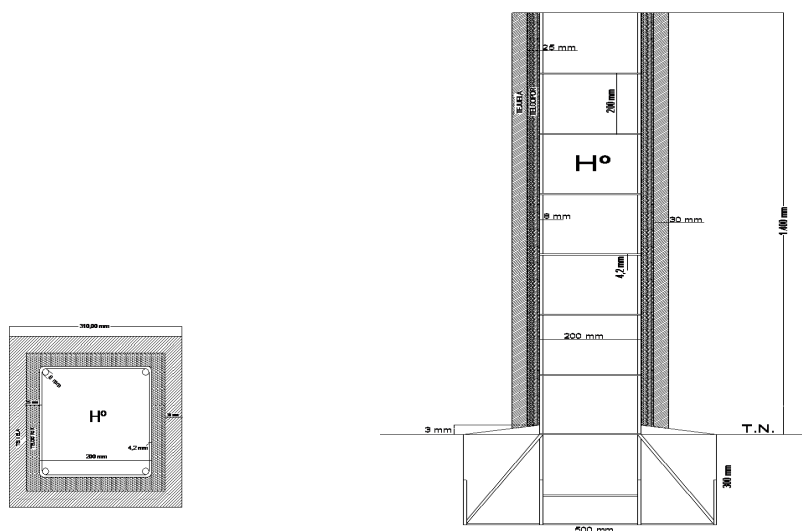


Figura 4. Detalles constructivos de Pilares de observación

La construcción fue con una estructura de hierro anclada en una base de hormigón y recubierto exteriormente por una plancha de telgopor que actuara como aislante térmico y posteriormente se realizó un recubrimiento con ladrillos comunes, como se observa en la figura 5.



Figura 5. Etapa de construcción de Pilares.

Con dispositivos de centrado forzoso, que fueron instalados antes del vaciado final de Hormigón, y adaptadores para instrumentos, señales y/o prismas, con roscas protectoras de los centradores forzosos, como se observa en figuras 6.



Figura 6. Centradores y adaptador.

2.3. Métodos

2.3.1. Determinación de desniveles

Aquí se ha planteado proceder con metodologías diferentes para los cálculos alimétricos. Por una parte se han realizado determinaciones con equialtímetro mediante (a) nivelación geométrica y por otra se han realizado las mismas (b) mediante estación total equivalentes a una nivelación trigonométrica.

En el caso de la nivelación geométrica (a) se ha trabajado con el nivel digital Trimble. En todas las determinaciones se trabajó con el método del punto medio para evitar en los resultados la influencia del error de curvatura terrestre y de refracción de la visual.

La estación total (b) utilizada, presenta un valor de coeficiente de refracción atmosférica por defecto, este valor de K, que puede en algunas de ellas, según sus características, motivadas (entre otros aspectos) por antigüedad y precio, aceptar modificaciones entre valores preestablecidos (2 valores, en la utilizada, como se observa en figura 7), o colocarse el valor (como en una estación Trimble disponible en la Facultad, no utilizada), pero solo entre parámetros aceptados por el instrumento, se podría adecuar si se tuviera información, y se desea saber cuánto afectaría su variación, presentando en particular el caso de las estaciones totales, con las cuales se resuelven muchas obras civiles.

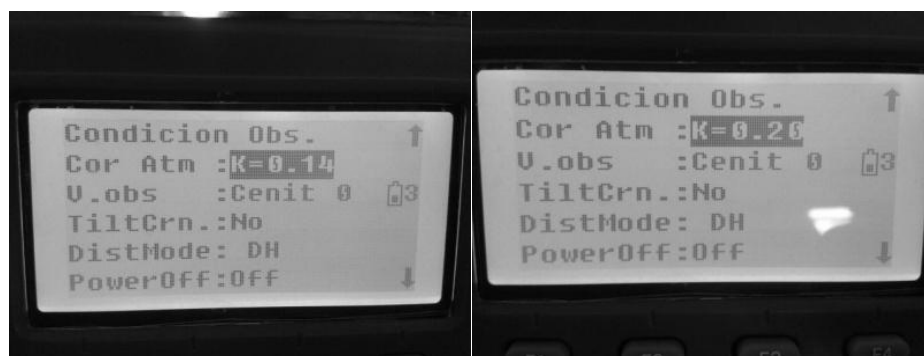


Figura 7. Display mostrando 2 opciones de K.

Con el método de nivelación simultanea y reciproca se puede evitar al influencia de los errores de curvatura y refracción, pero considerando que en los trabajos que se realizan en obra, por practicidad o rapidez o porque es la única forma posible, se utiliza determinaciones de punto extremo o radiales, es que usamos este método.

Para determinar el desnivel entre dos puntos mediante el método de Nivelación Trigonométrica en donde es necesario conocer la distancia horizontal y el ángulo vertical entre los puntos sobre los que se desea calcular el desnivel se expresa mediante la formula (1)

$$\Delta H_{AB} = D_{AB} \cdot \tan \alpha + (1-K) \frac{D^2}{2R} \quad (1)$$

El segundo término del sumando corresponde a la corrección que se realiza en la determinación del desnivel producto de los efectos conjuntos de refracción y esfericidad terrestre.

2.3.2. Comparación de desniveles con equialtímetro y estación total

Se procede a usar el valor obtenido con nivelación geométrica, que es de mayor exactitud y precisión y que obtenemos contrastada, para compararlo con el valor obtenido para el desnivel con la estación total.

2.3.3. Análisis teórico de error en la estación total

Se procede a un análisis teórico de los errores que se pueden producir al trabajar con una estación total, con un método de punto extremo o radiación, (que no elimina influencia de error por refracción atmosférica) determinando un error (incertidumbre) posible en alturas, y analizarlo en consideración y en conjunto con el error que se produciría por efecto del coeficiente de refracción atmosférica. Haciendo cálculos con el valor obtenido de coeficiente de refracción atmosférica en el proyecto de investigación.

También se analiza este error posible en función de la comparación de 2.3.2.

3. Resultados y Discusión

Como valor promedio de mediciones en nivelación geométrica con nivel digital, tomado como valor de comparación, y cotejado con el obtenido con estación total, la diferencia en la determinación del desnivel es de 5,6cm.

En nuestro proyecto de investigación partimos de valores conocidos de K que fluctúan de 0,08 a 0,20, y que se toman valores promedio de 0,13. Y mediante las observaciones realizadas en alrededores de la ciudad de Santiago del Estero, en nuestra Base de Observación y con método de nivelación trigonométrica simultanea y reciproca con planteos y formulas de bibliografía tradicional [1], que permite el cálculo del coeficiente de refracción atmosférica, obtuvimos un valor de K de 1,8, Este valor difiere de los normalmente enunciados en bibliografía clásica [1], pero ha sido corroborado con valores asimilables en la bibliografía de Del Bianco [2]. Por ello lo utilizamos como un valor diferente y mayor del coeficiente de refracción.

Se presentan las siguientes consideraciones y cálculos

Estación Total Kolida Mod KTS- 445:

Indeterminación en el ángulo vertical = $\pm 5''$

Indeterminación en la distancia = $\pm 3 \text{ mm}$

di = $\pm 2 \text{ cm}$

dz' = $\pm 3''$

Para una distancia de D= 350 m y un ángulo de elevación de $\alpha = 00^\circ 05' 00''$

Tendremos, mediante el empleo de la fórmula (1) un

$\Delta H_{AB} = 0,516 \text{ m}$ con un K = 0,20

$\Delta H_{AB} = 0,501$ m con un $K = 1,8$

Diferencia = 1,5 cm

El segundo componente de la fórmula es la que cuantifica los valores correspondientes a los efectos de refracción y esfericidad con las cifras anteriores nos da un valor de:

$$(1-K) \frac{D^2}{2R} = +7,69 \text{ mm con un } K = 0,2$$

$$(1-K) \frac{D^2}{2R} = -7,69 \text{ mm con un } K = 1,8$$

Si se varía el ángulo vertical la diferencia se mantiene en un orden de 1,5 cm para uno u otro valor de K , similar resultado surge si lo que se varía es la distancia.

Con una Estación estándar como la utilizada en este cálculo se estima que para esos valores angulares y en esa distancia la indeterminación en el valor sería del orden de los ± 3 cm.

El valor para la influencia por error de refracción con coeficiente de refracción K de 1,8 sería de $K \cdot \frac{D^2}{2R} = 1,7$ cm.

Considerando que los errores, pueden ser de signo positivo y/o negativo, en el caso de que se produjesen en el mismo sentido, sumando todos ellos, podía llegar a valores de 4 a 5 cm.

4. Conclusiones y recomendaciones

El error, se halla dentro de los valores que en función de incertidumbre lineal y angular en sus determinaciones, mas incertidumbres en la determinación de altura de instrumento, y de prisma, se calcula teóricamente para la estación total.

Como se enunció, los valores de errores propios de instrumento que pueden ser de signo positivo o negativo, mas las indeterminaciones positivas o negativas en determinaciones de altura de instrumento y prisma, aunados al error por coeficiente de refracción atmosférica, podrían llevar en caso de ser coincidentes en su sentido a errores de medio decímetro. Como en esta distancia planteada.

En nuestro caso, en la comparativa que se realizó con un método más preciso y exacto como nivelación geométrica, se ha obtenido una diferencia de 5,6cm. Ello podría ser una corroboración de los cálculos efectuados para errores.

En función de esto y recalando que el proyecto de investigación se halla en desarrollo y se debe continuar con las determinaciones, enunciamos que en determinadas circunstancias el valor del coeficiente de refracción atmosférica puede ser diferente (mayor) de lo expresado en bibliografía clásica y que aun puede superar parámetros preestablecidos en el instrumental topográfico muy usado en obras civiles como es la estación total (desde las más sencillas y económicas), tomando valores que hacen considerable su influencia en las determinaciones altimétricas que requieren exactitud para la obra.

Sería necesario en las determinaciones altimétricas para obra, poner cuidado en emplear métodos que eliminen la influencia del error de refracción atmosférica (y curvatura terrestre) o calcular y corregir su influencia en los resultados.

El proyecto continuará a fin de corroborar los valores obtenidos y determinar diferentes variaciones del coeficiente de refracción atmosférica y en diferentes lugares y la necesidad o no de considerar su influencia.

5. Referencias

- [1] DOMINGUEZ GARCIA TEJERO, F. *Topografía General y Aplicada*, Dossat, España.
- [2] DEL BIANCO, A. (2201). *Notas de clase – Topometría y Microgeodesia*. Córdoba: FCEFYN Universidad Nacional de Córdoba. Pag 152



III CADI
IX CAEDI
2016



INCIDENCIA DE LA DENSIDAD DE PUNTOS EN MODELOS DE TRANSFORMACIÓN DE ALTURAS PARA OBTENER COTAS APLICABLES EN OBRAS DE INGENIERÍA

José Eduardo Goldar, Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, jegoldar@unse.edu.ar

Daniel Alberto Sandez, Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, danielsandez@yahoo.com.ar

Gonzalo Norberto Gerez, Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, gongerez@gmail.com

Resumen— Los modelos de ondulaciones geoidales son indispensables cuando se pretende transformar alturas elipsoidales determinadas por posicionamiento satelital, a cotas aplicables a obras de ingeniería.

En este trabajo se analiza la incidencia que tiene la densidad de puntos, utilizados como información de base en la generación de modelos de ondulaciones geoidales con dichos propósitos, debido a las grandes dificultades de acceder a los mismos, al menos en Santiago del Estero.

Se generaron modelos a partir de cincuenta (50), ochenta (80) y ciento once (111) puntos sobre una misma extensión territorial en la provincia, cubriendo aproximadamente 137.000 km². Los puntos datos para el modelado corresponden, básicamente a puntos de la red nacional de nivelación; más otros obtenidos mediante nivelación geométrica de precisión apoyados en los primeros, sobre los que se determinó la altura elipsoidal. Para la generación de los modelos, se utilizan diferentes métodos de interpolación, cuyos resultados se comparan mediante los estadísticos que se obtiene de someter a un proceso de validación cruzada, a cada modelo

Del ensayo con 5 métodos de interpolación, para cada conjunto de 50, 80 y 111 puntos respectivamente, se analizó la incidencia de la variación de la densidad de puntos, para una misma superficie, con el objetivo final de la generación de modelos de transformación de alturas aplicables a obras de ingeniería.

Palabras clave— *ondulación geoidal, GPS, cotas.*

1. Introducción

A partir del año 2005, se comienza a trabajar en el Dpto. de Agrimensura dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad de Santiago del Estero (F.C.E.yT.-U.N.S.E.), en la temática del modelado de la superficie geoidal; donde se generaron las bases para la obtención de los datos necesarios, a través de distintos proyectos

de investigación aprobados y financiados por el Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICyT-UNSE). De esta manera, a partir de la mayor cantidad de información de base que se iba incrementando a través del tiempo, se hizo posible ir desarrollando los diversos ensayos de generación de modelos de ondulaciones geoidales a escala provincial.

Básicamente, la obtención del modelo, se remite a la aplicación de la conocida ecuación aproximada de la ondulación geoidal N:

$$H = h + N \quad (1)$$

Donde, conocidas ambas alturas: “H”, altura s.n.m.m. y “h”, altura elipsoidal, se obtenga valores de N medidos puntualmente, a partir de lo cual sea factible interpolar un valor de N en cualquier lugar de la provincia. Luego, solo con determinar una altura elipsoidal h mediante posicionamiento satelital, podrá calcularse la altura s.n.m.m., con la ecuación (1), ya que la misma puede considerarse como válida, despreciando el desvío de la vertical dado que este es un valor muy pequeño (nunca se encontró un valor que supere los 30”) [1]. Esto permitiría usar la altimetría satelital, entre otros fines, para proyectos de obras civiles, siempre dentro de la precisión requeridas para estas tareas.

Para la generación de estos modelos, se remite a la interpolación de valores discretos de puntos de los que se conoce ambas alturas, cota (altura s.n.m.m.) y altura elipsoidal, y así se han ubicado puntos, ya sea dentro del territorio provincial y en provincias limítrofes, de los cuales se conocía alguna de las dos alturas y se les determinó la otra, en función de la ubicación y practicidad de las tareas.

Una vez obtenidos los datos necesarios, se ensayaron los modelos de interpolación mediante la aplicación de cinco métodos, los cuales fueron definidos como los más óptimos de utilizarse [2]; de tal manera de determinar la incidencia de la densidad de puntos utilizados para la obtención de los modelos, cuando los generamos a partir de 50, 80 y 111 puntos, siendo esta última cantidad la totalidad con los que se cuenta hasta el momento, distribuidos a lo largo del territorio provincial.

2. Materiales y Métodos

En lo referente a la obtención de puntos de doble altura, consideramos en primer lugar la alternativa más accesible, tratar de ubicar los puntos fijos (PF) pertenecientes a las diferentes líneas de la Red Altimétrica de precisión, medidas oportunamente por el hoy Instituto Geográfico Nacional (IGN), dentro del territorio provincial. Paralelamente, se utilizó también, nivelaciones de precisión realizadas con distintos fines y vinculadas a los PF del IGN.

La otra alternativa, para el caso de Santiago del Estero, era proveer de altura s.n.m.m. a los puntos pertenecientes a la Red GPS de Referencia Cartográfica y Catastral de la provincia [3]. Dicha red, que en un sentido estricto, es una malla de polígonos, consta de un total de 55 vértices repartidos en todo el territorio, a una distancia promedio de 50 km entre ellos. La misma está vinculada, a través de 7 puntos comunes, a POSGAR '94, marco de referencia oficial de la época, dado que fue diseñada y ejecutada en el año 1997 por el Departamento de Agrimensura de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE, en el marco de un convenio con la Dirección General de Catastro (DGC) de la provincia.

Para la generación de los modelos, los datos utilizados se recopilaron sistemáticamente a lo largo del tiempo, en el desarrollo de los proyectos de investigación antes mencionados, llegándose a la fecha a 111 puntos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Puntos generadores.

Nº	Punto	Ondulación Medida (N)	Nº	Punto	Ondulación Medida (N)
1	Tucumán (198)	29,370	57	501	24,770
2	San Antonio (171)	26,980	58	502	25,700
3	Santiago (184)	25,470	59	503	25,050
4	Quimili (195)	24,574	60	504	25,440
5	Hoyon (178)	26,431	61	505	25,140
6	Rapelli (203)	28,080	62	506	25,530
7	Monte Quemado (206)	26,319	63	507	25,920
8	Colonia Dora	26,998	64	MISKI	25,370
9	Joaquín V. Gonzalez (212)	28,341	65	CURVA	25,410
10	Campo Gallo (200)	23,511	66	PUENTE	25,210
11	Taco Pozo (209)	26,282	67	AGUIRRE	25,160
12	San Pedro (183)	28,040	68	PF 2	24,674
13	CC3	26,714	69	PF 3	24,683
14	CC 4	26,677	70	PF 4	24,668
15	CC 6	26,695	71	PF 5	24,678
16	CC 7	26,604	72	PF 6	24,671
17	CC 9	26,554	73	PF 7	25,108
18	CC10	26,703	74	PF 8	24,951
19	CC 11	26,657	75	PF 9	24,899
20	CN 1	26,710	76	PF 10	24,797
21	CN 3	26,744	77	PF 11	24,836
22	CN 6	26,719	78	PF 12	24,824
23	CN8	26,754	79	PF 13	24,798
24	CN 10	26,781	80	PF 14	24,772
25	CN 11	26,828	81	PF 15	24,901
26	CN 13	26,841	82	PF 16	24,823
27	CN 15	26,904	83	PF 17	24,794
28	CN 16	26,799	84	PF 18	25,246
29	CN18	26,856	85	EDBO	28,721
30	CN 20	26,901	86	1-SAMP	29,162
31	CD 1	26,620	87	4-CAPI	26,163

32	CD 2	26,824	88	7-LORE	25,664
33	CD3	26,774	89	12-SUNC	24,739
34	CD 4	26,724	90	32-QUIM	25,033
35	CD 5	26,805	91	49-ESPE	29,410
36	CD 6	26,797	92	CD-TO06 Añatuya	29,274
37	CD 7	26,166	93	CD-TO09 Añatuya	29,251
38	CD 8	26,240	94	CD-TO11 Añatuya	29,472
39	CD 9	26,358	95	CD-TO04 Añatuya	27,094
40	CD 10	26,420	96	AN-VM01 Añatuya	27,106
41	CD 11-CC17	26,590	97	PF1 N323 (Campo Gallo)	22,931
42	RBSL	25,060	98	PF14 141-A	25,661
43	487	24,800	99	PF15 141-A	25,590
44	488	24,590	100	PF16 141-A	25,463
45	489	25,090	101	PF17 141-A	25,381
46	490	25,060	102	PF1 N183 Libertad	25,230
47	491	25,080	103	PF12 N182	24,577
48	492	25,100	104	PF20 N182	24,532
49	493	24,920	105	PF7 N198 (Clodomira)	25,150
50	494	25,580	106	PF 1-N182 H. Reg.	24,828
51	495	25,150	107	N°31 N303 (S. Corral)	23,820
52	496	25,270	108	RMTO=PASMA06-010	24,179
53	497	25,230	109	KM40	23,667
54	498	25,750	110	CRES	22,187
55	499	25,600	111	MINE	22,079
56	500	25,620			

Fuente: elaboración propia

Los puntos datos se agrupan de la siguiente manera:

2.1 Puntos con Alturas Sobre el Nivel Medio del Mar

Los puntos de cota conocida que se pudieron ubicar pueden clasificarse en tres grupos:

1° Grupo: En primer lugar los nodales de la red nacional de primer orden. En este caso, se ubicaron los ocho que se encuentran dentro del territorio provincial, más cuatro de los ubicados en provincias vecinas que se encuentran cercanos a los límites de Santiago del Estero, como ser el de San Miguel de Tucumán, San Antonio de La Paz en Catamarca, Joaquín V. González en Salta y Taco Pozo en la provincia de Chaco. En total doce nodales.

2° Grupo: Estos puntos totalizan once y corresponden a los puntos fijos de las distintas líneas

de nivelación del IGN que atraviesan el territorio provincial. Estos, fueron buscados, identificados y georreferenciados, como parte de las actividades de los proyectos de investigación arriba mencionados. Estos puntos fueron los más difíciles de ubicar, ya que sus monumentaciones datan de los años 60 al 80, siguiendo caminos y rutas que ya no existen o que han cambiado sustancialmente su traza. Por esta razón muchos de estos puntos fueron removidos durante las tareas de ensanchamiento y/o asfaltado, o bien quedaron ocultos por el monte en lugares donde los caminos cambiaron de traza o quedaron en desuso, siendo una tarea muchas veces infructuosa tratar de ubicar su posición, aun con el empleo de toda la tecnología satelital actual, con excepción de algunos ubicados dentro de las ciudades.

Los receptores GPS utilizados para la georreferenciación de los puntos fueron:

- receptor Thales Navigation modelo Mobile Mapper que se utiliza como base (estación de referencia). El equipo se completa con un receptor Astech ProMark II que se utiliza de rotador. Este equipo tiene una precisión nominal en altura de $20 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.
- receptores GPS Trimble modelo R6, geodésicos de doble frecuencia y con una precisión nominal para levantamientos GNSS, en vertical, de $3,5 \text{ mm} + 0,4 \text{ ppm}$.

Los periodos de observación fueron de 40 minutos hasta 2 horas para el caso de los nodales.



Figura 1. Receptor Mobile Mapper.

3° Grupo: Aquí se detallan las líneas de nivelación geométrica de precisión vinculadas a puntos de la red nacional, las cuales fueron realizadas con algún objetivo particular, dentro o fuera de los proyectos de investigación mencionados. Así, se presentan:

- Los 26 PF de una línea de 25 km de longitud nivelada en el año 2000, en simultáneo con las mediciones para el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur, de aquella época, hoy para las Américas (SIRGAS), con el objeto de dotar de cota al punto RBL5, perteneciente a dicha red y punto en común con POSGAR. Esta línea partió y cerró en el Nodal 184 y fue la base del primer estudio de ondulaciones geoidales en la provincia de Santiago del Estero.
- Los 17 puntos de una línea desarrollada en el marco del proyecto de ondulaciones en el año 2007, arrancando y cerrando en el PF N°1 de la línea N182, perteneciente a la red nacional de nivelación de primer orden del IGN.

Cabe señalar que estas nivelaciones de precisión, fueron efectuadas por el Dpto. de Agrimensura de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero en el marco de proyectos de investigación.

La ubicación de las redes arriba mencionadas se las puede observar en la siguiente Figura 2,



Figura 2. Ubicación de Puntos Fijos
Fuente: Edición propia sobre imagen de Google Earth

Para el caso de la vinculación a puntos de alturas sobre el nivel medio del mar conocidos se utilizó el siguiente instrumental:

- nivel automático Zeiss Ni2 (Figura 3) con equipo complementario de placas plano-paralelas (PPP). Este dispositivo permite una lectura directa al mm y apreciación de 0,1 mm, con miras estándar de escala centimétrica.
- nivel digital Trimble DiNi, con una precisión nominal de 0,7 mm/km para miras estándar con escala codificada.

La técnica operativa fue la de medición en itinerarios de nivelación en ida y vuelta.



Figura 3. Nivel automático Zeiss Ni2.

- También se presentan 29 PF seleccionados de una red de nivelación local, materializados por marcas colocadas en las obras de arte de canales de riego y de drenaje, con una distancia entre puntos que no supera los 2 km, conformando tres itinerarios de unos 17 km (ver figura 4). Los puntos de cada línea se identifican según sean del canal Norte (CN), canal de La Cuarteada (CC) o canal de drenaje (CD). En cada una de estas líneas se realizó una nivelación geométrica de precisión,

conformando itinerarios cerrados de puntos que se encuentran vinculados al PF N°7 de la Línea N198, de la red de primer orden. Esta red se utilizó para el desarrollo de un modelo local de ondulaciones en la zona Banda-Clodomira.

Para este caso se trabajó con un nivel automático Wild NAK1 de 1 cm de lectura directa y apreciación de 1 mm, con miras estándar de escala centimétrica.

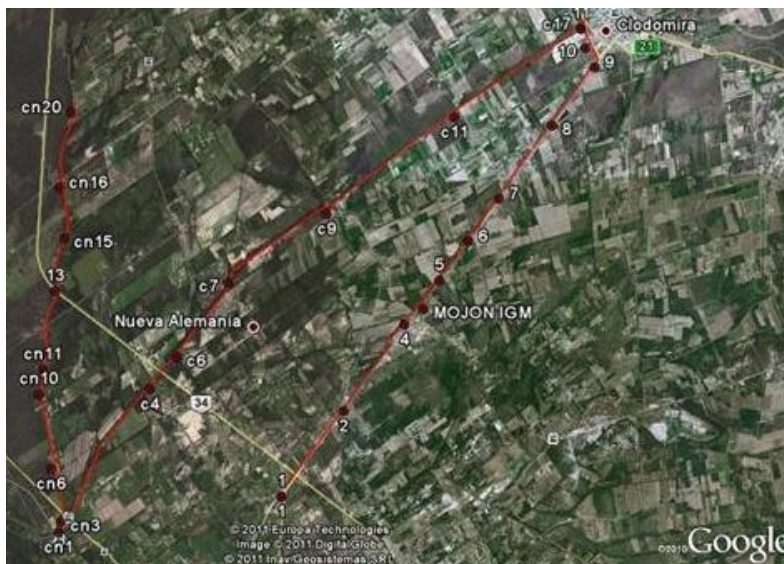


Figura 4. Ubicación de puntos sobre Canales.

Fuente: Edición propia sobre imagen de Google Earth

- Finalmente se mencionan como parte del tercer grupo, los 5 puntos que pudieron ubicarse, y que forman parte de una red de nivelación, medida por la Universidad Nacional del Litoral, para el acueducto Santa Fe-Santiago del Estero.

Estas dos últimas nivelaciones mencionadas corresponden, como ya se dijo, a trabajos efectuados con otros fines, pero que permitió la utilización de los datos de puntos de cota conocida para aplicación en los trabajos de investigación sobre el modelo de transformación de alturas a escala provincial.

2.2 Puntos con Alturas Elipsoidales

Para el caso de puntos de altura conocida sobre el elipsoide de referencia, si bien se contaba con los 55 puntos de la red de referencia enunciada, resultó sumamente difícil ubicar puntos fijos de la red nacional de nivelación, cercanos a los mismos, a fin de realizar la vinculación altimétrica correspondiente. Habiendo establecido un rango máximo de búsqueda de 10 km, solamente se pudieron vincular 7 puntos de la red de referencia cartográfica catastral de la provincia. Cabe señalar que la red catastral está vinculada a POSGAR 94 y el punto EDBO es común con dicha red. Por ello, las coordenadas de estos puntos fueron transformadas a POSGAR 07, utilizando los parámetros propuestos por Rodríguez [4].

Finalmente se menciona, los 4 puntos pertenecientes a la Red POSGAR 07 que figuraban con cota disponible en la página del IGN.

En la figura 5 se presenta un corte de imagen con la ubicación de los 111 puntos que se utilizaron en los ensayos. Los puntos provenientes de la Red Nacional de nivelación se destacan en color rojo, los nodales con un cuadrado y los PF con círculos. Los puntos de las nivelaciones efectuadas por la UNSE, (Figura 2), se representan con círculos verdes. Por su parte los puntos de la red catastral vinculados a PF del IGN se representan en triángulos blancos. Los cuatro puntos destacados con un cuadrado azul, corresponden a vértices cercanos

a los límites de la provincia, pertenecientes a la red POSGAR 07 (marco de referencia actual de la Argentina) y que como se mencionó anteriormente, figuran con cota disponible. Estas alturas, así como todas las cotas de nodales y PF fueron aportes del IGN. En círculos azules se representan los puntos fijos de los canales (Figura 4) y en círculos blancos los PF del acueducto Santa Fe-Santiago del Estero.

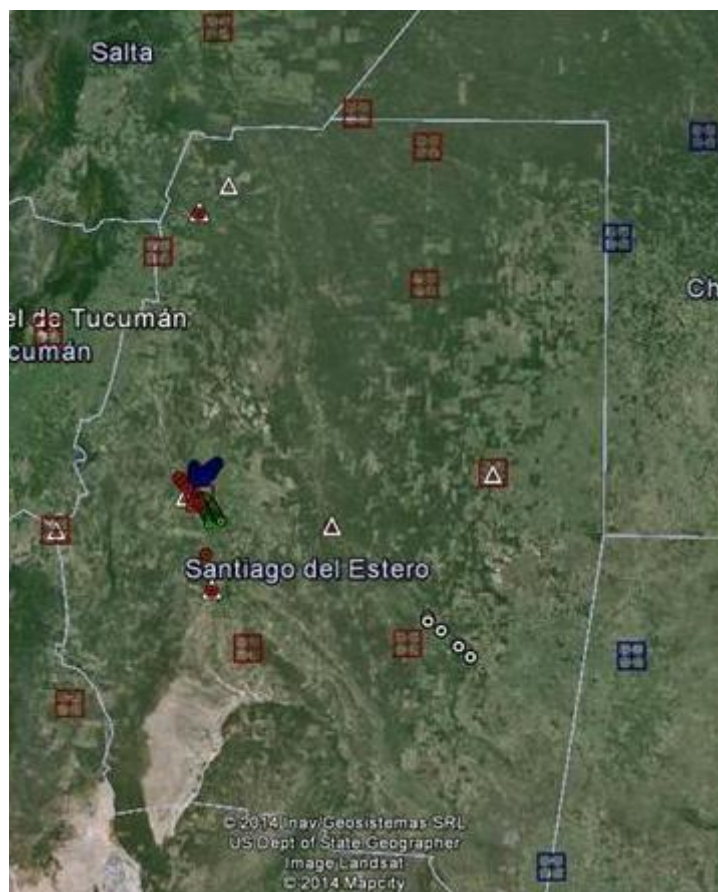


Figura 5. Ubicación relativa del total de puntos fijos generadores de los modelos.

Fuente: Edición propia sobre imagen de Google Earth

2.3 Sobre la Calidad de los Modelos

La calidad de un modelo de ondulaciones, expresada por su precisión, para una determinada zona de estudio, depende de las siguientes variables:

- la precisión lograda en la obtención de las alturas que intervienen en el cálculo de la ondulación puntual;
- la densidad y distribución geográfica de los puntos con ondulación conocida;
- y la calidad de la interpolación.

De estos tres elementos que hacen a la calidad de un modelo de transformación de alturas, haremos hincapié en la densidad de los puntos utilizados para su generación. Por lo tanto, para poder evaluar su incidencia nos apoyaremos en los resultados obtenidos analizando la calidad de la interpolación a partir de observar los resultados de esta última a partir de tres grupos de puntos: 50, 80 y 111. Ya que en definitiva, según Goldar [2], cualquier mejora en el proceso de interpolación aumentará la precisión del modelo generado.

2.4 Calidad de la Interpolación

Para determinar la calidad de interpolación se llevaron a cabo diferentes ensayos entre los años 2013 y 2015 donde se buscó establecer el o los métodos óptimos y las mejores combinaciones de parámetros de interpolación dentro de cada método.

Esto se logró a partir de que para todos los ensayos de interpolación efectuados, se ejecutó la validación de los resultados de cada interpolación realizada mediante la aplicación de dos metodologías: “validación Cruzada dejando uno afuera” y “Tabla de aprendizaje y tabla de prueba”. Esto permitió definir en cada caso, los estadísticos representativos de los resultados producidos por cada ensayo, a fin de comparar e interpretar los mismos.

Cabe señalar que todas los ensayos se desarrollaron con el software SURFER® 10 de Golden Software, Inc.

De esta manera, se determinaron los 5 métodos óptimos para utilizarse en la generación de modelos de transformación de alturas para nuestro caso; es decir, teniendo en cuenta la cantidad de puntos con las que se cuenta, su distribución, y una zona de planicie como la de la provincia de Santiago del Estero.

De los once métodos de interpolación que ofrece el software SURFER® 10, los definidos como los 5 óptimos y con los cuales se llevaron a cabo las diferentes pruebas, fueron:

1. Vecino más Cercano,
2. Promedios Ponderados por Inversa de la Distancia,
3. Triangulación con Interpolación Lineal,
4. Vecino Natural,
5. Mínima Curvatura.

Tabla 2. Métodos de interpolación.

Métodos	Parámetros
Vecino más Cercano	Elipse de búsqueda R1=R2=70000 ángulo 0°
Promedios Ponderados por Inversa de la Distancia	Potencia 2 Factor de Suavizado 0 Razón de anisotropía 1 Dirección de anisotropía 0°
Triangulación con Interpolación Lineal	Razón de anisotropía 1 Dirección de anisotropía 0°
Vecino Natural	Razón de anisotropía 1 Dirección de anisotropía 0°
Mínima Curvatura	factor de relajación 1 tensión límite 0,5 tension interna 0,5

Fuente: elaboración propia

Para los ensayos con el objetivo de determinar la incidencia de la densidad de puntos, se aplicó la metodología de validación denominada “Validación cruzada dejando uno afuera” LOOCV por su acrónimo en inglés (leave one out cross validation), dado que este presenta la ventaja de que la estimación del error es mucho más estable, sin la tendencia a la sobrestimación del enfoque tabla de aprendizaje y tabla de prueba [5].

Del reporte de validación cruzada, que muestra todos los estadísticos que arrojo dicho proceso, se seleccionó los más representativos de los resultados e indicadores de la calidad del modelo evaluado:

- errores estándar de la estimación de la variable modelada Z (ondulación geoidal en este caso) con su correspondiente coeficiente de variación u oscilación y
- errores estándar de los residuales de la estimación.

Por ello, estos estadísticos en el orden enunciado, se emplearon para evaluar y determinar cómo incide la variación de la densidad de puntos utilizados, en la obtención de los distintos modelos de interpolación; a partir de considerar diferentes cantidades de ellos 50, 80 y 111.

3. Resultados y Discusión

En la tabla siguiente, se muestra los resultados obtenidos, es decir, los valores de errores estándar y su correspondiente coeficiente de variación para los cinco métodos utilizados, para cada conjunto de puntos datos.

Tabla 3. Resultados.

Métodos	50 Puntos		80 Puntos		111 Puntos	
	Error estándar de variable	Error estándar de residuales	Error estándar de variable	Error estándar de residuales	Error estándar de variable	Error estándar de residuales
Vecino más cercano	0,229	0,109	0,159	0,068	0,124	0,055
Promedios ponderados por inversa de la distancia	0,149	0,186	0,115	0,113	0,093	0,085
Triangulación con interpolación lineal	0,211	0,109	0,151	0,061	0,117	0,048
Vecino natural	0,197	0,109	0,146	0,059	0,114	0,048
Mínima curvatura	0,207	0,090	0,144	0,062	0,117	0,047

Fuente: elaboración propia

En primer lugar, si se analiza las variaciones por método de interpolación utilizado, observamos que en general, la utilización de cualquiera de ellos definidos con anterioridad como los más óptimos, no muestran grandes diferencias entre los valores de errores obtenidos para un mismo grupo de puntos. Salvo el método, “promedio ponderados por inversa de la distancia” que muestra menor valor de error estándar, que los otros métodos, pero mayor valor de los errores residuales, lo cual indica que con este método la superficie solo ajusta bien en las cercanías de los datos.

Luego, si se observa los valores de errores obtenidos en relación a los tres grupos de puntos utilizados en la obtención de los modelos, 50, 80 y 111 puntos; se advierte una disminución del error, acentuada al principio, es decir, al pasar de 50 a 80, de 5 cm aproximadamente; y

menos acentuada al pasar de 80 a 111 puntos utilizados, de alrededor de 2 cm. Esto se da, más o menos de la misma manera para los cinco métodos utilizados, y resultando para el caso de los 111 puntos utilizados, que los errores tienden a uniformarse alrededor de los 11 cm.

4. Conclusiones y recomendaciones

A la vista de los resultados obtenidos, y del análisis arriba mencionado, podemos concluir en primera instancia, que el uso de cualquiera de los métodos, definidos como óptimos, es recomendable, con excepción de Promedios Ponderados por Inversa de la Distancia que no sería conveniente cuando se utiliza menos de 100 puntos.

En segundo lugar, y como era de esperar, la incidencia de la densidad de puntos utilizados para la obtención de los modelos, valorada en función de los errores obtenidos en la interpolación correspondiente a cada método, va mejorando en función de la mayor cantidad de puntos utilizados, pero yendo de mayor a menor, siendo de más incidencia cuando pasamos de 50 a 80, que de 80 a 111 puntos, donde observamos que los errores tienden a uniformarse alrededor de los 11 cm.

Por lo expuesto, para trabajos futuros donde el objeto sea modelos de transformación de alturas dentro del decímetro, habrá que incrementar el número y mejorar la distribución geométrica de los puntos, dentro del territorio de la provincia de Santiago del Estero. Esto, permitiría, no solo determinar de manera más precisa la incidencia de la densidad de los puntos utilizados en la generación de los modelos de transformación de alturas para una misma superficie; sino que mejoraría la precisión de los modelos actuales.

Por otra parte, con esta información adicional, se podrá establecer una relación entre número, distribución de puntos y precisión de los modelos resultantes; lo cual permitiría, a su vez, optimizar el proceso de obtención de puntos datos conforme a los requerimientos de precisión de cada caso. En consecuencia se obtendría un gran ahorro en la producción de los datos, que es el proceso que involucra la mayor inversión de recursos, tanto humanos como económicos.

De esta manera, se podría contar con un modelo de transformación de alturas que nos permita la utilización de la altimetría satelital para ejecución de cada vez más tareas dentro de los proyectos de obras civiles, en virtud de que mejorando el grado de aplicabilidad de los modelos, en términos de precisión, se podría abarcar más tareas y/o etapas de una obra de ingeniería.

Finalmente, en la figura siguiente (Figura 6), se muestra, a manera de ejemplo, uno de los modelos obtenidos hasta el momento.

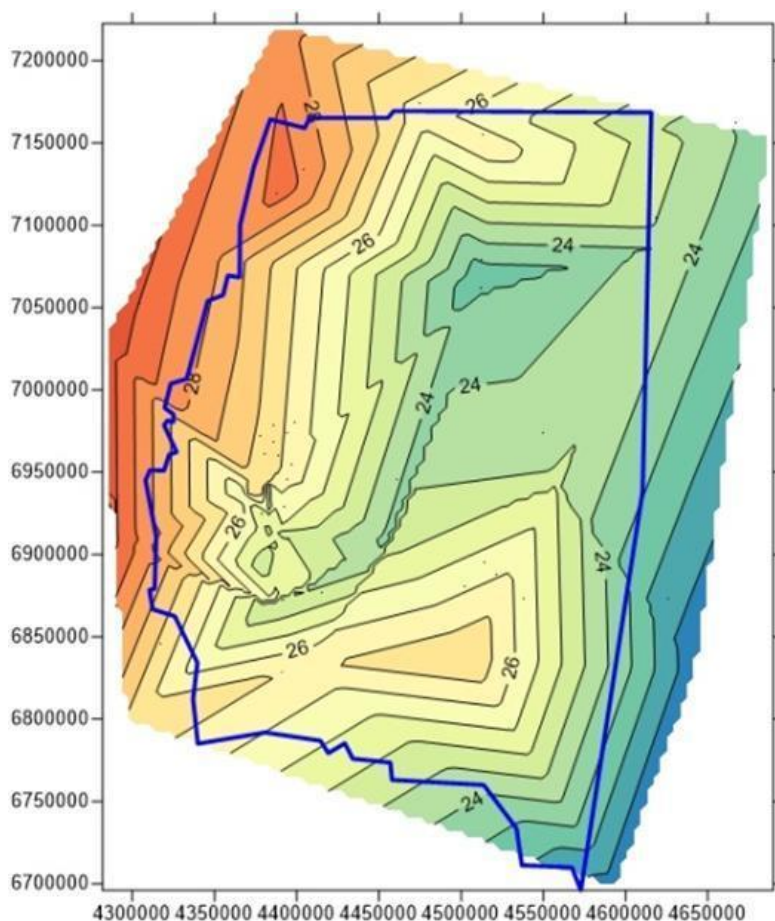


Figura 6. Mapa de isolíneas de ondulación del geoide para Santiago del Estero
Fuente: elaboración propia

5. Referencias

- [1] HUERTA, E.; MANGIATERRA, A.; NOGUERA, G. (2005). *GPS Posicionamiento satelital* 1º Ed. Rosario, Argentina, 138p.
- [2] GOLDAR E. (2015) *Optimización del proceso de interpolación en modelos de ondulaciones de la superficie geoidal para Santiago del Estero*. Tesis Doctoral. Catamarca, Argentina. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas; Universidad Nacional de Catamarca, 186p.
- [3] YANICELLI, R.; GOLDAR, E.; COSTA, W.; GULOTTA, J. (1998). “Red GPS de referencia cartografica y catastral para la provincia de Santiago del Estero”. *V Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra*. Santiago de Chile, Chile.
- [4] RODRIGUEZ, R. (2012). *Marco de referencia geodésico argentino. Geodesia y cartografía*. Disponible en: <http://geonotas.blogspot.com.ar/2010/05/marco-de-referencia.html>
- [5] RODRIGUEZ, O. (2014). “Validación Cruzada (cross-validation) y Remuestreo (bootstrapping)”. Disponible en: http://www.oldemarrodriguez.com/yahoo_site_admin/assets/docs/Presentaci%C3%B3n_-_CV.293124233.pdf

Empresas y Servicios de Ingeniería





III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

MEJORA EN LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SCOR

María Emilia Spina, Facultad de Ingeniería, UNICEN, spinaemilia@gmail.com

Claudia A. Rohvein, Facultad de Ingeniería, UNICEN, crohvein@fio.unicen.edu.ar

Diana Paravié, Facultad de Ingeniería, UNICEN, dparavie@fio.unicen.edu.ar

Silvia Urrutia, Facultad de Ingeniería, UNICEN, surrutia@fio.unicen.edu.ar

Geraldina Roark, Facultad de Ingeniería, UNICEN, groark@fio.unicen.edu.ar

Resumen— Actualmente las organizaciones buscan mejorar su desempeño integrándose con proveedores y clientes al trabajar sobre la cadena de suministro. Para estudiar y mejorar su actuación es fundamental buscar herramientas que permitan un trato integral. Una acertada opción es el modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR) diseñado por el Supply Chain Council. El mismo, es una herramienta estratégica que presenta ventajas como, terminología unificada, procesos estandarizados, indicadores de desempeño asociados a cada proceso y flexibilidad para adaptarse a cada organización. Para poner en funcionamiento el modelo SCOR es fundamental primero, identificar la cadena de suministro y la categoría de cada proceso; luego, definir los indicadores y las mejores prácticas para cada configuración. El presente trabajo muestra las ventajas de implementar el modelo SCOR, los pasos necesarios para ello y los aspectos fundamentales para que el proceso sea exitoso.

Palabras clave— *cadena de suministro, SCOR, indicadores.*

1. Introducción

Hoy en día, para sobrevivir y tener éxito en entornos más agresivos, a las organizaciones no les basta con mejorar sus operaciones en la cadena de valor, ni su desempeño hacia el interior de la empresa, sino que es necesario ir más allá de sus propias fronteras. Se hace necesario lograr la integración tanto con proveedores como con clientes, es decir, trabajar sobre la cadena de suministro. [1], [2]

Muchas cadenas de suministro (CS) carecen de un desempeño adecuado debido, entre otros aspectos, a la falta de integración y coordinación en sus procesos, por carecer de técnicas de gestión logística que faciliten su diseño y gestión, obviando integraciones necesarias entre sus elementos, además de que no se encuentra definido el despliegue adecuado de los objetivos estratégicos de la organización a través de los procesos en la cadena de suministro, por lo que se desconoce su contribución al rumbo estratégico de la entidad y dificulta el análisis y control del cumplimiento de dichos objetivos así como la toma de decisiones. Además se genera gran cantidad de información en forma de indicadores que en ocasiones es irrelevante y sin una adecuada coherencia con los objetivos de los procesos clave, provocando pérdidas de tiempo y esfuerzos innecesarios reflejándose luego en la elevación de sus costos y en el

servicio brindado. En otros casos, la falta de indicadores hace que no se cuente con la información apropiada para la toma de decisiones, resultando en una mala gestión. [3]

Al ser un tema que cada día gana mayor importancia en la gestión empresarial, existen varios modelos para evaluar y administrar eficientemente la denominada cadena de suministro. La medición será fundamental para conocer cuantitativamente el comportamiento de la cadena de suministro. Lambert et. al., 2001 [4] reconocen que un punto crítico en la evaluación del desempeño de una compañía y de su cadena de suministro es la elección de los indicadores más apropiados para cada caso ya que de su análisis se detectarán las áreas factibles de mejora que les permitan tener éxito competitivo.

El buen desempeño de la totalidad de la cadena de suministro es fundamental para cualquier industria, por ello es necesario buscar enfoques innovadores que beneficien conjuntamente a todos sus actores. De esta necesidad es que surge la oportunidad de utilizar el modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR) diseñado por el Supply Chain Council [5].

El objetivo del presente trabajo es mostrar las ventajas de implementar el modelo SCOR, los pasos necesarios para ello y los aspectos fundamentales para que el proceso sea exitoso.

2. Desarrollo

2.1 El modelo SCOR

El modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR) fue creado en 1996 por el Supply Chain Council Inc. (SCC), una organización independiente sin fines de lucro. La SCC define al SCOR como un modelo estándar basado en una estructura que permite enlazar procesos logísticos, procesos de reingeniería, indicadores de desempeño, benchmarking, mejores prácticas y tecnologías dentro de la cadena de suministro, lo cual busca mejorar su gestión y la relación entre sus actores [5].

El modelo SCOR se ha desarrollado para describir las actividades de negocio asociados a todas las fases de la satisfacción de la demanda de un cliente. El modelo en sí contiene varias secciones y se organiza en torno a los cinco procesos de gestión primarias: Planificación, Abastecimiento, Producción, Distribución, y Retorno como se muestra en la figura 1. Mediante la descripción de las cadenas de suministro utilizando estos bloques de construcción de procesos, el modelo puede ser usado para describir las cadenas de suministro, sean estas muy simples o muy complejas, utilizando un conjunto común de definiciones. Como resultado, las industrias pueden describir la profundidad y amplitud de virtualmente cualquier cadena de suministro. Los cinco procesos integrados ofrecen una visión clara del verdadero proceso de principio a fin de la cadena de suministros y apoya optimizaciones dentro y a través de la empresa de escala arbitraria.

En cuanto al desempeño de la CS, SCOR trabaja con dos tipos de elementos: los atributos de desempeño y las métricas. Los primeros son utilizados para expresar una estrategia y SCOR identifica cinco atributos de la CS: fiabilidad, capacidad de respuesta, agilidad, costos y gestión de activos. Las métricas proporcionan la base para medir el éxito en el logro de los objetivos deseados.

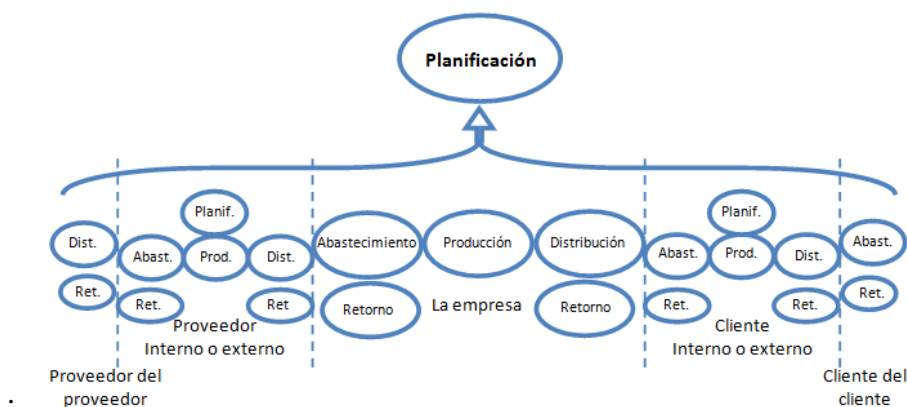


Figura 1. Cinco grandes procesos en los que se organiza SCOR. Fuente: SCC, 2008.

Respecto a las definiciones de los atributos, fiabilidad se refiere a la capacidad para realizar tareas como se esperaba, capacidad de respuesta describe la velocidad a la que se realizan las tareas, agilidad representa la capacidad de responder a las influencias externas y a la capacidad de cambiar, costos refiere el costo de operación del proceso y gestión de activos describe la capacidad de utilizar de manera eficiente los activos.

Consecuentemente, el modelo SCOR es una herramienta estratégica que presenta múltiples ventajas, destacándose entre ellas que:

- Unifica la terminología
- Estandariza los procesos
- Abarca toda la cadena de suministro, permitiendo tener una visión global
- Permite implementar indicadores de desempeño asociados a cada proceso para determinar el estado de situación actual
- Permite un análisis desde los aspectos más generales a los más particulares
- Es flexible, por lo que su adaptación a cada organización de la cadena de suministro es sencilla
- Facilita la comparación con las mejores organizaciones de su clase (Benchmarking)
- Permite identificar procesos a mejorar
- Define las mejores prácticas que se pueden implementar
- Permite priorizar los proyectos de mejora de acuerdo a las capacidades que son generadoras de ventajas competitivas.

2.2 Pasos para su aplicación

Para poner en funcionamiento el modelo SCOR es fundamental definir cada uno de los elementos que formarán parte del mismo. Esto consiste en identificar la cadena de suministro y la categoría de cada proceso, definir los indicadores y las mejores prácticas para cada configuración.

En cuanto a la cadena de suministro, se debe evaluar el alcance, ya sea la CS acotada o involucrando al proveedor del proveedor y al cliente del cliente. Una vez que se identifica como está conformada la cadena, se pasa a trabajar sobre los procesos involucrados.

Dado que cada una de las métricas debe ir asociada a un proceso, es fundamental definir los que realmente se realizan en la CS.

El nivel 1 o nivel superior, contiene cinco procesos básicos de gestión. El primero, planificación, corresponde al plan de acción que tiene por objetivo balancear los recursos con los requerimientos de la empresa, para cubrir la demanda en un horizonte de tiempo más largo. Abastecimiento o compra de los bienes o servicios es el proceso que permite cumplir lo estipulado en la planeación. Comprende la adquisición, entrega, recibo y transferencia de las materias primas, productos sub ensamblados, productos terminados y servicios. Incluye ingeniería para órdenes de producto, inventarios y cumplimiento de órdenes. La producción comprende la elaboración y/o transformación de las materias primas hasta su estado final. En la distribución se entregan los bienes o servicios para satisfacer la demanda y cumplir el plan. Finalmente, los retornos son los procesos para devolver un material considerado defectuoso, los mismos pueden ser desde los clientes hacia la organización o desde la organización hacia los proveedores.

El nivel 2 o nivel de configuración, considera las diferentes categorías de procesos que se visualizan en la tabla 1.

En el nivel 3 o nivel de elementos de procesos, se descomponen los procesos en sus elementos constituyentes, se definen las métricas y las mejores prácticas. El detalle correspondiente a este nivel no se abarca debido a la extensión de su tratamiento.

Tabla 1. Descripción de los niveles de proceso

Nivel 1	Nivel 2
Planificación (P)	Planificación de la cadena de suministro (P1)
	Planificación del abastecimiento (P2)
	Planificación de la producción (P3)
	Planificación de la distribución (P4)
	Planificación del retorno (P5)
Abastecimiento (S)	Abastecer para stock (S1)
	Abastecer para pedido (S2)
	Abastecer productos a diseño (S3)
Producción (M)	Producción para stock (M1)
	Producción para pedido (M2)
	Producción productos a diseño (M3)
Distribución (D)	Distribución de producto en stock (D1)
	Distribución a pedido (D2)
	Distribución productos a diseño (D3)
	Distribución productos a minoristas (D4)
Retorno a proveedor (SR)	Retorno de productos defectuosos (SR1)
	Retorno productos para mantenimiento, reparación o reacondicionamiento (SR2)
	Retorno de productos en exceso

	(SR3)
	Retorno de productos defectuosos (DR1)
Retorno de cliente (DR)	Retorno productos para mantenimiento, reparación o reacondicionamiento (DR2)
	Retorno de productos en exceso (DR3)

Fuente: Supply Chain Council, 2008.

En lo que se refiere a indicadores, el modelo trabaja en tres niveles:

- Nivel 1: son diagnósticos para la salud general de la cadena de suministro. Estas métricas son también conocidas como indicadores estratégicos y los indicadores clave de rendimiento (KPI). La evaluación comparativa del nivel 1 de métricas ayuda a establecer objetivos realistas que apoyan los objetivos estratégicos.
- Nivel 2: sirven como agentes de diagnóstico para el nivel 1. La relación de diagnóstico ayuda a identificar la causa o causas de una brecha de desempeño para una métrica de nivel 1.
- Nivel 3: sirven como agentes de diagnóstico para el nivel 2 métricas.

Cada uno de los niveles asociados responde a su vez a los distintos atributos de desempeño. A modo de ejemplo en la tabla 2 se enumeran los indicadores de primer nivel y en las tablas 3 y 4 se amplía el detalle de los indicadores del nivel 2 para el atributo fiabilidad y repuesta respectivamente.

Tabla 2. Indicadores de nivel 1

Indicador	Atributo de desempeño
Cumplimiento de la orden perfecta	Fiabilidad
Cumplimiento del tiempo de ciclo de la orden	Respuesta
Flexibilidad de la cadena de suministro	Agilidad
Adaptabilidad de la cadena de suministro (hacia arriba)	Agilidad
Adaptabilidad de la cadena de suministro (hacia abajo)	Agilidad
Costo de la gestión de la cadena de suministro	Costos
Costo de ventas	Costos
Tiempo de ciclo Cash-to-cash	Gestión de activos
Rendimiento de los activos fijos de la cadena de suministro	Gestión de activos
Rendimiento del capital de trabajo	Gestión de activos

Fuente: Supply Chain Council, 2008.

Tabla N° 3: Indicadores nivel 1 y 2 asociados al atributo de fiabilidad

Nivel 1	Nivel 2
	Fb.2.1 % de los pedidos entregados en su totalidad
Fb.1.1 Cumplimiento de la orden perfecta	Fb.2.2 Cumplimiento de la entrega al cliente en fecha
	Fb.2.3 Exactitud de la documentación
	Fb.2.4 Condición perfecta

Fuente: Elaboración propia basado en Supply Chain Council, 2008.

Tabla N° 3: Indicadores nivel 1 y 2 asociados al atributo de respuesta

Nivel 1	Nivel 2
Rp.1.1 Cumplimiento del tiempo de ciclo de la orden	Rp.2.1 Tiempo de ciclo del abastecimiento
	Rp.2.2 Tiempo de ciclo de la producción
	Rp.2.3 Tiempo de ciclo de la distribución
	Rp.2.4 Tiempo de ciclo de la distribución minorista

Fuente: Elaboración propia basado en Supply Chain Council, 2008.

2.3 Metodología de implementación, evaluación y seguimiento

Para que la implementación del modelo SCOR sea exitosa, se deberán tener en cuenta diferentes aspectos a la hora de llevar a cabo su puesta en marcha. Para ello a continuación se detallan las distintas etapas a tener en cuenta. Según el Supply Chain Council la aplicación del modelo SCOR requiere un plazo de seis meses a tres años.

- Definición del proyecto:

Esta etapa se inicia con la decisión de las empresas involucradas en implementar el modelo. A partir de allí es fundamental lograr el compromiso de todas las partes involucradas en el proceso, como así también la comunicación de los pasos a seguir.

Aquí también se definirá el alcance que tendrá el modelo con respecto a la cadena de suministro y los procesos que se analizarán. Las empresas que han usado el SCOR han creado un Comité de Alto Nivel para el análisis de todo el proceso ya sea implementación, evaluación o seguimiento.

- Análisis de la situación actual y planteo de objetivos:

En esta etapa se trabajará con los procesos estándares del modelo y con las métricas definidas para los distintos niveles empezando desde el nivel más general (nivel 1) a los más específicos (nivel 3).

Se deberá realizar un mapa de los procesos que componen la cadena de suministro, con sus respectivas localizaciones geográficas. Luego se analizará los indicadores asociados a cada proceso, de manera de identificar los puntos más débiles de la cadena de suministro, así como las oportunidades de mejora.

Las empresas deben considerar realizar un análisis comparativo con las mejores de su sector de tal manera de definir a donde se quiere llegar.

- Implementación de mejoras:

Con la etapa 2 culminada, es el momento de establecer sobre qué procesos se va a trabajar o a que atributos de desempeño se le quiere dar más relevancia de acuerdo a la estrategia de la cadena de suministro.

Para determinar qué mejoras se pueden llevar a cabo, se analizarán las mejores prácticas para el proceso en cuestión, derivando en diferentes proyectos, que podrán ser a corto, mediano o largo plazo. A cada uno de los proyectos se les dará una prioridad y se comenzará como una prueba piloto.

Esta etapa culminará con la reingeniería o rediseño de los procesos de la cadena de suministro de tal manera de cumplir los objetivos previstos.

- Evaluación y seguimiento:

Una vez que se ha comenzado con la implementación de un proyecto piloto, este se debe evaluar de acuerdo a las métricas correspondientes al proceso a mejorar. Si el proyecto arroja buenos resultados, se hará extensivo a toda la cadena de suministro.

Una vez implementada la mejora, el ciclo no concluye, sino que se retroalimenta. Por tal motivo se debe continuar con la labor de medición y evaluación, volviendo a la segunda etapa “Análisis de la situación actual y planteo de objetivos”.

3. Conclusiones

Dada la diversidad de debilidades que pueden presentarse en las empresas y la variedad de herramientas para solucionarlas, hace que la aplicación simultánea sea compleja de llevar a cabo. Por lo cual, aquellos instrumentos que permitan el trato integral y sean flexibles serán los más efectivos. Al buscar herramientas que permitan alcanzar este cometido, se observa que ya no basta con mejorar las operaciones o el desempeño hacia el interior de la empresa, sino que se debe ir más allá. Para lograr esto, se deja de focalizar en la organización propiamente dicha y se avanza hacia la cadena de suministro.

En este sentido, el modelo SCOR presenta múltiples ventajas, como estandarizar la terminología y los procesos de la CS usando indicadores de desempeño para comparar y analizar diferentes alternativas y estrategias de cada parte de la CS y del total de ella.

La gestión de la cadena de suministro no implica mejorar procesos de forma independiente, sino ver todas las empresas como una sola y busca alcanzar un beneficio global. Este concepto incluye tres dimensiones: una dimensión estratégica, donde es necesario que exista una coordinación de las organizaciones de la CS en pos de lograr una visión sistémica; una dimensión táctica, que implica visualizar los flujos como procesos y entenderlos como secuencias de actividades que cruzan horizontalmente más de una organización; y una dimensión operativa, que involucra tareas operacionales como almacenar, producir o distribuir, realizadas en forma interna en coordinación con otras organizaciones o mediante otras organizaciones externas.

4. Referencias

- [1] LI, S., RAGU-NATHAN, B., RAGU-NATHAN, T. S., Y RAO, S. S. The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega*, Vol. 34, N° 2, pág. 107-124. 2006.
- [2] TAN, K. C., KANNAN, V. R., HANDFIELD, R. B., & GHOSH, S. Supply chain management: An empirical study of its impact on performance. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, N° 9/10, pág. 1034-1052. 1999.
- [3] DÍAZ CURBELO A., MARRERO DELGADO F. El modelo SCOR y el Balance Scorecard: una poderosa combinación intangible para la gestión empresarial. 2014. *Revista Científica Visión de Futuro*. Vol. 18, N° 1, pág. 36-57. 2014.
- [4] LAMBERT, D. Y POHLEN, T. Supply chain metrics. *International Journal of Logistics Management*. Vol. 12, N° 1. 2001.
- [5] Supply Chain Council Inc. SCOR. Supply Chain Operations Reference Model 9.0. 2008. Estados Unidos.

IMPLEMENTACION DE LA GESTION DE LA CALIDAD EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ENVASES

Germán Rossetti, Fac. de Ing. Qca., UNL, groseti@fiq.unl.edu.ar

Melisa De Greef, Fac. de Ing. Qca., UNL, melisadegreef@gmail.com

Leticia Arcusin, Fac. de Ing. Qca., UNL, larcusin@fiq.unl.edu.ar

Resumen— Actualmente las pequeñas y medianas empresas se enfrentan a una serie de problemas, ya sean organizacionales, funcionales, financieros, etc. Por lo tanto, resulta muy importante reducir los riesgos que se corren al afrontar la realización de proyectos en las mismas, ya que no existen demasiados márgenes para obtener pérdidas ya sea de imagen y prestigio en el mercado como así también desde el punto de vista financiero.

El objetivo del presente trabajo es implementar y/o mejorar la gestión de la calidad, en una empresa gráfica dedicada básicamente a la fabricación de envases de cartulina, tomando como referencia los estándares establecidos para la gestión de proyectos existentes en la bibliografía especializada. Para alcanzar dicho objetivo se analiza la información de procedimientos y la experiencia ofrecida por los expertos de la empresa. Luego, como resultado de este análisis, se proponen herramientas y formatos que permiten establecer una metodología para la implementación de la gestión de la calidad estandarizada en la empresa bajo estudio.

Palabras clave— *gestión, calidad, proyecto, PyME.*

1. Introducción

Las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) se enfrentan a una serie de problemas, ya sean organizacionales, funcionales, financieros, etc. Por lo tanto, resulta muy importante reducir los riesgos que se corren al afrontar la realización de proyectos en las mismas, ya que no existen demasiados márgenes para obtener pérdidas, ya sea de imagen y prestigio en el mercado como así también desde el punto de vista financiero.

El presente trabajo se lleva a cabo en una empresa productora de envases de cartulina que se encuadra dentro de la clasificación PyMEs. En dicha empresa se elaboran envases a solicitud de sus clientes, es decir que cada envase resulta ser un nuevo producto para la firma. Por lo tanto, para llevar a cabo la fabricación de cada envase, la empresa debe proceder aplicando los procedimientos y herramientas de la gestión de proyectos.

La gestión de proyectos es el proceso de combinar sistemas, técnicas y personas para completar un proyecto dentro de las metas establecidas de tiempo, presupuesto y calidad. Una medida que se puede adoptar para mitigar los problemas mencionados, es la optimización del proceso de gestión de proyectos, ya que beneficia a la empresa en los siguientes aspectos: (i) se maximiza la eficiencia de la empresa: identificando las responsabilidades para el cumplimiento de la misión de la empresa y proponiendo mejoras en los procesos, con ahorros

en tiempos y costos, (ii) se coordinan los recursos en forma más eficiente ya sean internos y/o externos, (iii) se mejora la comunicación en la empresa, fijando objetivos que facilitan el trabajo en equipo, la definición de prioridades y, principalmente, la transferencia de conocimientos entre departamentos y (iv) se asegura la calidad al cliente [1].

Por su parte, el Project Management Institute (en adelante, PMI) define la gestión de proyectos como “La aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La aplicación de conocimientos requiere de la dirección eficaz de los procesos apropiados” [2]. La dirección correcta de proyectos se logra mediante la aplicación e integración adecuada de los procesos que la conforman. Los proyectos existen en el marco de referencia de una empresa y no deben operar como un sistema aislado de la misma [3]. Requieren datos de entrada procedentes de la organización y del exterior, y producen resultados e información para una mejor dirección de futuros proyectos [4, 5].

Los procesos de dirección de proyectos garantizan que el proyecto avance de manera eficaz durante toda su existencia. Se aplican globalmente y a todos los grupos de industrias. Se ha demostrado que éstos aumentan las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. Esto no significa que para todos los proyectos los conocimientos, habilidades y procesos descriptos deban aplicarse de la misma manera.

Los procesos de dirección de proyectos pueden agruparse en cinco categorías, cuentan con dependencias bien definidas y en general se los ejecuta en la misma secuencia en cada proyecto. Además, son independientes de las áreas de aplicación y del enfoque de las industrias. Estos cinco grupos son: 1) Grupo de procesos de iniciación: sirven para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, 2) Grupo de procesos de planificación: requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir los pasos a seguir para alcanzar las metas del proyecto, 3) Grupo de procesos de ejecución: realizados para completar el trabajo definido en el plan de dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo, 4) Grupo de procesos de seguimiento y control: útiles para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y desempeño del proyecto, identificar áreas en las que el plan requiere cambios e iniciarlos en caso de que corresponda y 5) Grupo de procesos de cierre: necesarios para finalizar las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

Se debe destacar que todos los procesos de las áreas de conocimiento son representados con el mismo formato: (i) Entradas: es cualquier elemento, interno o externo del proyecto, que sea requerido por un proceso antes de que el mismo continúe. Puede ser el resultado de un proceso predecesor, (ii) Herramientas: es algo tangible, como una plantilla o un programa de software, utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado, (iii) Técnicas: es un procedimiento sistemático definido y utilizado por una persona para realizar una actividad y producir un producto o resultado, o prestar un servicio. Las técnicas pueden emplear una o más herramientas y (iv) Salidas: es un producto, resultado o servicio generado por un proceso. Puede ser un dato inicial para un proceso sucesor.

Con respecto a los procesos de Gestión de la Calidad del Proyecto, estos incluyen todas las actividades de la organización ejecutante que determinan las políticas, los objetivos y las responsabilidades relativos a la calidad de modo que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales se emprendió. Los procesos de Gestión de la Calidad del Proyecto incluyen lo siguiente:

- Planificación de Calidad: identificar qué normas de calidad son relevantes para el proyecto y determinando cómo satisfacerlas.

- Realizar Aseguramiento de Calidad: aplicar las actividades planificadas y sistemáticas relativas a la calidad, para asegurar que el proyecto utilice todos los procesos necesarios para cumplir con los requisitos.
- Realizar Control de Calidad: supervisar los resultados específicos del proyecto, para determinar si cumplen con las normas de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio.

La planificación de calidad implica identificar qué normas de calidad son relevantes para el proyecto y determinar cómo satisfacerlas. Es uno de los procesos clave a la hora de llevar a cabo el Grupo de Procesos de Planificación y durante el desarrollo del plan de gestión del proyecto, y debería realizarse de forma paralela a los demás procesos de planificación del proyecto. Uno de los principios fundamentales de la gestión de calidad moderna es: la calidad se planifica, se diseña e incorpora; no se incluye mediante inspección.

El objetivo del presente trabajo es implementar y/o mejorar la gestión de la calidad, en una empresa gráfica dedicada básicamente a la fabricación de envases de cartulina, tomando como referencia los estándares establecidos para la gestión de proyectos existentes en la bibliografía especializada. Para alcanzar dicho objetivo se analiza la información de procedimientos y la experiencia ofrecida por los expertos de la empresa. Luego, como resultado de este análisis, se proponen herramientas y formatos que permiten establecer una metodología para la implementación de la gestión de la calidad estandarizada en la empresa bajo estudio.

2. Descripción de la Empresa y del Proceso Productivo

La empresa bajo estudio es un taller gráfico radicado en la ciudad de Santa Fe, perteneciente al grupo de pequeñas y medianas empresas, dedicada a la impresión de envolturas de papel y a la fabricación de envases en cartulina. Cuenta con 80 empleados y sus instalaciones se distribuyen en dos edificaciones, una de aproximadamente 3400 m² en la que se emplazan las oficinas comerciales y depósitos de productos terminados, la otra es una nave de 18000 m² donde se encuentra la línea de producción, depósitos de materia prima, insumos, etc., y todas las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la misma.

La compañía provee productos confiables a sus clientes, gracias al control de insumos que ingresan a la planta, el uso de materias primas nacionales e importadas de calidad, el seguimiento total de los productos en todas las etapas del proceso productivo mediante el uso de mecanismos y herramientas de última generación, y servicios de pre y post venta. Asimismo, busca mejorar los sistemas productivos para colaborar con la preservación del medio ambiente.

La organización dispone de equipos de impresión offset multicolor de gran formato, troqueladoras automáticas con descartonado en línea y pegadoras de formato variable, versátiles y de alta producción, brindando así una amplia variedad de productos y una adecuada respuesta a la demanda de los clientes. A continuación se presentan las actividades que se realizan en la empresa: (i) fabricación de envases en cartulina, (ii) elaboración de microcorrugados y (iii) procedimientos de ennoblecimiento que permite ofrecer buena calidad gráfica en los envases, como ser aplicación de barnices, laminados, generación de relieves, etc. En la Figura 1 se observa el proceso de obtención del producto final a partir de la solicitud del cliente.

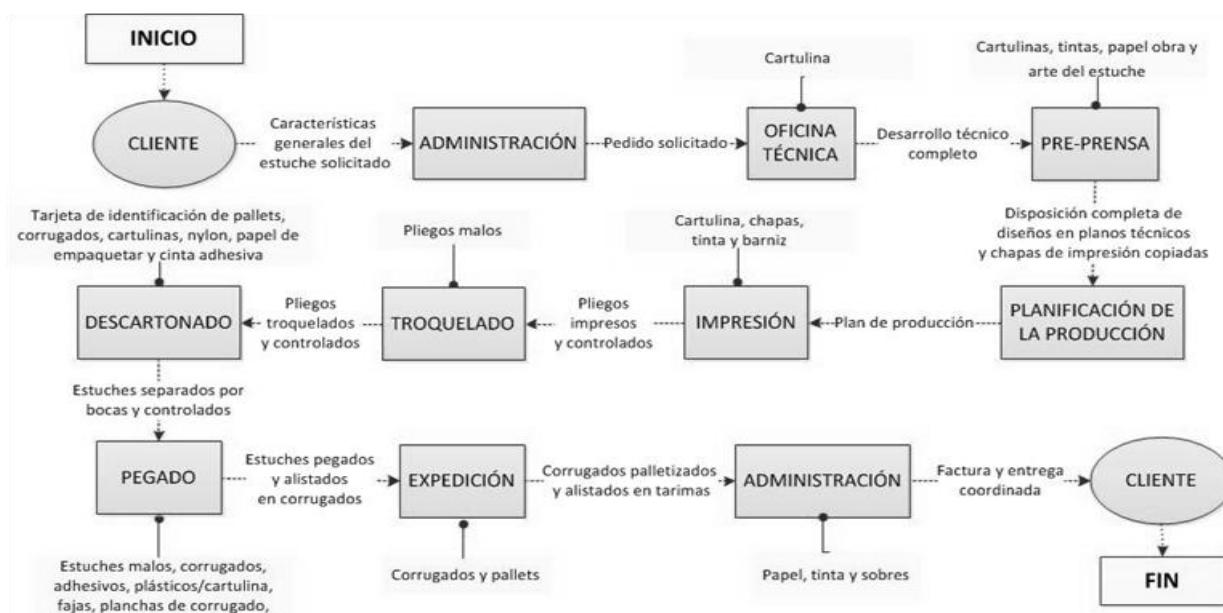


Figura 1. Diagrama de flujo a partir de la solicitud del cliente. Fuente: Elaboración propia.

El cliente se contacta con la administración de la organización, mediante un mail o de manera telefónica, solicitando un nuevo estuche. En el caso de que el contacto sea vía telefónica, administración requiere que el cliente envíe un correo electrónico haciendo el pedido. De esta manera, la empresa registra a través de este documento el encargo. Una vez recibido el correo electrónico con las características generales del nuevo estuche, administración remite esta solicitud al área de oficina técnica para evaluar la factibilidad del mismo. Luego, se le remite al cliente la cotización correspondiente y una vez que éste acepta dicho presupuesto, debe enviar el diseño a aplicar en el estuche. Como la empresa no realiza el diseño gráfico de los estuches, se le exige a cada interesado enviar el bosquejo de su producto. De esta manera, queda registrado el diseño tentativo del estuche. La etapa siguiente es la de diseño definitivo del estuche, es decir, llevar a cabo la confección del prototipo correspondiente. Una vez aprobado éste, por parte de todos los interesados, principalmente “el cliente”, se realiza la planificación de la producción, estableciéndose los recursos económicos, materiales y las horas hombres que demandará el desarrollo del proyecto completo.

3. Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa y Mejoras a Implementar

Para realizar el diagnóstico de la empresa gráfica, en relación a cómo lleva a cabo el proceso de la gestión de la calidad actualmente, se han efectuado una serie de encuestas y entrevistas a diferentes actores que se desempeñan en la compañía. Concretamente, se llevaron a cabo 15 encuestas semi-estructuradas a directivos, jefes de área y operarios, y 4 entrevistas a directivos y jefes de área. En función de la información recabada, se evidencia la falta del departamento de calidad.

Actualmente en la organización, las actividades relacionadas a calidad son realizadas por oficina técnica y supervisadas por jefatura de producción. El abastecimiento de materias primas e insumos necesarios para la producción y el desarrollo de actividades están a cargo de cada área o departamento de la empresa, los cuales deben emitir la orden de compra correspondiente y solicitar la aprobación de la misma a vicepresidencia. Por lo tanto, se debe destacar que uno de los problemas que presenta la organización es la falta del Departamento de Calidad.

3.1 Comparación entre la Teoría y la Situación Actual de la Empresa

Para determinar las mejoras a implementar en el área de calidad, en primer lugar se realiza un análisis comparativo entre la situación actual de la empresa y lo establecido por algunos autores respecto a la gestión de la calidad [1, 2, 6], de manera de tomar algunos conceptos y herramientas que permitan proponer mejoras tendientes a subsanar las debilidades detectadas. Para ello, se estudia en la etapa de planificar la calidad: entradas, herramientas y técnicas, y salidas.

Entradas

- **Línea base del alcance:** Es la salida del proceso “crear la EDT” del área de conocimiento alcance. Se implementó como mejora en la empresa.
- **Registro de interesados:** Es la salida del proceso “identificar los interesados” del área de conocimiento comunicaciones. En proceso de implementación por parte de la empresa
- **Línea base de costos:** Es la salida del proceso “determinar el presupuesto” del área de conocimiento costos. Se sistematizó esta tarea, si bien la empresa lo hacía de manera informal.
- **Línea base de plazos:** Es la salida del proceso “desarrollar el cronograma” del área de conocimiento plazos. Se implementó como mejora en la empresa.
- **Registro de riesgos:** Es la salida del proceso “identificar los riesgos” del área de conocimiento riesgos. En proceso de implementación por parte de la empresa.
- **Factores ambientales de la empresa:** Es una de las entradas del proceso “desarrollar el acta de constitución del proyecto” del área de conocimiento integración. Se sistematizó esta tarea, si bien la empresa lo hacía de manera informal.
- **Activos y procesos organizacionales:** Es una de las entradas del proceso “desarrollar el acta de constitución del proyecto” del área de conocimiento integración. Se sistematizó esta tarea, si bien la empresa lo hacía de manera informal.

Herramientas y técnicas

- **Análisis costo-beneficio:** El cumplimiento de los requisitos de calidad trae aparejado beneficios tales como menor re-trabajo, mayor productividad, menores costos y mayor satisfacción de los interesados. Esta herramienta permite, para cada actividad, realizar un trade-off del costo que conlleva implementar calidad versus el beneficio esperado. En la empresa no se realiza un análisis del costo de implementar calidad, es decir, este costo no está cuantificado. Sin embargo, se considera el beneficio de implementar la calidad, a través de la satisfacción del cliente. Para lograr este objetivo se asignan recursos económicos y humanos, cumpliendo con las normas de seguridad y brindando capacitación al personal. Además, a modo de satisfacer otras exigencias de algunos interesados se certifican los programas PEFC (Programa de reconocimiento de Sistemas de Certificación Forestal) y FSC (Consejo de Administración Forestal), y se están llevando a cabo cambios en la organización para el cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y así garantizar la inocuidad del envase. También se controlan los insumos al ingreso de planta, se utilizan materias primas nacionales e importadas de calidad, se realiza un seguimiento de los productos en todas las etapas del proceso productivo mediante distintos mecanismos y herramientas.
- **Costo de la calidad:** Estos costos representan los costos incurridos durante la vida del producto para prevenir el incumplimiento de los requisitos, verificar la conformidad del producto con los requerimientos, y evitar re-procesos. Los costos de las fallas pueden ser internos (detectados por la organización) y externos (detectados por el cliente). Como se mencionó en el punto anterior, en la empresa no se fijan los costos de la calidad, por lo que se considera apropiado desarrollarlos.

- **Estudios comparativos:** Consisten en comparar las prácticas reales o planificadas del proyecto con las de proyectos similares, para identificar posibles mejoras a implementar. Por exigencia de uno de los principales clientes, en la organización se están implementando BPM. Si bien, la empresa no manipula directamente los productos alimenticios, debe aplicar BPM porque realiza los envases secundarios (no están en contacto directo con el alimento) para estos productos. Las BPM son prácticas y procedimientos que forman parte del Código de Alimentos Argentino (CAA), y por consiguiente son obligatorias para garantizar la inocuidad de los alimentos en los establecimientos que comercializan productos alimenticios en el país. A través de las BPM se logra diseñar adecuadamente la planta y las instalaciones, realizar en forma eficaz los procesos y operaciones de elaboración, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos a raíz de esta exigencia, se detectaron una gran cantidad de cambios, en cuanto a sanidad, higiene y seguridad industrial, que deben aplicarse. Entre ellos se destacan: parada a media jornada para refrigerio del personal, control de transportes de carga (tanto para proveedores como para clientes), modificaciones edilicias para que al momento del ingreso a planta el personal cuente con un espacio para dejar sus pertenencias, cambiarse y luego fichar e ingresar, modificaciones edilicias para resguardar el material terminado de agentes externos que comprometan la inocuidad de los estuches, redacción e implementación de procedimientos de limpieza, control de plagas y de roedores, control de desechos de material de vidrio, y eliminación de la mayor cantidad posible de elementos de madera y vidrios.
- **Muestreo estadístico:** Consiste en seleccionar una parte de la población de interés para realizar la inspección de la calidad. En la empresa, se llevan a cabo controles sobre cada etapa del proceso productivo. Los mismos se detallan en la Tabla 1. Estos controles se registran en las hojas de ruta de su etapa correspondiente del proceso productivo. En el caso de que los controles no sean aprobados, las no conformidades quedan registradas tanto en esas hojas de rutas, como en un listado maestro de no conformidades donde se registran todos los problemas que pueden afectar a la producción. A partir de la planilla maestra es posible aplicar filtros para hacer informes estadísticos respecto a una no conformidad puntual. Por otro lado, cuando una no conformidad persiste en el tiempo, se realiza un análisis más profundo de la situación para encontrar la causa que la genera y proceder a eliminarla.

Tabla 1. Controles del proceso

Etapa	Control	Frecuencia
Oficina técnica	Archivar muestras	15 muestras por pedido solicitado
Pre-prensa	Controlar el arte adaptado (control visual)	No requiere de extracción de muestras
	Controlar archivos impresos (control visual)	No requiere de extracción de muestras
	Realizar controles previos a CTP	No requiere de extracción de muestras
Impresión	Preparar máquinas y alistar elementos necesarios	No requiere de extracción de muestras
	Controlar pliegos impresos	1 pliego cada 1000 pliego impresos
	Completar tarjeta de aprobación de pallet	No requiere de extracción de muestras
Troquelado	Preparar máquinas y alistar elementos necesarios	No requiere de extracción de muestras
	Realizar controles de inicio	10 pliegos iniciales
	Realizar controles en proceso a pliegos troquelados	2 pliegos por pallet
	Verificar la cantidad final de pliegos troquelados	No requiere de extracción de muestras
Descartonado	Realizar controles sobre el primer pallets	No requiere de extracción de muestras
Pegado	Preparar máquinas y alistar elementos necesarios	No requiere de extracción de muestras
	Realizar controles	-Ensayo no destructivo: 1 estuche por corrugado -Ensayo destructivo: 1 estuche por plano de carga -25 estuches por pedido solicitado
	Contar estuches pegados	No requiere de extracción de muestras

Fuente: Elaboración propia.

- **Otras herramientas para la planificación de la calidad:** También existen otras herramientas para ayudar en la definición de los requisitos de calidad y en la planificación de las actividades. Por ejemplo, en el taller utilizan las técnicas de grupo nominal, que permiten que se analicen las causas de fallas que afectan a producción. En primera instancia, se realiza una tormenta de ideas en grupos pequeños formado por personal asignado a la etapa y luego las mismas son revisadas por un grupo más amplio incluyendo a mantenimiento y personal de oficina técnica.

Salidas

- **Plan de gestión de la calidad:** El plan de gestión de calidad describe cómo implementar la calidad en la organización. Éste incluye la política de calidad, las mejoras, y los controles de calidad. La política de calidad de la empresa es proveer a los clientes productos que cumplan con los requerimientos de calidad satisfaciendo sus expectativas. Para cumplir con esta declaración, en la compañía garantizan calidad en todo el proceso productivo, realizando controles desde el arribo de cartulinas para la impresión hasta el pegado y expedición del producto final. Además el proveedor principal de materias primas asegura la calidad de la cartulina, sin embargo, en la empresa se hacen inspecciones al llegar la materia prima para corroborar que la información que brinda el proveedor sea fehaciente. Si bien en el taller no hay redactado un plan de gestión de calidad, se trabaja bajo las bases establecidas por la norma ISO9001 a pesar de no haber certificado aún la misma. Se propone como mejora para esta área de conocimiento la creación de un departamento específico de calidad con personal dedicado exclusivamente a dicha labor.
- **Lista de control:** Una lista de control es una herramienta estructurada que se utiliza para asegurar la uniformidad en las tareas que se realizan frecuentemente en la organización. Se debe notar que la empresa procedimientos de distintas áreas para la ejecución secuencial de las actividades, como ser: (i) procedimiento estudio y desarrollo de estuches, (ii) procedimiento pre-prensa, (iii) procedimiento impresión, (iv) procedimiento troquelado, (v) procedimiento descartonado y (vi) procedimiento pegado. Por otro lado, se observa que el departamento de mantenimiento se encuentra en una situación de conflicto, debido a que ante el surgimiento de una falla no está determinado como proceder ni a quién recurrir en primera instancia. Es por ello, que se desarrollar procedimientos para dicha área.
- **Plan de mejora de procesos:** Este plan permite la identificación de mejoras para actividades, generando el incremento de valor de las mismas. Se conoce que el área de pegado es la última etapa dentro de la organización donde se pueden detectar fallas en la producción, antes de que el producto llegue al cliente. Por lo cual el personal de pegado, debe estar capacitado y atento al desarrollar sus actividades. Para detectar el nivel de conocimiento de los operarios sobre el proceso, se propone realizar evaluaciones sorpresa. Éstas permiten identificar la necesidad de realizar capacitaciones referentes a diversos temas que se consideran cruciales para el proceso. Se propone un cuestionario de evaluación para el sector pegado.
- **Actualización de la documentación del proyecto:** El documento que puede actualizarse es el registro de interesados.

3.2 Mejoras a Implementar

Realizada la comparación entre la situación actual de la empresa y lo establecido por algunos autores respecto a la gestión de la calidad [1, 2, 6], se determinan las propuestas de mejoras a implementar. Por lo tanto, en este apartado, se desarrollan las mismas.

Creación del Departamento de Calidad. Se proponerse crear dicho departamento en la organización, esto trae aparejado que el área de oficina técnica se beneficie dado que se desligada de realizar tareas relacionadas a este tema. Por otro lado, se pueden incorporar

nuevas prácticas como ser la certificación de ISO, evaluar mejoras, terminar de elaborar procedimientos para todas las áreas. Es decir, con este nuevo departamento se puede ampliar la aplicación de la calidad a toda la organización, incluyendo administración, mantenimiento, etc. También este sector se encarga de planificar la calidad generando un ambiente adecuado para que todas las áreas de la empresa estén comprometidas y persigan un mismo objetivo, y así aumentar la lealtad de los clientes, la calidad de los productos (garantizar que el producto cumple con las especificaciones establecidas previamente por el cliente) y a su vez disminuir los costos relacionados al no cumplimiento de requisitos.

Si bien la creación del departamento trae muchos beneficios, también involucra costos de contratación, capacitación del nuevo personal, y de oportunidad debido a que el espacio físico asignado al nuevo departamento pertenece actualmente a oficina técnica. El costo de la empresa en mano de obra es de \$18000,00 por mes por administrativo y se propone incorporar a la organización dos personas. Lo que genera un costo adicional de \$36000,00 mensuales, es decir \$468000,00 anuales. Por otro lado, el costo de contratación incluye reclutamiento, selección y contratación del personal, y se estima en \$6000,00 por única vez. El costo de capacitación representa \$18000,00 para los dos administrativos. Por lo tanto, el costo total de incorporar el nuevo departamento es de \$492000,00 para el primer año, luego a partir del segundo año sería de \$468000,00 anuales.

Herramientas y técnicas

- **Costo de la calidad:** Para determinar los costos de la calidad se consideran: el costo de la mano de obra (determinado por el tiempo y cantidad de personal afectado) y los costos del material que se toma para realizar las muestras. Por otra parte, los controles que se realizan son los mencionados en la Tabla 1. Resultando el costo total de calidad por lote de producción igual a \$7590,00.

Salidas

- **Plan de gestión de la calidad:** En primera medida, se propone la creación de un departamento específico dedicado a calidad. Esta mejora genera costos de contratación y capacitación del nuevo personal, además de un costo de mano de obra mensual. Sin embargo, esta propuesta trae aparejada una reducción en las tareas asignadas al departamento de oficina técnica, de esta manera dicho sector puede dedicarse exclusivamente a las tareas inherentes a su área. La sección creada se conforma de dos personas nuevas en la organización que realizan las actividades de:
 - Acudir a auditorías PEFC y planificar, realizar y controlar los cambios sugeridos por el auditor
 - Acudir a auditorías FSC y planificar, realizar y controlar los cambios sugeridos por el auditor
 - Capacitar al personal sobre Buenas Prácticas de Manufactura
 - Redactar la totalidad de los procedimientos para certificar ISO
 - Gestionar no conformidades y proponer soluciones al respecto (acciones preventivas y correctivas)
 - Recopilar registros de controles realizados
 - Realizar estadísticas y gráficos sobre no conformidades y su avance en el tiempo
 - Administrar la documentación referida a calidad (procedimientos, certificaciones, buenas prácticas, etc.)
 - Proponer mejoras en la calidad
- **Lista de control:** Los procedimientos de mantenimiento, junto con sus respectivos registros e instructivos, se realizan a partir de información proporcionada por personal de

mantenimiento eléctrico y mecánico de la compañía y por personal de oficina técnica. En la Figura 2 se presenta el procedimiento de mantenimiento correctivo, en la Figura 3 y 4 se pueden observar los instructivos 1 y 2 del procedimiento de mantenimiento correctivo. Y finalmente en la Figura 5 se presenta el procedimiento de mantenimiento preventivo.

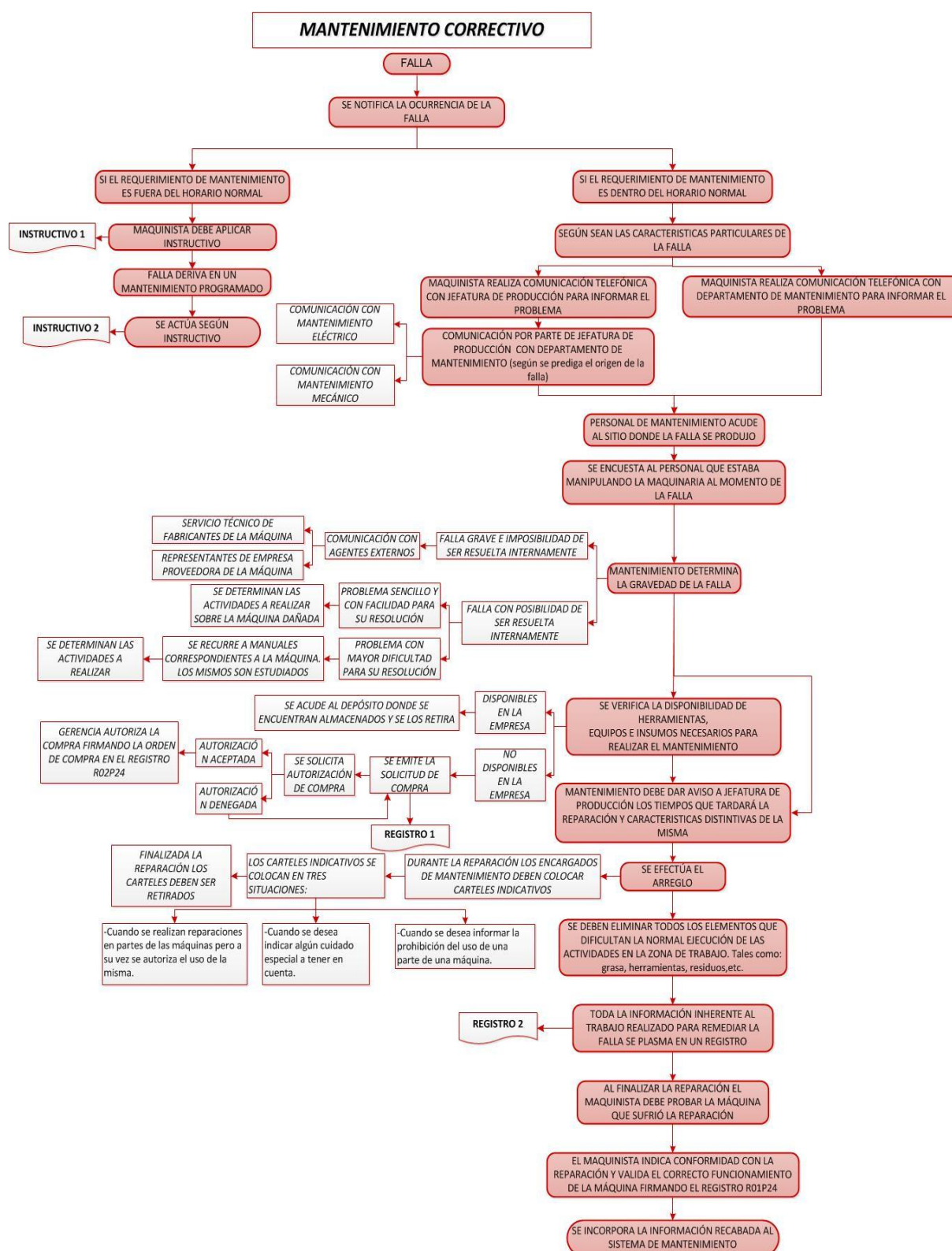


Figura 2. Procedimiento de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

INSTRUCTIVO 1

Objetivo: sistematizar las actividades a realizar en caso de ser necesario mantenimiento fuera del horario normal de 7 a 16hs.

Desarrollo:

1. ¿Existe personal de mantenimiento dentro de la planta en que se encuentra?
→ Sí. Ubicarlo
→ No. Llamar telefónicamente a la planta 1.
2. Si el punto 1 no se cumple tratar de ubicar al jefe de mantenimiento, Sr Juan Perez. Teléfono:....
3. Si el punto 2 no se cumple tratar de ubicar al Sr. Osvaldo Marul. Teléfono:.....
4. Si el problema es eléctrico o se estima es así llamar al responsable del departamento de mantenimiento eléctrico, Sr. Altamirano José. Teléfono: o al Sr. Ricardo Hernandez. Teléfono:...
5. Si ninguno de los puntos anteriormente detallados pueden cumplirse informar en primera instancia a:
Sr. Cámara Pedro, Jefe de planificación de la producción. Teléfono:..
Sr. Sandrini Oscar, vicepresidente. Teléfono:....
Sr. Sanabria Ariel, presidente. Teléfono:....

Figura 3. Instructivo 1 de procedimiento de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

INSTRUCTIVO 2

Objetivo: Sistematizar las actividades para notificar reparaciones y/o mantenimiento que se realicen SIN la presencia del maquinista o encargado.

Desarrollo:

El alerta se llevará a cabo a través de:

- **Elemento visual:** cono plástico rojo.
- **Escrito:** en un libro tapa dura de hojas foliadas.

La ubicación y el cuidado de estos elementos es de responsabilidad compartida por el encargado de máquina o de su equipo y el personal de mantenimiento.

Es aplicable a:

Impresoras, barnizadora, troqueladoras, pegadoras, guillotina, depto. foto-mecánica, depto. tintas.

Mantenimiento al finalizar sus intervenciones deberá seguir el siguiente procedimiento:

- **En lugar visible colocar el CONO ROJO.**
- **En el libro de la máquina o del sector en forma concisa informar:**
 - Lo que se hizo y sobre qué sector se trabajó.
 - A los responsables de la maquina si deben tomar alguna precaución.
 - Si se hubieran modificado o movido otras partes de la máquina ajenas al problema.
 - Si la acción es definitiva o a PRUEBA.
 - Al terminar Nombre y Apellido (No Firma), fecha y hora.
- El responsable de la máquina, al darse por enterado de la acción de mantenimiento por la presencia del **CONO/LIBRO**, si comprende el mensaje, asentará su Nombre y Apellido (NO Firma), fecha y hora.
- Guardará en el lugar preestablecido el cono y el libro.

Si alguno de estos elementos en su uso se deteriorase, solicitar su reposición.

Figura 4. Instructivo 2 de procedimiento de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

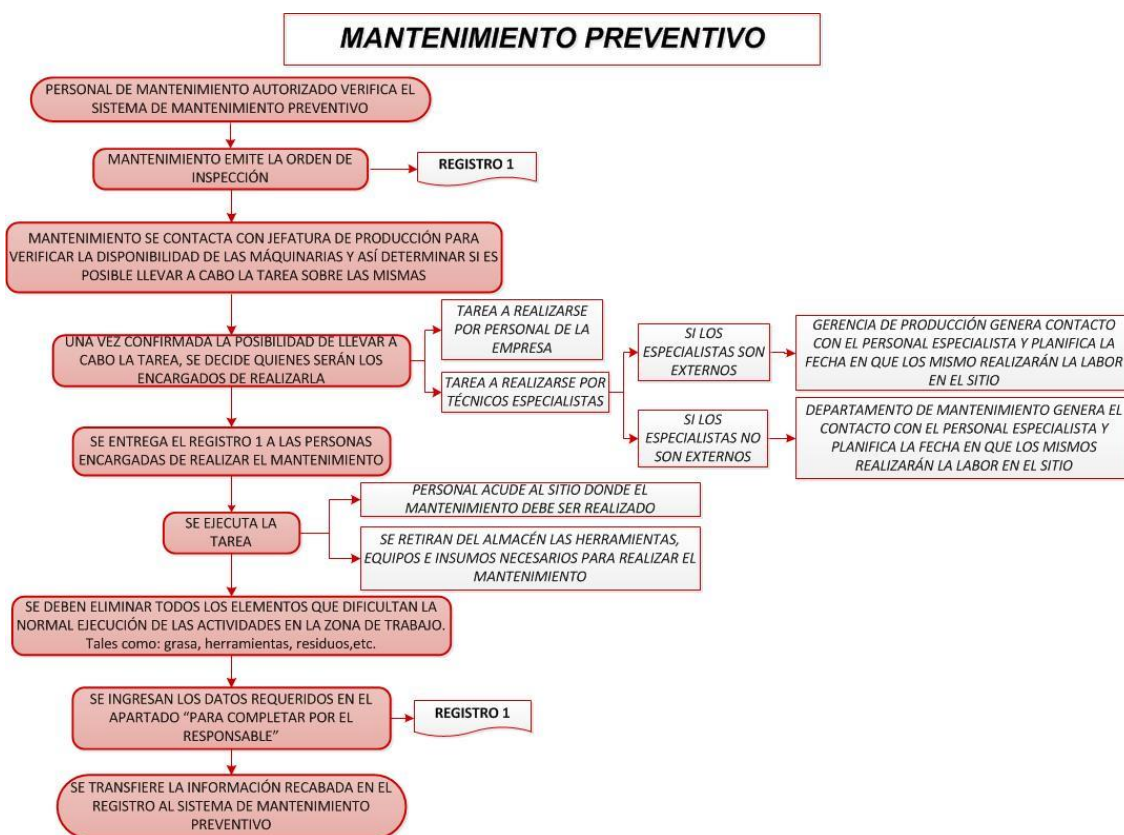


Figura 5. Procedimiento de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia

- **Plan de mejora de procesos.** En la Tabla 2 se presenta el cuestionario desarrollado para el sector pegado a partir del manual de uso de las pegadoras utilizadas en la organización, el procedimiento de pegado y los anexos correspondientes al mismo.

Tabla 2. Cuestionario del sector pegado

Nombre y Apellido: _____	
Puesto: _____	
CUESTIONARIO SECTOR PEGADO	
Nota: en las preguntas de múltiple opción marcar la/s respuesta/s correcta/s.	
1. Con respecto al material FSC, ¿cuáles controles deben llevarse a cabo en el momento del ingreso del material a máquina?	
a.	
b.	
2. Los pasos a seguir para efectuar el pegado y envasado de estuches son los siguientes:	
a. Recepción de hoja de ruta- Controles a realizar- Alistamiento de elementos necesarios- Recuento de estuches pegados para cargar HR- Preparación de la pegadora-Cierre de hoja de ruta	
b. Recepción de hoja de ruta- Alistamiento de elementos necesarios-Preparación de la pegadora-Controles a realizar- Recuento de estuches pegados para cargar HR-Cierre de hoja de ruta	
c. Recepción de hoja de ruta- Recuento de estuches pegados para cargar HR- Preparación de la pegadora- Alistamiento de elementos necesarios-Controles a realizar- Cierre de hoja de ruta	
3. En un mismo número de hoja de ruta, ¿pueden existir varios productos?	
a. Si	
b. No	
4. Uno de los pasos requeridos para efectuar el pegado y envasado de estuches es el alistamiento de los elementos necesarios, ¿Podría nombrar al menos cuatro de estos elementos?	
5. Suponga que está fuera de su jornada laboral, pero ingresa a su sector de trabajo, ¿Podría ingresar sin elementos de seguridad industrial?	
a. Si	
b. No	

Tabla 2. Cuestionario del sector pegado (continuación)

6.	Al momento de la preparación de la pegadora, ¿quién determina las actividades a realizar por cada una de las personas que forman el equipo de trabajo?	
a.	Ayudante 1	
b.	Ayudante 2	
c.	Maquinista	
7.	Uno de los controles a realizar en el sector pegado es el control visual de corrugados, suponga que al realizar tal control detecta un defecto, ¿qué haría en dicha situación?	
8.	¿Los controles que se realizan al inicio del proceso de pegado, son los mismos que se realizan durante dicho proceso?	
a.	Si	
b.	No	
9.	En envasados automáticos como es el caso de estuches de exportación de leche en polvo, ¿Qué elemento permite determinar la cantidad de estuches dentro de un corrugado?	
a.	Corrugado	
b.	Calibre	
c.	Temperatura	
d.	Humedad	
e.	Presión del tapiz	
e.	Hoja de ruta	
10.	¿A qué nos referimos cuando hablamos de memoria del estuche? ¿Cómo se controla?	
11.	¿Guardan relación alguna el elemento que permite determinar la cantidad de estuches dentro de un corrugado y la memoria del estuche?	
a.	Si	
b.	No	
12.	Se conoce que la cantidad de estuches dentro de un corrugado está determinada por la capacidad teórica detallada en la hoja de ruta y por las condiciones del trabajo, si se comienza con una determinada cantidad de estuches dentro del corrugado y luego el control exige otra cantidad, ¿Cómo se procedería en dicha situación?	
a.	Realizar el cambio de cantidad justo en la mitad del pallet	
b.	No modificar la cantidad a pesar de que el control lo exija	
c.	Completar el pallet en curso y realizar el cambio de cantidad cuando comiencen un pallets nuevo	
13.	Los corrugados ubicados sobre el pallets no deben generar:	
a.	Voladizos	
b.	Falsa escuadra	
c.	Las respuestas anteriores son todas correctas	
14.	¿Con qué frecuencia se debe realizar el control de cantidad de estuches pegados?	
a.	Como mínimo 3 veces por pallets	
b.	Como mínimo 2 veces por pallets	
c.	Como mínimo 1 vez por pallets	
15.	¿Considera apropiado cambiar la distribución de estuches en corrugados en la mitad del pallet? ¿Si/No? ¿Porqué?	
16.	Recuento: quien complete los datos de la hoja de ruta, deberá tomar los estuches comprendidos en un corrugado y dividirlo por la cantidad total de corrugados comprendidos en el lote. Este dato se cargará en la hoja de ruta, ¿esta afirmación es verdadera?	
a.	Si	
b.	No	
17.	¿Con que frecuencia se debe hacer el control en un ensayo NO DESTRUCTIVO?	
a.	Controlar un estuche por corrugado	
b.	Controlar un estuche por la plano de carga	
18.	¿Cuáles son los controles que no deben faltar en un ensayo DESTRUCTIVO?	
a.	Pegado	
b.	Rayas-Marcas	
c.	Escuadra	
d.	Registro de impresión/ troquelado	
19.	Se conoce que, cuando en la línea de pegado se detectan estuches con defectos varios, éstos deben separarse y se debe informar a oficina técnica o jefatura de producción, indicando el número de bancal donde fue detectado. ¿Podría indicar cuáles pueden ser estos defectos?	
a.	Defectos de troquelado	
b.	Defectos de descartonado	
c.	Variaciones en el tono de color	
d.	Manchas de grasa o solvente	

Tabla 2. Cuestionario del sector pegado (continuación)

20.	Con respecto al control de estuches dentro del corrugado, diga cuál de las siguientes secuencias de actividades es correcta	
a.	Realización del control de estuches dentro del corrugado - Devolución del corrugado completo a su pallet correspondiente-Colocación del rótulo	
b.	Colocación del rótulo al corrugado- Realización del control de estuches dentro del corrugado- Devolución del corrugado completo a su pallet correspondiente	
21.	¿Con qué frecuencia se realiza el control de estuches dentro del corrugado?	
22.	Con respecto a los niveles de inspección, ¿cuál de los siguientes niveles no lleva frecuencia de control?	
a.	Nivel 3	
b.	Nivel 2	
c.	Nivel 1	
d.	Nivel 0	
23.	Para el control numérico de pallets en pegado, por cada pallets procesado, el maquinista a cargo marca con una cruz sobre el correspondiente número en el registro, ¿Qué haría si el proceso se interrumpe?	
a.	Completar en forma parcial el registro y no adjuntar a la HR inconclusa	
b.	Completar en forma parcial el registro y adjuntar a la HR inconclusa	
24.	Suponga la siguiente secuencia en la recepción de pallets 10-11-12-15-16, el maquinista responsable del pegado no recibió notificación alguna respecto al cambio en la correlatividad numérica, ¿debería seguir realizando el pegado?	
a.	Si	
b.	No	
25.	Cuando el proceso de pegado finaliza, se deben entregar dos documentos al departamento de almacenes, ¿cuáles son éstos?	
a.	Registro de control numérico de pallets en pegado	
b.	Tarjetas de identificación de pallets	
c.	Registro de control de estuches dentro del corrugado	
d.	Hoja de ruta correspondiente	
26.	Con respecto al archivo de muestras de estuches impresos, el responsable de la pegadora debe juntar 25 muestras en perfectas condiciones, escribir sobre una de ellas determinados datos y entregárselas al responsable del sector de tintas, ¿podría nombrar cuáles son dichos datos?	
a.		
b.		
c.		
27.	Si al llegar a una nueva jornada laboral, se detecta sobre la pegadora un cono color rojo, ¿qué significa la presencia de dicho objeto? ¿qué acción inmediata debería realizar el maquinista?	
28.	Para el cliente Alfredo Casas S.A, ¿cuál es la máxima altura admisible de pallets con carga?	
29.	Cuando una misma hoja de ruta se pega en diferentes pegadoras, ¿Cómo es la correlatividad numérica de los corrugados?	
30.	¿Se deben identificar las solapas en rotulo de corrugo si el producto lo requiere?	
a.	Si	
b.	No	
31.	Indique cuáles de los siguientes tipos de caja son posibles de pegar	
a.	Caja clásica	
b.	Caja con fondo automático normal	
c.	Caja sin fondo automático normal	
d.	Caja de cuatro esquinas con tapa de patas	
32.	Indique si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: “el cartón se deja doblar menos bien en el sentido de la máquina”	
a.	Verdadera	
b.	Falsa	
33.	Antes de comenzar los ajustes de la máquina de pagado, es muy importante analizar los troleados que se van a manejar. Indique qué características de éstos se deben tener en cuenta	
a.	Forma del troquelado	
b.	Sentido de las fibras	
c.	Hendidos	
d.	Superficie exterior	
34.	Indique cuales son las consecuencias que podría generar una galga mal ajustada	
a.	Causar un rápido desgaste de las correas	
b.	Retener los troquelados y causar una salida irregular	
c.	Influenciar la distancia entre los troquelados, a alta velocidad	
d.	Poner los troquelados de través en el marcador	
e.	No dejar trazas sobre la superficie de los troquelados	

Tabla 2. Cuestionario del sector pegado (continuación)

f. No rasgar los troquelados	
35. Con respecto a la utilización de la cola para el encolador, indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas	
a. Para evitar toda clase de riesgos durante la utilización, la cola no debe ser totalmente compatible con el sistema de encolado.	
b. La cola debe cumplir exigencias requeridas, tiempo de duración, fuerza de adherencia.	
c. La fecha límite de almacenamiento no debe estar caducada.	
d. La cola debe exponerse al hielo.	
e. Los recipientes que contienen la cola deben estar sellados herméticamente.	
f. Se pueden mezclar dos tipos de colas diferentes.	
36. Se observa que hay una salida irregular de los troquelados, una de las causas podría ser que las galgas están demasiado bajo, es decir, que pellizcan los troquelados, ¿Qué solución propondría?	
37. Se observa que hay una salida irregular de los troquelados, una de las causas podría ser que las correas están sucias (polvo), ¿Qué solución propondría?	
38. Se observa que dos troquelados salen a través, ¿cuál podría ser la causa de ello?	
39. Se observa que a la salida los troquelados están rasgados o deteriorados en los lugares en que están colocadas las galgas. Indique cuáles podrían ser las causas de ello	
a. El borde delantero de los troquelados no sigue correctamente el radio de la galga	
b. La pila está muy inclinada	
c. Los apoyos traseros son demasiado estrechos	
d. Cartón de alto gramaje y muy resistente	
40. Se observa que las cajas dobladas no están correctamente alineadas. Indique cuáles podrían ser las causas de ello	
a. Los hendidos son de buena calidad	
b. Caja desproporcionada	
c. Cartón muy seco	
d. Fibras del cartón en sentido incorrecto	
e. Cartón de mala calidad	

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

El objetivo del presente trabajo ha sido implementar y/o mejorar la gestión de la calidad, en una empresa gráfica dedicada básicamente a la fabricación de envases de cartulina, tomando como referencia los estándares establecidos para la gestión de proyectos existentes en la bibliografía especializada. Luego de analizar la situación actual de la empresa, se determinó que en diferentes sectores del proceso productivo ya contaban con procedimientos estandarizados, sin embargo había otros sectores que no se aplicaban metodologías adecuadas. Además, se evidenció que la empresa no tenía un departamento de calidad. A continuación se listan las principales mejoras propuestas, que permiten establecer una metodología para la implementación y/o mejora de la gestión de la calidad estandarizada en todo el proceso productivo de la empresa bajo estudio:

- (i) Creación de un departamento de calidad. El área de oficina técnica se beneficia dado que se desligada de realizar tareas relacionadas a este tema. Por otro lado, se pueden incorporar nuevas prácticas como ser la certificación de ISO, evaluar mejoras, terminar de elaborar procedimientos para todas las áreas. Es decir, con este nuevo departamento se puede ampliar la aplicación de la calidad a toda la organización, incluyendo administración, mantenimiento, etc. También este sector se encarga de planificar la calidad generando un ambiente adecuado para que todas las áreas de la empresa estén comprometidas y persigan un mismo objetivo, y así aumentar la lealtad de los clientes, la calidad de los productos (garantizar que el producto cumple con las especificaciones establecidas previamente por el cliente) y a su vez disminuir los costos relacionados al no cumplimiento de requisitos.

- (ii) Identificación de los costos de calidad. Esto permite traducir en términos monetarios cuánto se invierte en el área para poder realizar un análisis comparativo con los beneficios que trae implementarla. Entre ellos, se destacan la reducción de material fallado, perdido, estropeado, destruido, desaprovechado, inútil, arruinado. Además, se puede determinar qué departamentos de la empresa presentan costos de calidad más significativos.
- (iii) Adecuación del plan de gestión de la calidad. Se proponen introducir procedimientos, instructivos, y registros para el área de mantenimiento, los cuales benefician a dicho departamento debido a que permiten conocer la manera en que se debe proceder ante el surgimiento de una falla que requiere de mantenimiento correctivo, y los pasos a seguir para ejecutar el mantenimiento preventivo. De esta manera, se reducen los tiempos improductivos del personal de mantenimiento.
- (iv) Implementación del cuestionario del área de pegado. Esto se plantea para establecer índices del nivel de capacitación de los empleados del sector y de esta manera poder establecer acciones para aumentar el conocimiento en caso de ser necesario. Además, como se considera un sector crítico, es indispensable que los operarios conozcan sus funciones y el procedimiento ya que la organización está en vías de certificar ISO9001.

Finalmente, se puede concluir que se han propuesto mejoras para la gestión de calidad en la empresa bajo estudio, considerando las características particulares de la misma: recursos disponibles, proceso productivo, hábitos y cultura de los distintos actores de la organización, así como también la interrelación de la empresa con el medio y sus clientes. Por último, cabe destacar que el taller gráfico está implementando en forma paulatina las mejoras propuestas y con ello, todos los actores involucrados comienzan a vislumbrar los beneficios de contar con un departamento de gestión de calidad a la hora de gestionar sus proyectos.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen la contribución económica brindada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) por medio de los Proyectos PICT 2012 - N° 1692 y PICT 2013 - N°1196, y a la Universidad Nacional del Litoral.

6. Referencias

- [1] LLEDÓ, P.; RIVAROLA, G. (2007). *Gestión de proyectos. Cómo Dirigir Proyectos Exitosos, Coordinar los Recursos Humanos y Administrar los Riesgos*. Buenos Aires: Ed. Prentice Hall-Pearson Education. 501p.
- [2] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2008). *Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. New York: PMI. 467p.
- [3] SAPAG CHAIN, N.; SAPAG CHAIN, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. México: Ed. McGraw Hill. 445p.
- [4] GIDO, J.; CLEMENTS, J. (2007). *Administración Exitosa de Proyectos*. México: Ed. Cengage Learning. 462p.
- [5] HORINE, G. (2005). *Gestión de Proyectos*. Madrid: Ed. Anaya. 400p.
- [6] ESQUEMBRE, J.; BAIDES, N.; CALDERARO, C.; CASELLES, D.; FERRERO, A.; GARAY, M.; MARTÍNEZ, L.; PALMÉS, P.; RIVAROLA, G.; VARELA, F. (2009). *Dirección Profesional de Proyectos*. Buenos Aires: Ed. Pearson Education. 540p.



III CADI
IX CAEDI
2016



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NOROESTE
FACULTAD
DE INGENIERÍA

EFFECTO DE LAS VARIABLES DE LA GESTIÓN DE DISEÑO EN EL PRODUCTO TERMINADO AGROINDUSTRIAL

Andrés Roque Goirán, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, angoiran@hotmail.com

Resumen— La incorporación de métodos de siembra directa, el aumento del valor de los granos, la demanda creciente de proteína a nivel mundial y los cambios de políticas económicas empujaron al sector agrícola argentino a una fuerte expansión productiva en los últimos decenios. Esto impulsó la demanda de máquinas agrícolas, y en consecuencia renacieron innumerables empresas fabricantes, surgiendo la necesidad de nuevos diseños que optimizaran el trabajo de mecanización con una única meta: bajar costos y tiempos.

Aplicando los conceptos de la Teoría General de Sistemas, en el proceso de diseño que se desarrolla en una pyme (pequeña y mediana empresa) agroindustrial interactúan distintas variables cuyo origen puede ser interno o externo.

En una primera instancia, en el presente trabajo se analizó cuáles son las variables características del proceso mencionado de la pequeña y mediana empresa agroindustrial de la Región Centro de la República Argentina. Como segunda instancia, se evaluó el impacto de las variables en el producto terminado, relacionándolas a través de un análisis retrospectivo con las no conformidades que surgieron en el período de garantía de un grupo de máquinas elegidas para tal fin. Se comprobó que las variables influyen directamente pero en distintos grados en las no conformidades y en la percepción de confiabilidad del cliente. Se demostró que la comunicación y la gestión profesionalizada son las variables más influyentes.

Palabras clave— *Confiabilidad, caracterización, productos agroindustriales, usuario, gestión de diseño.*

1. Introducción

El sistema de producción agrícola en la República Argentina ha sufrido profundas transformaciones en los últimos decenios. La incorporación de métodos de siembra directa en lugar del laboreo tradicional, la utilización de variedades transgénicas, el aumento del valor de los granos, la demanda creciente de proteínas en el mundo, y los cambios de políticas económicas empujaron al sector agrícola a una fuerte expansión productiva [1]. La consecuencia directa de esta transformación fue el aumento de la superficie sembrada y los rendimientos en la producción agrícola [2]. Esto impulsó la demanda de máquinas agrícolas, y en consecuencia renacieron innumerables empresas fabricantes, surgiendo la necesidad de nuevos diseños que optimizaran el trabajo de mecanización con una única meta: bajar costos y tiempos.

Las máquinas que trabajan en la agricultura y sus partes componentes están predestinadas a cumplir las funciones asignadas en determinadas condiciones de producción y explotación técnica. El estado técnico de las máquinas durante el proceso de explotación cambia, así como cambian los valores de los parámetros desde lo nominal al límite [3].

Una forma de caracterizar la maquinaria agrícola es aplicando el concepto de sistema. De acuerdo a la cantidad de sistemas que la conforman y el grado de nivel tecnológico de los mismos se definen: productos de alta tecnología (ej. tractores, cosechadoras), productos de media tecnología (ej. sembradoras, embolsadoras de granos, extractoras de granos), y productos de baja tecnología (ej. implementos); existiendo una estrecha relación entre la confiabilidad y la caracterización tecnológica. Productos de alta tecnología son más confiables que productos media y baja por múltiples razones. Entre ellas, la gestión del diseño, procesos de fabricación, acceso a tecnología del conocimiento, nivel de facturación de la empresa de origen, organización empresarial, valor del producto, competencia, entre otros.

Según la Teoría General de Sistemas [4], en una organización industrial existen variables de entrada que se transforman en un producto tangible por lo cual deben existir procesos que interactúan internamente y externamente. Uno de éstos procesos es el de diseño [5], que influiría en el éxito comercial de la organización, fundamento suficiente para analizarlo y comprenderlo.

Como característica distintiva del proceso de diseño (PDD) su identidad depende del tipo de organización, del producto, del nivel tecnológico, del mercado y de la historia e idiosincrasia de la empresa y de su entorno.

El objetivo de este trabajo es identificar las variables intervinientes en el proceso de diseño característico de una pequeña y mediana empresa (pyme) agroindustrial y evaluar la influencia de las mismas en la percepción de confiabilidad del producto desde el punto de vista del cliente. Para esto, en primera instancia se analizan las variables características de un proceso de diseño en pymes agroindustriales de la Región Centro de la República Argentina, productoras de máquinas agrícolas de media y baja tecnología. Como segunda instancia, se analiza el impacto de las variables en el producto terminado, relacionándolas a través de un análisis retrospectivo con las no conformidades que surgieron en el período de garantía de un grupo de máquinas elegidas para tal fin.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

La Región Centro de la República Argentina, conformada por las provincias de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos es una de las regiones más productivas del país con el 59% de la producción nacional de granos de soja y el 95% de la producción nacional de aceites y harinas derivados de este cultivo. Esta región concentra el 17 % del Producto Nacional Bruto y tiene una participación del 37% en las exportaciones anuales (fuente: INDEC censo 2010).

La organización empresarial de la mayoría de las empresas agroindustriales de la Región Centro tiene una base familiar. Éstas se concentran en núcleos territoriales, influenciadas directamente por el peso de la agricultura y de la ganadería, tratándose de un mercado complejo y heterogéneo según la particularidad de la zona. Este conjunto de empresas tiene un denominador común: una extensa localización territorial acorde con las demandas productivas regionales. La gran mayoría de las empresas son básicamente pymes, con un

promedio de 30 años de antigüedad, cuyo tamaño va desde 10 hasta 300 empleados. El resto del mercado se distribuye en los segmentos de mayor valor económico y complejidad tecnológica. En cuanto a la clasificación tecnológica de la maquinaria fabricada en la Región, la mayoría pertenece a las categorías de baja y media tecnología, con un 69% de total. Dentro de estas categorías, los productos fabricados son variados (figura 1).

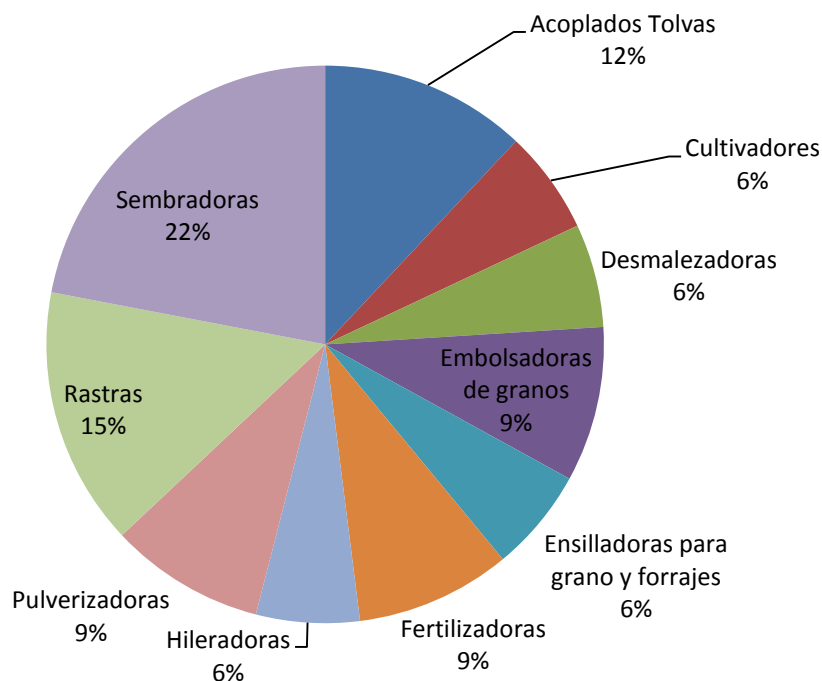


Figura 1: Distribución porcentual de las máquinas de media y baja tecnología fabricadas en la Región Centro. Fuente: elaboración propia

2.2 Determinación de las variables características de una pyme agroindustrial

Para identificar las variables intervinientes en el proceso de diseño de una pyme agroindustrial de la Región Centro, se realizaron encuestas con el método de entrevistas en profundidad a 10 expertos cuyo desempeño profesional está relacionado con el ámbito del proceso de diseño. La entrevista fue estandarizada abierta, con un cuestionario de 33 preguntas. Las preguntas se elaboraron según los referenciales correspondientes de la norma VDA 6.3 [6] sobre el método de auditoría de proceso de diseño.

Se consideraron los siguientes ejes principales: entradas del diseño, planificación, herramientas del diseño, información, sistema de gestión de la calidad, resultado del proceso.

2.3 Revelamiento de las no conformidades para un grupo de maquinaria agrícola

Las no conformidades se relevaron a través de un estudio del caso realizado en la empresa Micrón Fresar SRL productora de máquinas agrícolas de marca AKRON situada en la Región Centro de la República Argentina (San Francisco, provincia de Córdoba). La organización de la empresa representa el estándar típico de una empresa agroindustrial, sus productos son de media y baja tecnología. Sus procesos están certificados según la norma ISO 9001 y la mayoría de sus productos certifican las normas IRAM 8076 relativas a la seguridad de la maquinaria agrícola.

La firma cuenta con 150 personas empleadas (70% directos y 30% indirectos). La capacidad productiva de la empresa es de 120 máquinas mensuales. Y el modelo organizacional de sus líneas productivas es la fabricación por líneas continuas de producción.

Se eligió un conjunto total de 450 máquinas producidas por la firma durante el año 2012, el seguimiento de las mismas finalizó en el año 2015 de modo que en la totalidad de las máquinas se cumplió el periodo de garantía otorgado por la empresa: 2,5 años.

Los reclamos procedente de los clientes se agruparon en: “mal funcionamiento” (se consignaron todos aquellos problemas que ocasionaron un mal funcionamiento en la máquinas), “roturas imprevistas”, “error o faltante de piezas” (máquina despachada al cliente con piezas o subconjuntos faltantes), y “otros” (categoría donde la causa del reclamo no deriva a una no conformidad a la empresa).

Posteriormente, se realizó un análisis para determinar las causas potenciales de las no conformidades, utilizando como metodología el Análisis de Modos Potenciales de Fallas (AMFE) [7] ordenando las mismas según su índice potencial de riesgo (IPR), siendo éste igual al producto de la probabilidad de la ocurrencia del fallo por la gravedad del fallo y por la probabilidad de la detección del mismo.

2.4 Determinación de la influencia de las variables del proceso de diseño y las no conformidades.

Para evaluar la influencia de las variables y las no conformidades se utilizó la metodología del análisis estructural [8]. Ésta consistió en remitir al grupo de expertos una serie de cuestiones descriptivas del problema planteado. El proceso metodológico se repitió tres veces para asegurar la exactitud de las respuestas y disminuir los errores de interpretación. Los resultados se ordenaron en una matriz denominada estructural. Los valores discretos de 0 a 3 ponderaron la influencia de las variables entre sí, el 3 se le asigna a una influencia fuerte, 2 moderada, 1 leve y 0 sin influencia.

El procesamiento de la matriz estructural se realizó con el software libre MICMAC [9], el cual permite determinar la influencia directa de un conjunto de variables respecto a una determinada.

3. Resultados y Discusión

3.1 Variables intervinientes en la función del diseño.

La tabla 1 muestra el resultado de las encuestas realizada a los expertos, describiendo el eje temático, el promedio porcentual de concordancia de los mismos, las variables detectadas y su procedencia, es decir si ésta es externa, interna, salida y transversal a la organización.

Tabla 1: Variables intervinientes en la función del diseño

Eje temático	Promedio	Variables	Procedencia
Entradas del diseño	86%	Mercado Clientes Competencia Exposiciones	Externa Externa Externa Externa
Planificación	95%	Metodología Verificación Validación Dirección	Interna Interna Interna Externa
Herramientas de diseño	80%	Softwares de diseño Métodos de cálculo Adquisición de datos Gestión profesionalizada Diseño de Ensayos	Interna Interna Interna Interna Interna
Información	96%	Comunicación Documentación Técnica Relación Clientes	Transversal Interna Externa
Sistema de Gestión de la calidad	75%	Gestión No conformidades Política de calidad	Transversal Transversal
Resultado del proceso	98%	Producto terminado Confiabilidad	Salida Salida

3.2 Variables sensibles de la percepción de la confiabilidad

Los expertos consideraron a la variable confiabilidad como una variable de percepción. Si bien ésta se asocia en los primeros momentos de vida del producto con la trayectoria comercial y técnica de la organización, a medida que el producto se va consolidado en el mercado pasa a caracterizarlo. Según una encuesta realizada a clientes del rubro y región (fuente propia del autor) éstos construyen individualmente una percepción de confiabilidad a través de tres variables. Las cuales según el orden de importancia son: bajo índice de roturas imprevistas y desgastes prematuro (variables agrupadas por su origen mecánico), referencia de uso, disponibilidad en tiempo y forma del servicio técnico por parte de fabricante.(figura 2)

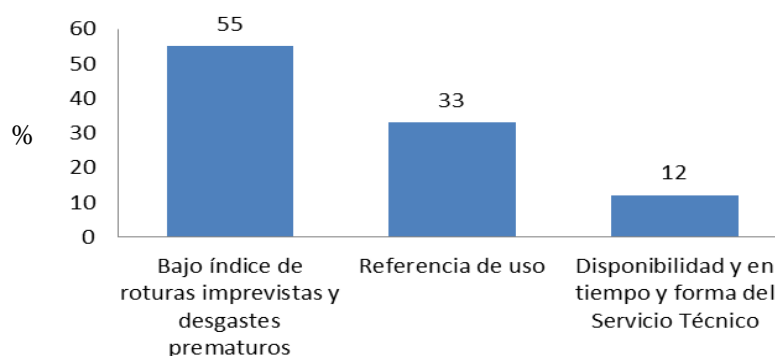


Figura 2: Porcentaje de opiniones afirmativas respecto a las variables de confiabilidad del producto de acuerdo a la importancia de la prestación del servicio técnico.

3.3 No conformidades del grupo de máquinas agrícolas

La rotura imprevista constituye el 45% de las no conformidades, seguida de mal funcionamiento con 40%, error o faltante de piezas 15% y otros 2% (no conformidades no procedentes).

Las causas raíz de la no conformidad Rotura Imprevista (figura 3) da como resultado que, con un IPR de 90, la “falta de capacitación del usuario” es la causa con mayor influencia, en segundo término “problemas de calidad y procesos” con un IPR de 80, en tercer lugar “diseño no se ajusta a lo requerido” con IPR de 50 y en un cuarto lugar “materiales no conformes” con IPR de 40.

Se destaca que la falta de capacitación del usuario radica en un problema de comunicación e información de la empresa sobre los modos de usos y capacidades funcionales de la máquina, en estos casos el usuario excede los límites de operatividad y la rompe.

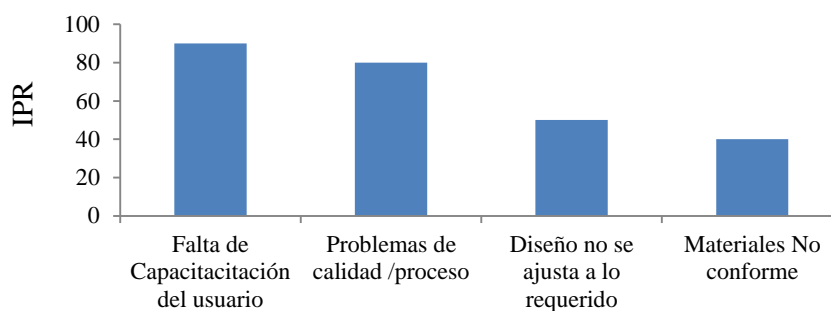


Figura 3: Índice potencial de riesgo de las causas raíz de la no conformidad Rotura Imprevista.

El análisis de las causas raíz de la no conformidad Mal Funcionamiento (Figura 4) arroja como resultado que la causa con mayor IPR (90) es el “diseño no se ajusta a lo requerido” seguido por la “entradas de diseño no se ajustan a lo requerido” con un IPR de 80. Si bien a primera vista ambas parecen ser causas similares, la causa de mayor IPR se asocia a la gestión interna de la función de diseño y la siguiente a los requerimientos del mercado.

La causa “falta de capacitación del usuario” IPR (42) se puede atribuir a la falta de pericia en la operación de la máquina, reflejando esto último en una deficiencia en la comunicación entre la empresa productora y el usuario. Por último se encuentra con un IPR de 40 “problemas de calidad y procesos”, esta causa se relaciona directamente con el sistema de gestión de calidad y con la comunicación tecnológica entre la función diseño y la definición de los procesos productivos.

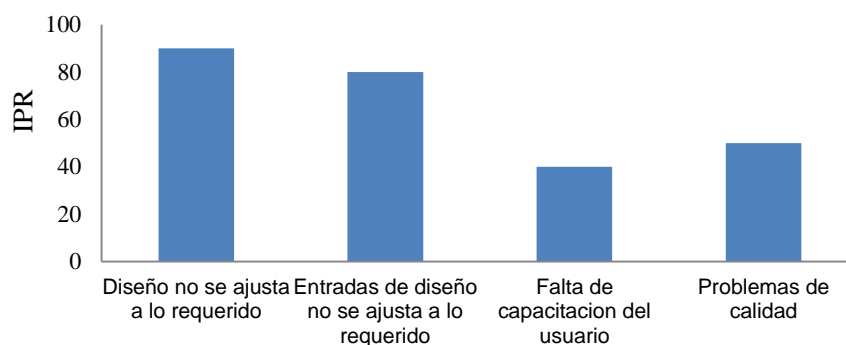


Figura 4: Índice potencial de riesgo (IPR) de las causas raíz de la no conformidad Mal Funcionamiento.

Para la no conformidad Error o Faltante de Pieza (figura 5), la primer causa raíz en importancia de acuerdo al análisis es “instrucciones de proceso incorrectas” con un IPR de 120, en segundo lugar: “falta de capacitación al operario” con un IPR de 80 y en tercer lugar: “planimetría incorrecta”. Estas causas tienen un denominador común relacionado con el manejo de la información y comunicación en la empresa. Por último, la “falta de control de calidad” con un IPR de 30, esta causa está relacionada con el sistema de gestión de calidad de la empresa.

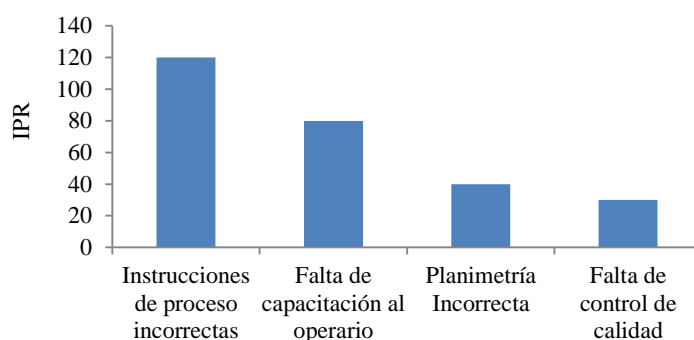


Figura 5: Índice potencial de riesgo de las causas raíz de la no conformidad Error o Faltante de Pieza.

3.4 Análisis de la relación causa raíz y las variables del PDD de mayor influencia

La tabla 2 muestra los resultados del análisis, en ella se puede observar el nivel de influencia entre distintas variables del PDD y las causas raíz de las no conformidades. El gráfico de la figura 6 muestra el nivel de influencia porcentual de las variables características del proceso de diseño calculado a través del software MICMAC. Las variables con mayor influencia son comunicación, gestión profesionalizada y documentación técnica, con un porcentual acumulado cercano al 80%.

Tabla 2 Cuadro relación causa raíz variables de mayor influencia

No conformidad	Causa Raíz	Variables	Influencia		
			3	2	1
Mal Funcionamiento	Diseño no se ajusta a lo requerido	Gestión profesionalizada	X		
		Diseño de ensayos		X	
		Relación clientes	X		
		Comunicación	X		
	Entradas del diseño no se ajusta a lo requerido	Comunicación	X		
		Dirección		X	
	Falta de capacitación del usuario	Comunicación	X		
		Relación clientes	X		
		Política de la calidad		X	
		Dirección	X		
	Problemas de calidad o procesos	Comunicación	X		
		Documentación Técnica		X	
Rotura imprevista	Materiales no conformes	Métodos de cálculo		X	
		Adquisición de datos			X
		Gestión profesionalizada	X		
		Diseño de Ensayos		X	
Error o faltante de montaje	Instrucciones de proceso incorrectas.	Comunicación	X		
		Documentación Técnica	X		
		Relación otras áreas de la organización	X		
	Falta de capacitación al operario.	Comunicación	X		
		Documentación Técnica		X	
		Relación otras áreas de la organización	X		
	Planimetría incorrecta	Gestión profesionalizada	X		
	Falta de control de calidad	-----	-	-	-

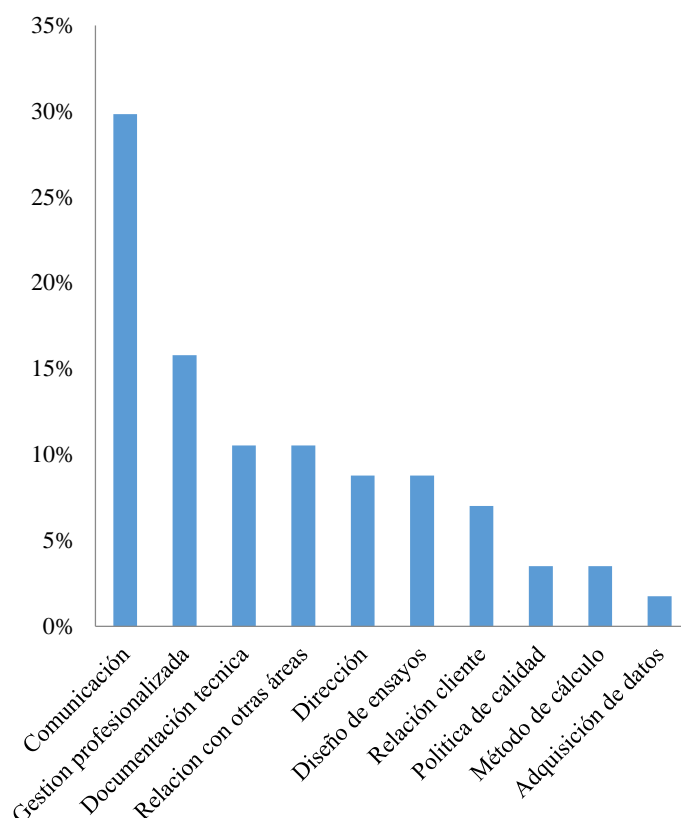


Figura 6: Nivel de influencia porcentual de las distintas variables en las no conformidades.

El proceso de diseño en una organización tiene relación directa con el producto terminado no solo en el aspecto técnico sino también económico. Al considerar que éste es un proceso dentro de la organización estará constituido por variables de distintos tipos que interactúan internamente y externamente con mayor o menor influencia pero todas sin lugar a dudas influyen en el resultado no solamente en las no conformidades que se van produciendo a lo largo durante el período de garantía del producto sino que también influyen la percepción de confiabilidad del cliente factor clave y decisivo en la decisión de compra de una máquina.

Comunicación y gestión profesionalizada se pueden considerar como variables claves en el PDD. Ésta situación plantea un gran desafío en las organizaciones.

La dirección de éstas pymes también influyen en el PDD, éstas en términos generales deciden que fabricar, como relacionarse con los clientes y cuáles son las políticas de calidad a implementar, muchas veces por razones de mercado, la dirección debe prioriza el factor económico teniendo en esos caso una mayor influencia en los procesos internos del PDD.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las variables comunicación, gestión profesionalizada y documentación técnica son las variables de mayor influencia en las no conformidades detectadas en los productos terminados en implementos agrícolas. A su vez estas influyen en las variables principales de la percepción de confiabilidad desde el punto de vista del cliente, se recomienda que las pymes agroindustriales consideren estas variables del PDD como claves e influyentes en sus

productos. El planteamiento de objetivos de mejoras de las mismas sin lugar a dudas contribuirá al desarrollo de diseños más “limpios” y fáciles de reparar.

La disminución de solicitudes de asistencia técnica posibilita que por un lado aumente la percepción de la confiabilidad por parte del cliente hacia el producto y por otro facilita la introducción de productos agroindustriales a aquellas empresas con poca cobertura logística técnica en un área geográfica determinada.

Ningunas de las variables son absolutamente independientes, en mayor o menor medida hay una influencia combinada entre ellas, por ejemplo las formas y modos de comunicación tiene relación con la profesionalización de área, a su vez la documentación técnica se relaciona con la comunicación.

La dirección de las pymes es un variable clave en el nivel profesionalización en las pymes, podemos considerarla a esta como “una variable ariete”: regulará el grado de profesionalización del área, por ejemplo muchas empresas del rubros cuentan con los recursos humanos pero la dirección o el dueño no permite determinados desarrollos como ser verificación y validación de resultados por considerarlos una pérdida de tiempo.

La relación con las áreas se puede considerar como una variable de ajuste o de sintonía fina en el desarrollo de los productos, por ejemplo conocer el alcance de los procesos productivos posibilita la correcta fabricación de los productos, éste conocimiento surge de una correcta relación con la función de fabricación de la pyme, los proveedores y clientes.

La política de calidad es una variable externa al PDD pero su definición obliga a una estandarización de los procesos internos de la función de diseño y de las demás procesos de una pyme (producción, compras, logística,etc) es decir facilita la estandarización de la calidad del producto, se recomienda a las pymes certificar alguna norma de gestión como ser la ISO 9001 de modo que la política de calidad quede perfectamente establecida y entendida por todos los integrantes de la organización.

El conocimiento de las variables que interactúan entre el implemento y el medio de trabajo a través de la adquisición de datos definidos en un correcto diseño de ensayos a su vez aplicados y utilizados posteriormente en un acertado método de cálculo, permiten predecir el ciclo de vida del producto y una correcta definición de la garantía del producto de modo que proteja los intereses del fabricante y del cliente.

5. Referencias

- [1] SATORRE, E. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy*, v. 15, n. 87, p. 24 – 31.
- [2] GRAS, C (2015). Expansión agrícola y agricultura empresarial. El caso argentino. *Revista de Ciencias Sociales* v. 26, n 32, p 73 – 92.
- [3] SHKILIOVA, L., FERNANDEZ SÁNCHEZ, M (2011). Sistemas de mantenimiento técnico y reparaciones y su aplicación en la agricultura. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* v. 20, n. 1, p 72 – 77.
- [4] BERTOGLIO, O., JOHANSEN, O. (1982). Introducción a la teoría general de sistemas *Editorial Limusa*. p 167.

- [5] LEÓN, A., RIVERA, D., NARIÑO, A. (2010). Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua. <http://www.altagestion.com.co/boletines/mailling2015/redes_sociales/doc/0702_DOCU_MENTO_RelevanciaGPP_20150708.pdf> [Consulta: 20 de Mayo de 2016].
- [6] AGUILAR MENDOZA, M. (2006). Auditoría de procesos VDA 6.3. Universidad Autónoma de Nuevo León. <<http://eprints.uanl.mx/1689/1/1080167883.pdf>> [Consulta: 20 de Mayo de 2016].
- [7] STAMATIS, D. (2003). Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. ASQ Quality Press p. 488.
- [8] CORTEZO, J. (2001). Introducción a la prospectiva: metodologías, fases y explotación de resultados. Economía industrial n. 342, p. 13 – 20.
- [9] POSSO, D., MURIEL, S. (2010). Análisis estructural: un apoyo para el modelado con dinámica de sistemas. *Avances en sistemas e informática* v. 7, n. 7, p.152 – 162.



III CADI
IX CAEDI
2016



EMPRESAS DE SOFTWARE Y SERVICIOS INFORMÁTICOS. Análisis del trabajo informacional en PyMEs de Resistencia: ¿Quién hace qué?

Marta Ceballos Acasuso, GEISIT / UTN FRRe - macebac@gmail.com

Flavia Sabrina Moreiro, GEISIT / UTN FRRe – mig.fre@gmail.com

Carlos Alberto Lovey, GEISIT / UTN FRRe – mig.fre@gmail.com

Martín Escalante Hughes, GEISIT / UTN FRRe – mig.fre@gmail.com

Resumen

El trabajo “informacional” es un objeto de conocimiento contemporáneo, y puede entenderse como una categoría de análisis en construcción, para clasificar actividades productivas. Implica aquellas actividades basadas en flujos y stocks de información digital, ya que sus medios de producción son tecnologías digitales y sus productos son bienes informacionales primarios. El sector informático, por su parte, agrupa al conjunto de ocupaciones y unidades productivas que expresan la existencia de tales procesos productivos.

Nuestro objetivo es examinar características del trabajo informacional ejecutado en micro, pequeñas y medianas empresas del ámbito de producción de software y servicios informáticos (SSI) ubicadas en Resistencia; con especial referencia a dimensiones de precariedad/estabilidad y multifunción/especialización. También se puntualizan, someramente, las relaciones del trabajo en estas empresas a partir de su conformación organizacional.

Los datos provienen de un proyecto en ejecución en UTN Facultad Regional Resistencia. La primera fase, utiliza la técnica de encuesta diseñada para el análisis sectorial comparativo, entre ésta y otras regiones del país. La segunda fase, realiza una profundización cualitativa para comprender mejor el proceso de trabajo y sus relaciones entre actores.

Las reflexiones finales no son conclusiones sino consideraciones respecto a los datos exhibidos. Sin embargo, sí puede concluirse la utilidad científica de la noción de trabajo “informacional” porque nos permite hacer visibles aspectos esenciales para entender mejor estas nuevas ocupaciones contemporáneas.

Palabras clave:

Software y servicios informáticos – trabajo informacional– microempresas y PyMEs

1. Introducción

1.1. El trabajo informacional

A fines del Siglo XX, se observó la reestructuración del modo de producción del capitalismo. La aparición de una estructura social distinta, basada en el dominio tecnológico del conocimiento y la información, quedó asociada a un nuevo modo de desarrollo que fue denominado “informacionalismo” por Castells [1]. Se refiere a una modalidad específica de organización social en la que la generación, el procesamiento y la transmisión de la información se convierten en las fuentes fundamentales de la productividad y del poder, debido a las nuevas condiciones tecnológicas surgidas en este período histórico (*ibíd.*: 47).

El trabajo “informativo” entendido como categoría de análisis para clasificar actividades productivas es un objeto de conocimiento contemporáneo y, por lo tanto, en construcción. Implica actividades cuyo principales resultados son flujos y stocks de información digital, los medios de producción son tecnologías digitales, y sus productos son bienes informacionales primarios (o sea, entes hechos de *bits*).

Se pueden encontrar particularidades, debido a que esta producción ocurre dentro y fuera de la jornada de trabajo, resulta y no resulta en mercancías, se produce parcialmente de manera registrada pero mayormente de manera irregular, y cuenta con un importante nivel de tercerización.

El estudio de los procesos productivos en el sector informacionales tarea pendiente para las ciencias sociales, ya que todavía no se cuenta con un corpus satisfactorio al respecto. En lo referido a la producción que está situada en las grandes empresas, es posible reconocer y diferenciar algunas áreas ya exploradas de estos procesos. Sin embargo, autores como Zukerfeld [2] consideran que es muy reciente y escaso el conocimiento disponible con respecto a la forma de organizar la producción y el trabajo informativo, en microempresas y PyMEs del sector.

1.2. El sector de producción de software y servicios informáticos (SSI)

La producción de SSI forma parte del sector económico de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) junto a las empresas de hardware y telecomunicaciones. Al presente, se está convirtiendo en uno de los ámbitos con mayor potencial de crecimiento. Para el Consejo Económico y Social, CONES [3] de la provincia del Chaco, también está considerado como un factor estratégico del desarrollo.

En nuestro país, este sector ha sido equiparado con otras industrias en las regulaciones de promoción industrial. Desde el año 2004, fue promovido por la Ley N° 25.856 con el fin de favorecer estas actividades mediante instrumentos de beneficios impositivos y estabilidad fiscal similares a los aplicados a las otras ramas de actividad industrial. Su desarrollo fue estimulado mediante la Ley de Software, N° 25.922 que instauró un régimen de promoción de la “industria” del software, a partir de Septiembre de ese mismo año 2004. Algunos de sus artículos fueron modificados recientemente, por la Ley 26.692 en Septiembre de 2013.

La industria de SSI comprende “...actividades de creación, diseño, desarrollo, producción e implementación y puesta a punto de los sistemas de software desarrollados y sus documentación técnica asociada, tanto en su aspecto básico como aplicativo, incluyendo el que se elabore para ser incorporado a procesadores utilizados en bienes de diversa índole, tales como consolas, centrales telefónicas, telefonía celular, máquinas y otros dispositivos” (Ley 25.922: Art. 4)

La misma normativa define al software como: “...una expresión organizada de un conjunto de órdenes o instrucciones en cualquier lenguaje de alto nivel, de nivel intermedio, de ensamblaje o de máquina, organizadas en estructuras de diversas secuencias y combinaciones, almacenadas en medio magnético, óptico, eléctrico, discos, chips, circuitos o cualquier otro que resulte apropiado o que se desarrolle en el futuro, previsto para que una computadora o cualquier máquina con capacidad de procesamiento de información ejecute una función específica, disponiendo o no de datos, directa o indirectamente” (*ibíd.*: Art.5)

De acuerdo a un reporte elaborado por el Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Informáticos¹ (OPSSI) de la Argentina, para los años 2005-06, las

¹ El Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Informáticos de la Argentina (OPSSI) es una iniciativa de la CESSI, Los resultados del programa de trabajo del OPSSI permiten a los usuarios de la información conocer el estado y

principales características que presentaba este sector en nuestro país, eran: recursos humanos muy bien calificados; innovación y capacidad creativa; infraestructura de telecomunicaciones e informática adecuada; costos y precios competitivos; creciente inserción en nuevos mercados externos y aumento en las exportaciones; trabajo mancomunado entre el gobierno, el sector académico y el sector empresario; fuerte recuperación del mercado interno; un marco legal que incentiva el desarrollo del sector.

También, según OPSSI, en nuestro país la estructura de la industria de SSI estaría constituida por unas 4.000 empresas, aproximadamente, entre las que 1.700 se podrían encuadrar dentro de la categoría PyMEs; más otras 2.000 de carácter unipersonal y una veintena de grandes empresas transnacionales.

Las empresas se dedican a actividades como desarrollo, producción, comercialización e implementación de software, y todas las variantes de servicios relacionados (consultorías, capacitación, instalación y mantenimiento de productos, entre otras). La mayoría, se localiza en los centros urbanos más grandes del país, donde se les presentan más oportunidades de atraer mano de obra calificada, factor fundamental para su desenvolvimiento.

En Resistencia, el sector se presenta heterogéneo e integrado mayormente por empresas de dimensiones micro y PyMEs, que han sido incentivadas por las regulaciones promocionales. Según Ceballos Acasuso *et al.* [3], hay evidencia preliminar que estaría indicando que su baja formalización impacta sobre ellas restringiendo tanto sus posibilidades de desarrollo como de sostenibilidad.

No obstante, empíricamente se constata un interesante intercambio de relaciones productivas, conexiones económicas y de conocimientos, entre las organizaciones y los expertos presentes en el medio. Así como también, entre estos actores con instituciones públicas y/o privadas de formación técnica y superior, especialmente con la UTN Resistencia [4].

Asimismo, el área estudiada cuenta con gran potencial de emprendedores capacitados para atender la demanda laboral en este ámbito. Las universidades localizadas en el territorio comenzaron a ofrecer diversas carreras orientadas a la formación de profesionales en estas especialidades, al advertir que el conocimiento en informática, sistemas y otras especialidades de la rama, se conformaba como el sustento de numerosas actividades. Las carreras disponibles en las universidades nacionales son: ingeniería en sistemas de información (SI) y tecnicatura superior en programación, en UTN Facultad Regional Resistencia; ingeniería en SI y analista universitario en SI, en la Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAus); licenciatura en SI y analista universitario en programación, en la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

1.3. Organización del trabajo y de la producción en el sector SSI

La organización del trabajo constituye el espacio donde se define el contenido de las tareas de sus miembros, así como las modalidades de su articulación. Incluye el análisis de los puestos de trabajo, las calificaciones, las condiciones de trabajo y las relaciones jerárquicas, entre otros aspectos [5].

El sector informacional presenta rasgos específicos en la organización de las unidades productivas debido a que, por un lado, tenemos el advenimiento de la empresa en red como organización posfordista del capital; y por el otro, la producción descentralizada por fuera del ámbito empresarial a través de internet, a la cual se la denomina producción colaborativa.

Rifkin [6] señala al respecto que:

la evolución del sector del software y servicios informáticos (SSI) de la Argentina en términos de variables clave como facturación, exportaciones y empleo. [En línea] <http://www.cessi.org.ar/opssi-reportes-949/index.html>

“En las empresas en red, el espacio privado aparece sustituido por el espacio social. Los equipos de proyectos que trabajan juntos compartiendo continuamente la información, el conocimiento y sus habilidades, precisan áreas abiertas que estimulen la comunicación cara a cara” (Ibíd.: 20)

Entonces, la producción de software se caracteriza por la prestación de servicios intangibles, haciendo uso intensivo del conocimiento y de la innovación como principales fuentes de generación de ventajas competitivas.

En tal sentido, los procesos de innovación en estas organizaciones no se limitan al tipo de máquina utilizada sino que se extienden a la idea de “tecnologías de gestión” también llamadas blandas o invisibles. Y se considera innovación organizacional a toda modificación de la organización que se traduce en un desarrollo de nuevos conceptos en las técnicas de logística, la programación de fabricaciones y la asignación de tareas en los puestos de trabajo.

Por su parte, estudios recientes señalan que quienes se desempeñan en el sector SSI requieren de una continua capacitación y formación profesional, debido a las modalidades específicas de organizar el trabajo y a las innovaciones permanentes [7].

2. Materiales y Métodos

El proyecto en ejecución² se propone examinar el fenómeno de las relaciones de trabajo en la actividad de SSI, haciendo foco en el trabajo “informacional”, las relaciones de empleo y las interacciones entre todos los actores involucrados; o sea, trabajadores, empresas, instituciones educativas, ONGs, proveedores, clientes y otros agentes culturales.

La estrategia metodológica elaborada implica un diseño cuanto-cualitativo.

Desde la perspectiva cuantitativa, se utiliza la encuesta para obtener datos que representen características del grupo de empresas. Para la obtención de estos datos primarios, se aplica la técnica del cuestionario en situación de trabajo de campo, cara a cara. El formato empleado está basado en el instrumento general consensuado para la puesta en marcha del observatorio de desarrollo productivo de la UTN³.

La aproximación cualitativa se lleva a cabo a partir de entrevistas semi-estructuradas acerca de los aspectos en estudio, realizadas a sujetos que trabajan en las unidades productivas de SSI (trabajadores y empresarios), así como a informantes y expertos. Se ha diseñado una muestra teórica de casos significativos y se profundiza en ella el estudio de las variables investigadas. Las tareas de codificación e interpretación de la información siguen la teoría fundamentada de datos (TFD). Como técnica complementaria para esta instancia se utiliza la observación directa de los lugares de trabajo.

El grupo de organizaciones estudiadas para la caracterización sectorial SSI, está conformada por 19 empresas localizadas en Resistencia. Entre ellas se encuentran unidades PyMEs y microempresas. Para la muestra teórica, se escogieron 8 empresas en las que se entrevistó a todos los responsables de las mismas (socio/gerente/líder), durante el año 2015.

² Proyecto UTN-IAI 3823 TC “Trabajo y Empleo en la producción de Software y Servicios Informáticos en el área del Gran Resistencia”. Disposición N° 235/15, Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. UTN

³ Esto implica un formulario compatible con el modelo genérico diseñado para el proyecto integrador UTN 1922 (2013-15), en su fase I (formulario tipo “A” - *Observatorio de Desarrollo Productivo*); y un formulario específico para el relevamiento sectorial (formulario tipo “B” - sector *ISSI*).

3. Resultados y Discusión

Para empezar a entender el fenómeno del trabajo informacional y los escenarios productivos donde se realiza, comenzaremos por precisar algunas características que exhibe el conjunto de las organizaciones estudiadas, que son parte del sector informático en la zona de referencia (*cfr.* puntos 3.1. a 3.6).

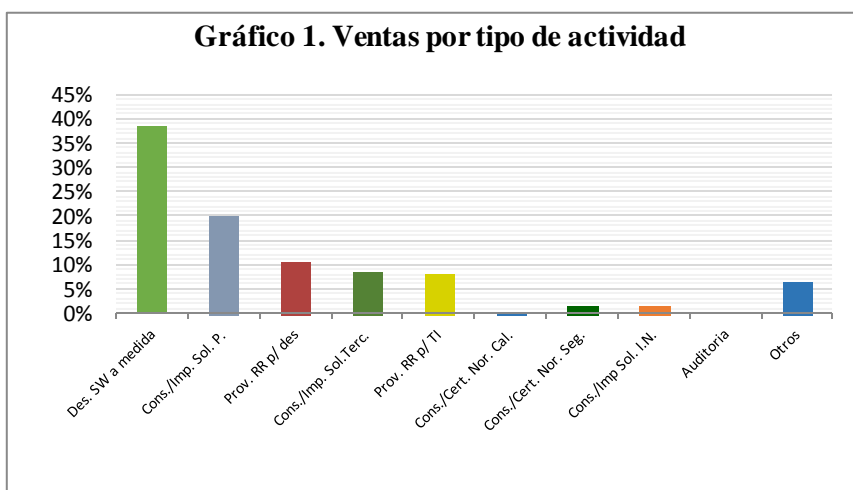
Luego, presentamos información relevada con técnicas cualitativas sobre aspectos que arrojan una mayor comprensión sobre el tema estudiado (*cfr.* 3.7 a 3.8).

3.1. Trabajo situado en cada tipo de actividad, según indicador de ventas

La información obtenida respecto al porcentaje de ventas según tipo de actividad (gráfico 1), resulta un indicador de que el trabajo de desarrollo de software a medida, predominaría por sobre las demás actividades, representando el 38% sobre el total de las ventas del sector.

La segunda actividad más frecuente sería la de consultoría e implementación de soluciones propias, con un 20% de las ventas. Luego, las actividades de provisión de recursos para tecnologías informáticas (en adelante TI), provisión de recursos para desarrollo y consultoría, e implementación de soluciones de terceros, que alcanzan entre el 8% y el 10%.

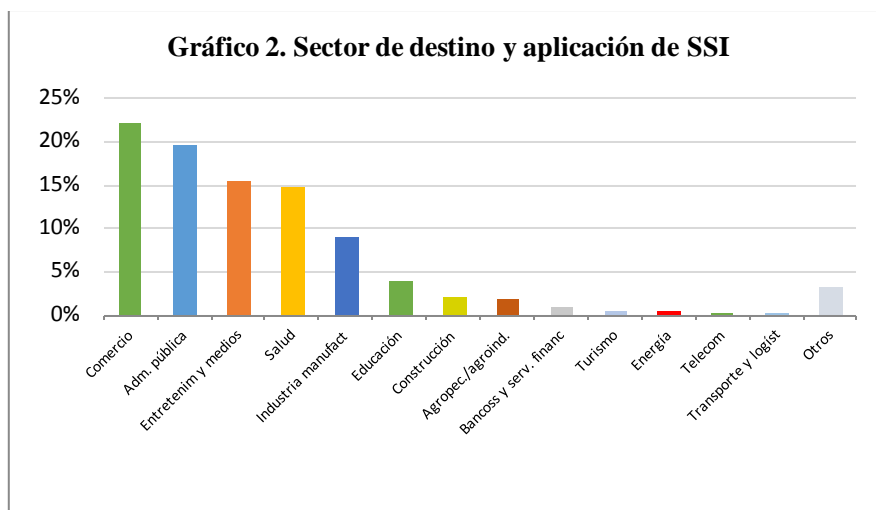
Las ventas en las demás actividades no resultan ser significativas, ya que poseen porcentajes menores al 5% sobre total.



Fuente: Elaboración propia, GEISIT/MIG UTN-FRRe. 2016

3.2. Sector de destino y aplicación de SSI

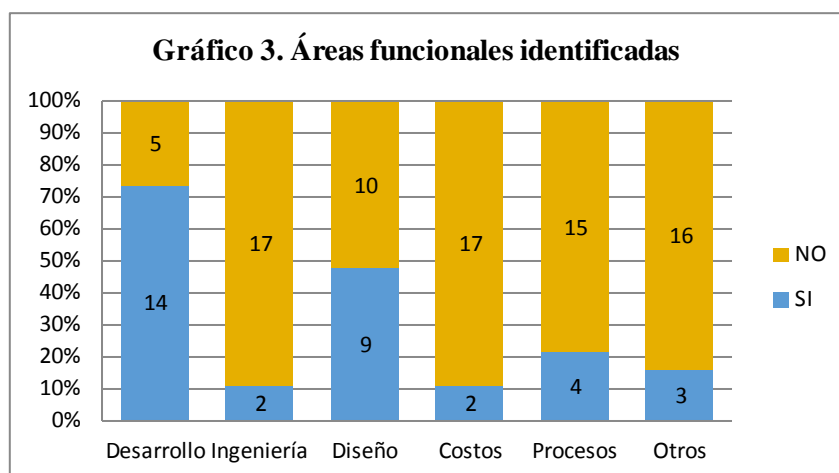
El sector de servicios es el principal destinatario del trabajo informacional originador de productos y servicios, desde las empresas de SSI hacia el mercado. El gráfico 2 muestra que, donde mayoritariamente se aplican SSI producidos, es la actividad del comercio, representado por un 22% sobre el total de ventas. Otros sectores de aplicación que resultan significativos, según las ventas son: administración pública con 19,5%, entretenimientos y medios con 16%, salud con 14% y la industria manufacturera con 9%.



Fuente: Elaboración propia, GEISIT/MIG UTN-FRRe. 2016

3.3. Áreas funcionales en las organizaciones

En cuanto a la distribución del trabajo informacional en áreas funcionales identificadas en las organizaciones (gráfico 3), se advierte que más del 70% tendría un área dedicada al desarrollo; y un 47% contaría con un área de diseño. Las áreas de procesos, ingeniería y costos, son indicadas como existentes en menor medida entre el 10% y el 20% de las empresas.

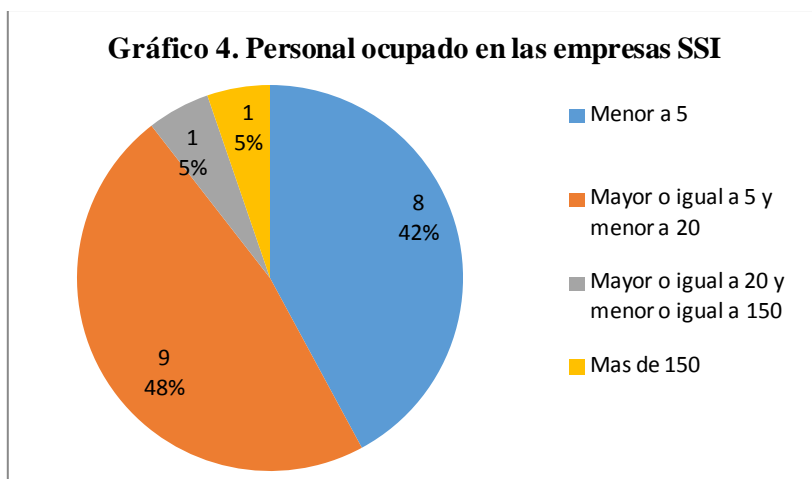


Fuente: Elaboración propia, GEISIT/MIG UTN-FRRe. 2016

3.4. Personal ocupado en las empresas SSI

La cantidad de personal que trabaja en las empresas encuestadas (gráfico 4), alcanza un total de 114 personas. Esto representaría un promedio de 6 trabajadores por empresa.

Entre las organizaciones del grupo, el 48% posee una cantidad de trabajadores mayor o igual a 5 y menor a 20; el 42% cuenta con menos de 5 trabajadores; el 10% restante tiene una dotación de más de 20 personas trabajando.



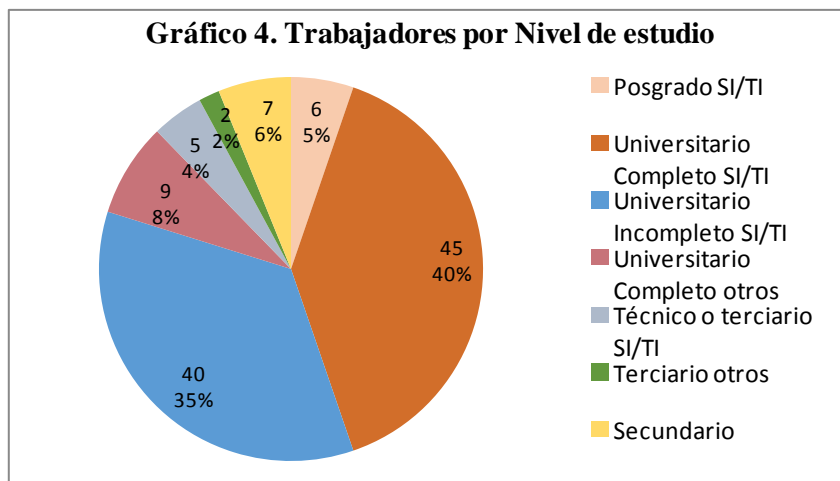
Fuente: Elaboración propia, GEISIT/MIG UTN-FRRe. 2016

3.5. Trabajadores por nivel de estudio

De los 114 trabajadores ocupados en las empresas en estudio, 107 estuvieron insertos en el sistema formal de educación superior. El 48% posee estudios universitarios completos; y de esta proporción, el 40% se refiere a estudios específicos en SI/TI, y el 8 % a otras carreras universitarias no específicas del sector. Se observan también 6 casos con posgrados completos en SI/TI.

Por otra parte, el 35% tiene un nivel universitario incompleto; destacando que gran parte se encuentra cursando alguna carrera, aunque también encontramos sujetos que han abandonado esta instancia de formación.

El 6% alcanza un nivel técnico o terciario y, por último, hay otro 6% que ha alcanzado a completar el nivel secundario.



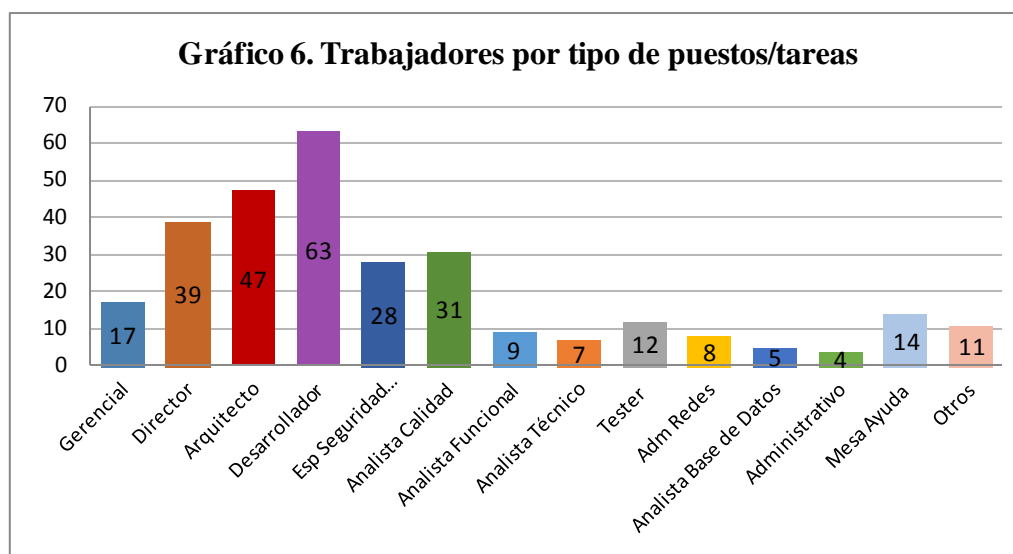
Fuente: Elaboración propia, GEISIT/MIG UTN-FRRe. 2016

3.6. Trabajadores por tipo de puestos/tareas:

Sobre los puestos/tareas más frecuentes, se observa que 63 personas realizan su trabajo como desarrollador, o sea el 21% del personal ocupado total. El siguiente trabajo más frecuente es el de arquitecto/diseñador de soluciones, que reúne 47 trabajadores y esto implica el 16%; hay 39 directores, o sea el 13%; 31 analistas de calidad, que implica el 11%; y 28 trabajadores en seguridad de aplicaciones, es decir, el 9% del total de puestos/tareas.

Para los demás puestos/tareas como analista funcional, analista técnico, tester, administrativo, y otros no especificados, se registran entre 4 a 17 trabajadores; o sea, del 1 al 6% (gráfico 6).

Debido a que el sector SSI de Resistencia está conformado principalmente por microempresas y PyMEs, se trata de organizaciones con un reducido número de trabajadores. Por lo tanto, al observar las dimensiones de multifunción/especialización se comprueban muchas situaciones laborales donde la multifunción de tareas equivale a un trabajo polivalente. Esto es, un trabajador no concentra su actividad en un solo “puesto” sino que se desempeña en varios de aquellos antes mencionados. Por ejemplo: una persona se encarga de tareas que van desde el diseño de una solución, su análisis y desarrollo, hasta el control de calidad. Esto incluye también a quienes se desempeñan como directores, o gerentes de las firmas.



Fuente: Elaboración propia, GEISIT/MIG UTN-FRRe. 2016

3.7. Organización del Trabajo, en empresas SSI

A continuación, se ilustran con párrafos escogidos ciertos aspectos considerados significativos en el proceso de producción de SSI. Ellos nos proporcionan una idea más acabada de cómo se trabaja en estas organizaciones, según la perspectiva de los actores y protagonistas.

3.7.1. Organización por proyecto

“Nos organizamos por proyectos. A los proyectos los clasificamos en proyectos de desarrollo, proyectos de mantenimiento, proyectos de mejoras para algunos paquetes que ya están en funcionamiento (...)”

“Una vez hecho el contacto, nos reunimos con el cliente y estudiamos las necesidades del mismo y las soluciones que les podríamos brindar. Clasificamos que tipo de necesidad tiene, desarrollo a medida, implementación de soluciones de terceros, o un mix de ambos. Una vez que están determinadas las necesidades existentes, se dividen los equipos que se encargarán de cada cosa, dependiendo si el proyecto es muy grande o es pequeño en lo que respecta a los tiempos. Muchas veces, cuando el proyecto excede ciertas características optamos por tercerizar ciertas partes del mismo.”

“La secuencia está organizada de acuerdo al proyecto que se nos encargue. Se organizan las tareas en función de la tecnología que requiera el proyecto. Hay diversidad en esto porque hay proyectos de diseño industrial y también de

programación. En función de lo que requiera el proyecto, se define a que persona le toca cada actividad de acuerdo a lo que él sabe. Porque, por ejemplo, hay personas que realizan simulación de robótica y nosotros no tenemos esos conocimientos, sólo aplicamos nuestro de conocimiento de software para complementar ese proyecto.”

3.7.2. Distribución funcional de tareas

“La empresa no se encuentra dividida por área o departamentos bien definidos, debido a que somos pocos los integrantes de la misma y la mayoría de la veces todos realizamos más de una función. Nos gustaría en el futuro poder expandirnos, y así poder organizar y definir las tareas por sectores.”

“No hay áreas definidas, somos dos ingenieros en software que [por ahora] nos dividimos las tareas a realizar en función de los proyectos, pero no identificamos áreas o departamentos.”

“... consideramos que tenemos definidos los sectores. Tenemos desarrolladores, después estoy yo que me encargo de la parte que le podríamos poner como gerencial en la cual me encargo de las ventas y del trato con el cliente, y después tenemos la parte técnica, que hace lo referido a la implementación.”

“Nosotros trabajamos hace varios años en el mismo rubro, entonces tenemos bien definidas cuáles son nuestras funciones...”

3.7.3. Rotación de tareas y de funciones

“[...] dentro de la organización los puestos se solapan, las tareas van rotando. Básicamente, depende de cada proyecto también; pero generalmente quien contacta con el cliente, o atrae al cliente, conoce un poco más las intenciones del mismo. Por lo cual, se convierte en líder o director del proyecto. Tenemos un sistema en el cual asignamos cierta cantidad de tareas a cada uno, luego de haber tenido una reunión con quien dirigirá el proyecto.”

“Tenemos un poco de todo. Hay personas que realizan varias tareas, no una específica. Hay quienes tienen sus tareas específicas y bien diferenciadas; y están los que desarrollan tareas de dos perfiles distintos; por ejemplo, es analista funcional pero está también en la mesa de ayuda.”

“Varios de los que estamos trabajando acá tenemos que realizar más de una tarea, pero es en función del rubro en el que estamos y las tareas que se van presentando. Las tareas ya las tenemos definidas, pero varía el que la realiza según el proyecto o producto.”

3.7.4. Equipos flexibles por proyecto

“Los puestos existentes se organizan de acuerdo al proyecto, a quien contactó con el cliente, y a las necesidades que demande el mismo. La empresa está compuesta por [...] socios, y la formación que tenemos es así: yo soy ingeniero en sistemas; el segundo socio podríamos decir [que] es diseñador gráfico; un [...] socio, está estudiando ingeniería en sistemas [...]; y [otro] es técnico superior en programación egresado de la UTN. Hay dos personas que no pertenecen a la empresa, [a las que] delegamos algunas tareas, los cuales podríamos decir que trabajan part-time en algunas ocasiones. Uno de ellos es diseñador gráfico y otro es analista universitario en sistemas.”

“[...] no hay puestos definidos, se distribuyen en función de proyectos, tecnologías requeridas y conocimientos específicos de cada uno.”

3.7.8. Especialización de tareas y funciones

“Eso está definido de antemano, el que es desarrollador realiza tareas de desarrollo; los técnicos, la implementación de los trabajos. Y yo estoy más en la parte de las decisiones, pero en lo referido al trato con el cliente y las ventas. No es que se vaya decidiendo en función a los trabajos; cada uno hace lo de lo que tiene definido. Podríamos decir que ya tenemos las tareas que debe realizar cada uno de manera estandarizada y clara.”

“Para armar una especie de organigrama, podríamos decir que yo soy el gerente y luego están los desarrolladores y los técnicos. Pero no nos manejamos de manera tan estructurada en cuanto a llamarlo relaciones jerárquicas, sólo que cada cual hace lo que tiene que hacer y trabajamos como un equipo en conjunto.”

“El puesto gerencial sólo lo ocupo yo; director y líder de proyectos, tenemos uno; analista funcional, dos; analista de calidad, uno; analista técnico, uno; desarrolladores, cinco; tester, cuatro; administradores de base de datos, dos (aunque la habilidad la tienen varios, pero solo dos podemos decir que desarrollan esa tarea); administradores de redes y sistemas operativos, dos; administrativo, uno; mesa de ayuda, seis; arquitecto y diseñador de soluciones, tres; y especialista en seguridad informática, uno.”

“En la producción tenemos: al líder de proyectos, el analista de sistemas, el desarrollador o programador, el tester y el implementador. El líder del proyecto es el que generalmente tiene el contacto con el cliente.”

3.8. Formación requerida para incorporar personal

3.8.1. Formación universitaria

“Se buscan estudiantes avanzados o egresados y se consulta con algún profesor de las últimas materias que referencias tiene, se busca alguien recomendable. Se busca la formación, obviamente, porque es necesaria. Cualquier persona no puede trabajar en este sector.”

“No somos de incorporar personas, debido a que nuestra estructura es pequeña tanto en cuanto al trabajo, como a nuestra disponibilidad de infraestructura. Todavía no surge la imperiosa necesidad de incorporar más personal, cuando el trabajo nos excede lo tercerizamos. Pero en el caso de que exista una búsqueda, si se buscaría a personas con formación específica de nuestro sector, como ser técnico superior en programación. Debido a que es necesario conocer y saber del tema, no es como cualquier otro trabajo que quizás hay cosas que lo vas aprendiendo, mientras miras y lo sacas rápido.”

“Se busca gente que esté estudiando la carrera de ingeniería en sistemas, pero también vinieron chicos de la tecnicatura superior en programación, por el tema de las pasantías. Pero generalmente sí, [se incorpora] gente que se recibió o esté estudiando porque el tema de los conocimientos básicos que se necesitan.”

3.8.2. Experiencia no determinante

“En nuestra industria, la experiencia no es determinante porque vos podés tener años de experiencia en una tecnología que nosotros no la usamos; o no se usa más y

no te sirve de nada. Básicamente, se busca el deseo de aprender debido a que es muy mutable esto, cambia todos los días, se busca que quieran aprender y tengan ganas no que se encasillen en algo y sean cerrados.”

4. Consideraciones finales

A partir de los datos obtenidos y del análisis efectuado, se puede concluir que la noción de trabajo informacional expresa una categoría conceptual útil, ya que permite captar aspectos esenciales sobre las nuevas ocupaciones surgidas de una sociedad, una economía y una tecnología diferentes a las de la etapa industrial del capitalismo. Sin embargo, se hace evidente que no resultaría posible asimilar la noción de sector informático, con la de trabajo informacional debido a que la distribución dinámica y extendida de este último, lo lleva a trascender esa limitación sectorial.

Esto es así, porque el trabajo informacional se distribuye ampliamente en casi todos los sectores económicos, pero adquiere atributos específicos en el ámbito de las organizaciones productoras de bienes y servicios informáticos.

Queda claro que la tecnología y la naturaleza tan particular del bien/servicio moldean la organización de la producción de SSI y del trabajo en este nuevo ámbito de la economía. Por eso, en las empresas estudiadas se observa una acentuada orientación hacia la organización por proyectos.

Desde el punto de vista ocupacional, las funciones y tareas aparecen asociadas a competencias y capacidades más que a la definición previa de puestos establecidos. No obstante, se observa en todos los casos examinados una agrupación consistente de tareas en torno a cargos, con las siguientes identificaciones: director, líder de proyecto, desarrollador, arquitecto/diseñador de soluciones, analista de calidad, analista de seguridad de aplicaciones, analista funcional, analista técnico y tester, entre otros.

El desenvolvimiento de los integrantes de los equipos se presenta algunas veces flexible y polivalente y, otras veces, desde la especialización particular que le brinda su experiencia y trayectoria laboral más que por sus credenciales educativas formales. De tal manera, las dimensiones de multifunción/especialización estarían dando cuenta de estrategias de gestión del conocimiento (o saberes), más que referirse a decisiones *a priori* sobre la organización del trabajo.

Las dimensiones de precariedad/estabilidad que resultan válidas y explicativas de la calidad del empleo, en términos generales; encuentran limitaciones para adquirir igual significado para los actores del “mundo” informacional, en contextos laborales de microempresas y PyMEs. Estas relaciones de trabajo se construyen en términos del sincretismo entre lo que los unos y los otros consideren valioso, dentro de los estándares habituales para la actividad.

Para los trabajadores jóvenes, su inserción laboral significa el valor de adquirir experiencia formando parte de un equipo organizado por proyecto con trabajos muy dinámicos y flexibles, pero efímeros. Más bien, la continuidad o estabilidad de las relaciones laborales resultan correlacionadas con la sustentabilidad empresarial, en estas pequeñas y medianas empresas.

Para los directivos empresarios, resulta de suma importancia identificar atributos de idoneidad y confiabilidad, tanto en la masa crítica con que cuenta la organización como en aquellos trabajadores externos a los que se acudiría cuando los proyectos lo requieran.

Para finalizar, y en lo atinente a la formación requerida para una selección del personal, prevalecería una demanda por los estudios formales específicos en SI/TI. En las empresas analizadas, la experiencia laboral no resultaría determinante en la decisión de contratar

posiblemente debido al constante cambio tecnológico. El perfil de búsqueda se asociaría, generalmente, con atributos subjetivos del candidato como su disposición al aprendizaje y una actitud proactiva respecto a las tareas.

5. Referencias

- [1] Castells, M. (2000). *La era de la información: economía, sociedad y cultura. La sociedad en red*. Volumen I. Buenos Aires: Siglo XXI
- [2] Zukerfeld, M. (2010). *Obreros de los bits. Conocimiento, trabajo y tecnologías digitales*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes
- [3] Ceballos Acasuso, M; Lovey, C.; Moreiro, F.; Oviedo, L.; Burgos, M.; Graf Sundberg, T. (2014a). *¿Constituyen una industria las actividades de producción de software y servicios informáticos en Resistencia (Chaco)?*. III Jornadas de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes. UTN FRRe. Resistencia, 9, 10 y 11 de Junio
- [4] Ceballos Acasuso, M.; Lovey, C.; Oviedo, L.; Moreiro F. (2014b). *Avances en la caracterización del sector de software y servicios informáticos (SSI) de Resistencia, Chaco*. En Revista Rumbos tecnológicos-Año 6- Vol. 6. Abril. UTN Facultad Regional Avellaneda
- [5] Ceballos Acasuso, M. (1999) *El trabajo como fenómeno multidimensional*. Notas para una revisión conceptual. Documento de trabajo N° 1. Cátedra de Introducción a las relaciones del trabajo. Universidad Nacional del Nordeste.
- [6] Rifkin, J. (2000). *La era del acceso*. Buenos Aires: Grupo Planeta.
- [7] Lenguita, P; Miguez, P; Giordano, P. (2011) *Condiciones de explotación y fuerza de trabajo y en la industria del software*. En: Montes Cató, J (coord), *El Trabajo en el capitalismo informacional. Los trabajadores de la industria del software*. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, PICT 32620 (2007-2009) Universidad de Buenos Aires proyecto UBACyT

Otras fuentes consultadas:

- Ley 25.856/2004. Industria del Software y Servicios Informáticos: [En línea] <http://infoleg.mecon.gov.ar>
- Ley 25.922/2004. Ley de Promoción de la Industria del Software. [En línea] <http://infoleg.mecon.gov.ar>
- Ley 26.692/2011 - Prorroga el régimen de promoción de la Industria del Software y modifica alguno de sus artículos. [En línea] <http://infoleg.mecon.gov.ar>
- CONES (2010). Plan estratégico de la Industria del software y Servicios Informáticos del Chaco. [En línea] <http://frre.utn.edu.ar/?mode=clean&mod=files&func=get&item=1396>

Ejercicio Profesional de la Ingeniería



TRANSFORMACIONES EN LAS CONTRATACIONES DE INGENIEROS EN LA DÉCADA 2000-2010

Marta Panaia, Conicet / UBA, ptrabajo@yahoo.com.ar

Resumen— Uno de los problemas menos abordados en los estudios especializados de sociología de las profesiones, particularmente en América Latina, es la incidencia que tienen las decisiones de política universitaria sobre las transformaciones al interior de cada generación de egresados e indirectamente sobre los contenidos del currículo, facilidades de ingreso y graduación en el nivel y características del empleo en el mercado de trabajo.

Palabras clave— *Ingenierías, Contrataciones, Argentina.*

1. Introducción

Desde la política económica tampoco ha sido llamativa la preocupación por reconocer las consecuencias de los niveles de desempleo y la inestabilidad de los ingresos en el mercado de trabajo profesional, en el rol de las instituciones, particularmente las empresas. Tampoco se analiza la incidencia de la flexibilización de la producción sobre los horarios de trabajo y las contrataciones de los profesionales implicados en el proceso. No están claros los interrogantes teóricos cuando se trata de establecer si la inserción en el mercado de trabajo es solamente individual o debe considerarse también el efecto colectivo de pertenecer a un mismo grupo, generación o época. Si se debe encarar el análisis solo desde la perspectiva profesional o se justifica también un análisis macroeconómico, donde hay tendencias colectivas. Si las necesidades de medición son las mismas para el *proceso* de inserción que para el *acto* de inserción.

Este último aspecto amerita algunas precisiones ya que las dificultades crecientes encontradas por numerosos jóvenes para insertarse en la vida activa, en las investigaciones realizadas por los Laboratorios MIG [1] ,se traducen cada vez más en un alargamiento de la “*transición profesional*”; hecho al que se agrega el aumento de “*zonas de actividad más flexible*, que contribuyen a la formación de espacios de reinterpretación y de reinención de las normas de trabajo y de actividad que pueden ofrecer alternativas a las formas de acceso al trabajo asalariado y a la aparición de estas formas sociales “*intermedias*” que reflejan las intensas fragmentaciones del trabajo, pero también la distancia cada vez mayor entre las expectativas de los jóvenes, la promesa simbólica de los títulos universitarios y la verdadera posibilidad de realización de los jóvenes universitarios. La extrema complejidad de estos escenarios intermedios permite múltiples posibilidades de análisis.

La distribución por rama de actividad de cada una de las generaciones arroja datos muy interesantes ya que en algunas generaciones hay ramas en las que no se accede y en otras sí, en algunas la concentración es muy fuerte y en otras, en cambio, predomina una gran dispersión. La relación entre el comportamiento de cada cohorte y la situación de la

producción en el país muestra una gran riqueza para encarar cambios y capitalizar la experiencia de los inconvenientes sorteados por cada una de las generaciones de egresados.

2. Materiales y Métodos

La Argentina carece de estadísticas sistemáticas sobre el mercado de trabajo profesional, de manera que es bastante difícil hacer análisis confrontando las diferencias entre el mercado interno de las empresas y el comportamiento del mercado de trabajo profesional, sus estadísticas transversales son pobres y con problemas de completud y sus relevamientos son sumamente limitados en cuanto a trayectorias de los graduados en el mercado de trabajo, con posterioridad a la graduación, donde el *concepto de duración* y la *medición del tiempo de duración de los empleos* o la flexibilidad de los tiempos de producción es considerado crítico en la actualidad. También resulta bastante complejo seguir estos egresados cuando se incorporan al mercado de trabajo de las empresas ya que tampoco estos se pueden vincular estadísticamente con metodologías que tengan una *perspectiva temporal y genética* y que permitan superar el esquema de la economía aplicada para articular los aportes de la economía del trabajo [2].

En ese ámbito solo pueden encontrarse estudios de caso, realizados con variados marcos teóricos y estadísticos, que si bien resultan pioneros a la luz de la carencia sistemática, alumbran poco sobre el fenómeno a nivel nacional. Los datos relevados por el Ministerio de Educación sobre los egresados con título universitario no tienen ninguna continuación posterior a su egreso, de manera que una vez que salen del sistema, es difícil saber sus trayectorias y las formas de su inserción en el mercado de trabajo, menos aún hacer un seguimiento de sus carreras de empresa.

De esta forma son muy pocos los datos que nos permiten evaluar la secuencia de comportamiento de los titulados universitarios en el mercado de trabajo y sobre todo las *secuencias continuas de empleo* [3] o la *cantidad de contratos*, que son las que nos permitirían establecer criterios respecto a la estabilidad de los mismos o sobre la flexibilidad de los sistemas de producción en cada rama.

Cuando se trata de abordar realidades sociales tan complejas como la flexibilización de la norma temporal, la inserción en el mercado de trabajo de los profesionales, el abandono del sistema educativo, los procesos repetidos de desempleo, las relaciones entre distintas cohortes o generaciones y aún las relaciones intra-generacionales, donde la medición del tiempo se hace indispensable para comprender la estabilidad de las trayectorias, se presentan tres tipos de obstáculos: un obstáculo de tipo ideológico que deriva del tipo de marcos teóricos impuestos en los análisis de la relación educación-trabajo, muy relacionados con la teoría del capital humano, las hipótesis credencialistas y enfoques cuantitativistas frecuentes en educación.

Un segundo tipo de obstáculos deriva de la aplicación de modelos deductivos asociados a los análisis económicos, aplicados a la sociología, que desconocen la construcción de teoría tomando como base los datos de la realidad. Por último, un tercer obstáculo de tipo metodológico se deriva de la falta de cuestionamiento sobre los métodos usuales de medición del tiempo que se usan en Ciencias Sociales, donde la variable que es siempre discreta, se trata como continua. El cambio que se ha producido en el sistema productivo por la implementación de construcciones jurídicas, y sociales distintas a la típicamente fordista, no han sido incorporadas a las formas de medición condicionando fuertemente los resultados obtenidos.

La generalización de horarios irregulares de trabajo, el teletrabajo, el trabajo virtual, las formas de trabajo por objetivo y el trabajo flexible, hace que la noción de duración del trabajo tienda a desaparecer o a perder sentido, pero ¿cuáles son las nuevas normas dominantes y cuáles las

conceptualizaciones que ayudarían a comprender las nuevas normas temporales del trabajo y de la producción?

Como señalo en otros trabajos, es importante asumir el desafío de construir conceptos y modelos capaces de explicar prácticas sociales y trayectorias que se desenvuelven en el tiempo, contemplando al mismo tiempo el conjunto de relaciones sociales que van variando con ellas. Esto supone un análisis de tipo genético y esto es imposible si no se introduce la *medición del tiempo*, lo cual implica un desafío conceptual, metodológico y matemático.

Para ello, los estudios de datos transversales resultan muy limitados y las propuestas econométricas del tipo LOGIT, suelen tratar el tiempo como una constante, lo cual limita mucho las interpretaciones de los datos. Consideramos necesario actualizar las propuestas estadísticas con recolecciones de datos de tipo longitudinal y, al mismo tiempo, integrar los datos de tipo cuantitativo con la recolección de datos de tipo cualitativo, articulados desde la recolección e incluyendo un modelo de procesamiento de los datos que respete la recolección longitudinal, para facilitar el análisis [4]. Si avanzamos en uno de estos tramos, sin avanzar en los otros, seguimos utilizando modelos fotográficos de procesamiento con instrumentos pensados para la captación longitudinal o nos vemos obligados a utilizar más de un instrumento y más de una forma de procesamiento, lo cual cuanto menos complejiza el análisis. Los distintos esquemas teóricos habituales en los análisis de la relación formación trabajo tampoco proveen de análisis de tipo longitudinal que puedan ser capitalizados en una experiencia como la que se plantea.

Con respecto, a la norma temporal dominante la actualidad social muestra que las normas sociales de tiempo de trabajo y empleo tiene una relación directa con la relación salarial, pero también con la noción de estabilidad y precariedad, con la multiplicación del despido, con los ciclos de vida activa y con las modificaciones del sistema de jubilaciones. De esta forma su medición, no es un tema menor [5]. Desde comienzos del siglo XX son los sectores patronales los que intentan imponer los horarios colectivos y una relación de empleo estable a los trabajadores, que en cambio, se resisten a la subordinación. Sin embargo, hoy en día, los trabajadores y los sindicatos son los que aparecen defendiendo la norma salarial fordista frente a los empleadores que en cambio quieren implementar la flexibilización del trabajo y del empleo [6].

Lo que resulta evidente es que los desafíos del tiempo de trabajo nunca pudieron ser aislados del conjunto de los desafíos ligados a los modos de control, de evaluación, de movilización y de remuneración de la fuerza de trabajo, pero si ha sido fuertemente neutralizado a nivel estadístico, convirtiéndolo en una variable constante. Compatibilizar los distintos esquemas teóricos para analizar el problema, por lo menos en la Argentina, carece todavía de instrumentación adecuada por varias razones: los cambios en la estructura productiva, el reacomodamiento de las instituciones empresarias y educativas, los cambios en la organización de los procesos de trabajo y las modificaciones en las entidades profesionales, como resultado de la doble presión que ejercen sobre ellos las transformaciones del mercado y los nuevos sistemas de relaciones entre actores. A esto se agrega y no con una importancia menor, la falta de la autonomía e independencia de teorías, técnicas y procedimientos extranjeros, necesarios para lograr un desarrollo de la ciencia en forma independiente para resolver problemas propios de nuestra sociedad.

Como señalan Boltanski, L y Thévenot, L. desde la epistemología de la Ciencia; “La tensión entre recurrir a formas generalizadas y la referencia a personas particulares no es el resultado de la confrontación entre dos sistemas de explicación, sino que está en el centro de cada uno de ellos. La construcción de dos niveles, el de las personas particulares y el de la generalidad

superior, forma un andamiaje teórico común a estos sistemas y los constituye como metafísicas políticas” [7].

3. Resultados y Discusión

Los estudios habituales de nuestros países muestran el decrecimiento de la norma taylorista-fordista a favor de la incorporación de las normas de trabajo flexible, pero poco muestran la infinita cantidad de matices que tiene la implementación de esta flexibilidad, por el dominio de las normas de mercado o por el aumento de la competitividad como eje dominante de la economía.

Desde lo técnico, se suele demostrar la caída del paradigma taylorista, señalando la importancia que cobran los conocimientos inmateriales como determinantes de la producción y, con ese criterio son la automatización y la informatización de las actividades las que diseñan un nuevo sistema técnico.

La innovación pasa a jugar un rol creciente en la competitividad de las firmas, incorporando el rol estratégico del descubrimiento y la anticipación de productos y servicios. Esta prioridad del conocimiento convierte en muy beneficiario salarial al polo más calificado de los asalariados, pero también tiene efectos sobre los asalariados subalternos, afianzando el proceso más o menos rápido de pérdida de interés en los controles y procesos tayloristas.

Desde lo económico, se señala, por un lado, la difusión de la relación de servicios o por lo menos de su lógica a casi todas las actividades económicas, así como sus formas de competir, y por otro lado, el aumento de las incertidumbres del mercado, que condiciona el funcionamiento de los trabajadores según las demandas de las clientelas. Por último, acompañan en general estos procesos los debilitamientos sindicales, las modificaciones o procesos de hecho de reconfiguración de las leyes del trabajo, con el aumento de las modalidades promovidas a favor de la flexibilidad y las nuevas concepciones de autonomía construidas desde las formas más atípicas de empleo y las nuevas subjetividades del trabajo.

Es muy probable que toda esta conjunción de procesos no se resuelva en una sola nueva norma de tiempo de trabajo y de empleo, sino en varias y que esta se corresponda con nuevas concepciones de los tiempos sociales. En definitiva, lo que se puede observar en los sectores productivos es la co-existencia de tiempos de trabajo y de empleo diferentes, que además coexisten con formas de evaluación y de control de modelos de organización diferentes, y formas emergentes de tiempos de trabajo encastradas en modalidades de control y organización residuales de la época taylorista.

Entonces es el propio tiempo de trabajo y empleo el que se encuentra en cuestión a favor de la emergencia de los nuevos tiempos de trabajo y empleo, sin medida, controlado por un sistema de compromisos sociales e individuales y por la subsistencia de formas híbridas de movilidad en el trabajo entre trabajadores asalariados e independientes [8].

Siguiendo las elaboraciones que surgen de las entrevistas y encuestas realizadas en los Laboratorios MIG a los graduados y profesionales que se insertan en el mercado de trabajo, se podrían conceptualizar a modo de síntesis tres tipos de modelos de tiempo que aparecen más frecuentemente en la inserción de los técnicos y profesionales más ligados a la actividad industrial. Si bien, cuando se analizan los casos concretos es difícil identificar tipos puros y las formas híbridas son las más frecuentes. Además aparecen diferencias según la zona de referencia de la universidad origen de la graduación sea industrial, de servicios o agro-industrial y si sus graduados trabajan o no en la región.

La *norma fordista* como dominante, en términos mayoritarios, con tiempos claramente establecidos y especializados, donde los controles, son externos e internos y la acción se encuentra encerrada dentro de los límites de la fábrica.

Los tiempos están establecidos y cuando exceden de la norma como las horas extras o los horarios nocturnos, se encuentra pautado su reconocimiento en remuneraciones a un valor superior al de la remuneración normal. Esto va acompañado de una dinámica social, donde también están reconocidos los espacios de descanso y esparcimiento y los controles sociales para cursar la carrera profesional y la movilidad ocupacional.

La otra norma que aparece con distintos grados de visibilidad es la *norma flexible heterónoma* [9] en general impuestas desde distintas realidades empresarias, asociadas a formas específicas de producción y asociadas a las capas más precarias de trabajadores. En general se trata de normas aceptadas por imposición y no elegidas o concertadas por los trabajadores. Son pautas de temporalidad de poca legitimidad y muy asociadas a las normas de servicios, con corta duración y extendidas en las capas más precarizadas de la población trabajadora.

Por último la *norma flexible autónoma* [10], donde es posible organizar y dirigir el propio tiempo de trabajo y está fuertemente extendida entre los cuadros jerárquicos y los profesionales, intelectuales y categorías. Suele estar asociada a las formas de trabajo autónomo, por proyecto, a los cargos con compromiso jerárquico, al trabajo de los artistas y al trabajo profesional de mujeres de alto nivel cultural [11].

El desafío es, una vez logradas las definiciones conceptuales de las nuevas formas de tiempos de trabajo y de empleo, encontrar definiciones operacionales que permitan objetivar en estadísticas estas nuevas formas de los tiempos de trabajo y del empleo.

4. El caso de las Ingenierías

Las últimas décadas muestran una crisis de estas profesiones tradicionalmente establecidas, como la ingeniería, por los cambios en el mercado de trabajo profesional y en la estructura productiva. En definitiva, como afecta esto su desempeño profesional, su calidad de vida y sus aspiraciones profesionales. Cuál es la incidencia de la flexibilización de los mercados de trabajo, la segmentación de los mismos o la heterogeneidad y coexistencia de distintos mercados de trabajo ante las trayectorias de *carrera interna de la empresa*, pero también para su inserción en el *mercado abierto*.

Existe bastante consenso entre los estudiosos del tema sobre tres procesos que resultan significativos a la hora de evaluar los procesos que los afectan más directamente. En *primer* lugar, los procesos de tercerización de la economía que lleva a una menor disponibilidad de empleos directamente relacionados con la industria. O sea que la cantidad de ingenieros empleados en la industria tienen una tendencia declinante, lo cual evidentemente afecta su imagen de referencia.

En *segundo* lugar, el aumento de las estructuras jerárquicas de las empresas que pone en cuestión quienes son cuadros y quienes no y que revisa en los hechos la relación del ingeniero con la empresa y con su proyecto personal, ocasionando a veces serios divorcios, dificultades para el ingreso de jóvenes ingenieros, reconversiones dolorosas para ingenieros de más de 40 años, despidos a veces numerosos, por reestructuraciones empresarias y no pocas veces por competencias técnicas que quedan obsoletas después de varios años, falta de un *Plan de Carrera* con una promoción aceptable. Todas estas razones convierten la relación de los ingenieros con las empresas mucho más inestables hoy en día, porque lesionan sobre todo su poder de mando y la proyección futura de su carrera.

Por último, en *tercer* lugar, los cambios en la separación de las tareas de concepción, de investigación, de desarrollo, de producción, y de gestión que eran consideradas inevitables y sin embargo, actualmente esta división no es operatoria, porque hay una tendencia a desdibujar al interior de la empresa. Por este motivo los aspirantes a esos cargos deberán manejar la matriz de conocimientos técnicos, pero también manejar otras lógicas, saber dirigir equipos, comunicarse fluidamente, etc.

También hay que señalar que no existen muchos estudios al respecto, para ninguna profesión, de manera, que nuestros estudios resultan bastante solitarios en la comunidad académica. Este trabajo se centra en indagar, cómo afectan estos cambios en la estructura, en la producción y en la gestión el desempeño profesional de los ingenieros, su calidad de vida y sus aspiraciones profesionales. Cuál es la incidencia de la flexibilización de los mercados de trabajo, la segmentación de los mismos o la heterogeneidad y coexistencia de distintos mercados de trabajo ante las trayectorias de *carrera interna de la empresa*, pero también para su inserción en el *mercado abierto*. [12]

El indicador que se propone en este trabajo es la cantidad de *contrato* y su evolución a través del tiempo, en otros trabajos, se propuso las *secuencias continuas de empleo*, como indicador de la posibilidad de carrera de empresa en los profesionales ingenieros.

En el caso de la Regional Gral. Pacheco (UTN), zona típicamente industrial, en la década del 90, que es una década de mayor flexibilización del mercado de trabajo, los datos cuantitativos, por tipo de contrato, muestran que la movilidad más alta para los empleos en relación de dependencia no supera el 53 % promedio y en las cohortes que tienen mayor movilidad alcanza el 66% y baja al 33% de las generaciones de menor movilidad. Para los empleos dependientes la movilidad promedio es del 17% y sus valores extremos van del 3% al 34%. En el cuarto empleo la movilidad se mantiene en el 56% promedio y los valores máximos son para los trabajos con relación de dependencia entre 37% y 65%. Después del cuarto empleo la movilidad es casi individual y como movimiento generacional poco perceptible [13].

En el caso de la Regional Avellaneda (UTN) zona industrial y de servicios, la proporción de estabilidad de los empleos es mayor, pero descendente entre el 93,5% y el 78,6%, mientras que en la década del 2000 oscila entre el 83% y el 77,4%, de manera que con menor caída la tendencia sigue siendo a la baja, si bien a fines de la década y comienzos de la década siguiente se mantiene en 83,7% .Por otra parte si analizamos la cantidad de contratos en el período, para la Regional Avellaneda entre 1983 y 1989 representaban el 12,2%, para 1990/2000 el 14,1% y entre 2001/2010 el 15,8% [14].

De manera que por lo menos en la Provincia de Buenos Aires, en una zona industrial y en una zona industrial y de servicios, la tendencia al aumento de la flexibilidad en el trabajo de los ingenieros tiene una tendencia alcista. Esto hace pensar que la identidad proporcionada por la socialización tradicional basada en los conocimientos técnicos que apuntan a la sustitución de importaciones, en un sistema predominantemente fordista y en una industria de armado, resulta insuficiente. Y de la misma manera, las trayectorias profesionales que estaban pensadas como el pasaje de una etapa de producción a una etapa de gestión, tienen contornos borrosos, porque ya no se puede separar nítidamente una de otra, hay elementos de ambas en las dos. Programar el porvenir deviene más complicado y difícil y el concepto de *Plan de Carrera* deviene una antigüedad. Sin embargo, lo que cobra mayor importancia es la elaboración de un plan o proyecto personal durante el curso de los estudios.

Para el caso argentino, respecto del *primer punto* hay que reconocer que nuestras estadísticas son muy deficitarias y no hay buenas evaluaciones de la cantidad de ingenieros que trabaja en el ámbito empresario. De los últimos datos producidos por el Sistema de Políticas

Universitarias (2014), se puede observar que la graduación de ingenieros aumenta (cerca de 3000), pero no a la cantidad que requiere el sistema productivo (cerca de 15.000). No obstante lo que habría que valorar de estas apreciaciones son los posicionamientos estratégicos respecto a la innovación, que tiende a ocupar el ingeniero, sobre todo en las empresas más nuevas y creativas y sobre esto hay muy pocos datos. Respecto del aumento de los cuadros jerárquicos, es bastante evidente que la nueva gestión empresarial trata de responder a las demandas de autenticidad y libertad, ya que sobre todo los ingenieros jóvenes soportan con dificultad la disciplina de la empresa y el control estricto de los jefes y se niegan a ejercerlo con sus subordinados.

De hecho las carreras de empresa, en la Argentina, no constituyen más *las vías regias* de movilidad en el mercado de trabajo, que habían representado durante los períodos de mayor expansión económica de los países desarrollados y de muchas de las economías emergentes. Actualmente sus condiciones de desarrollo están afectadas por crisis cíclicas, la depresión del crecimiento de la industria, como uno de los sectores más afectados por la crisis del empleo de los ochenta y las estrategias empresariales que han adoptado las empresas, en los noventa[14], aunque mejoraron en la década posterior.

Si el concepto de *carrera en el trabajo* se mantiene como una característica solo de los sectores protegidos y además en estos la práctica del "*De layering*" es habitual para disminuir los niveles jerárquicos y manejar la distribución de las cuotas de poder, es necesario focalizar algunos análisis en las formas de promoción social en el trabajo y cuáles son sus correlatos con el antiguo criterio de "*carrera en el trabajo*"[15] y para estudiar el modo más frecuente de contratación de los ingenieros cuando llegan a los sectores de mando.

Otras corrientes de pensamiento, en cambio, señalan que el concepto de *Carrera* tiene variaciones según la posición de clase. Así la clase media, concibe la Carrera no como una serie de puestos cada vez más complejos, sino como una progresión a través de una jerarquía de puestos reconocida socialmente, cada uno de los cuales es claramente más prestigioso que el anterior. Para el trabajador oficial, en cambio, es indiferente a este criterio de *Carrera* y solo valora el aprendizaje o la destreza técnica en términos de "*savoir faire*". En este caso, se plantea la frecuencia de contratos como uno de los indicadores de esta diferencia en la flexibilidad de las empresas.

Es preciso aclarar que ninguno de estos tipos de estudios es frecuente en nuestro medio y existen contadas excepciones en que sean comparables por el uso de relevamientos y métodos similares. Por otra parte, los estudios no son homologables para todas las profesiones porque priman distintas representaciones de carrera y son otros los objetivos valorados socialmente en cada carrera, en las cuales ellas se desenvuelven. Los trabajos genéricos que abordan este tipo de temática dan cuenta fundamentalmente del hecho de la ruptura de las trayectorias socio-profesionales o laborales dadas las condiciones existentes de contratación en el mercado de trabajo o el nivel educativo. Es decir, trabajan con categorías sociales más amplias o de determinado nivel de estudios alcanzados. En cuanto al *tercer* punto a partir de las entrevistas biográficas que permiten hacer un primer barrido de los parámetros que usan los propios graduados para calificar sus expectativas y representación de su experiencia profesional, tanto referida a las dificultades para construir la trayectoria profesional, como la realización de sus expectativas y la percepción de la solidez de la formación recibida y sus posibilidades de estabilidad en el empleo. El concepto básico es el de *estrategia profesional (Profesional Project)*,[16] con la que se trata de nombrar los procesos históricos por los cuales ciertos grupos profesionales llegan objetivamente a establecer un monopolio sobre un segmento específico del mercado de trabajo, al hacer reconocer su experiencia por el público, con la ayuda del Estado. Más que de estrategias individuales se trata de *estrategias colectivas* llamadas también objetivos. Esta es una estrategia histórica de constitución de un mercado

profesional y no del ejercicio individual de una actividad profesional, está vinculada con las Asociaciones Profesionales y los Centro de control de la profesión, pero está condicionada por las normas de contratación vigentes en el período. Como se señala más arriba, el concepto básico que se indaga es el de *estrategia profesional (Profesional Project)*, con la que se trata de nombrar los procesos históricos por los cuales ciertos grupos profesionales llegan objetivamente a establecer un monopolio sobre un segmento específico del mercado de trabajo.

Las biografías realizadas muestran que ninguno de los graduados espera que los Centros de Graduados o Asociaciones de Ex alumnos o de las Asociaciones Profesionales les dé una guía o una sugerencia sobre los caminos a seguir y las dificultades a enfrentar. La figura de algunos profesores aparece con valor de liderazgo y promueve la imitación, algunos de ellos han conseguido su actual inserción o anteriores experiencias a partir de alguno de ellos, pero este modelo también tiene mucho más valor personal que institucional. Siguiendo las contribuciones de esta autora ya mencionadas la profesionalización es sustancialmente una estrategia puesta en acto por los miembros de una ocupación o de una parte de éstos, constituida por dos procesos: un proceso de creación y control del mercado de los servicios profesionales y un proceso de movilidad social colectiva, es decir, de elevación de la posición detenida de los miembros de la ocupación en la estratificación social. La movilidad social colectiva representa un objetivo obvio para una estrategia ocupacional. Esta imagen llevada a la empresa, no obstante, sufre modificaciones, que no aparecen en el proceso de socialización universitario y que genera crisis de tipo identitaria cuando se trata de integrar el proyecto personal al proyecto de la empresa. Estas carencias tienen que ver con la autonomía, la espontaneidad, la movilidad, la capacidad rizomática, la pluri-competencia, la convivencialidad, la apertura a los otros y a las novedades, la disponibilidad, la creatividad, la intuición visionaria, la sensibilidad ante las diferencias, la capacidad de escucha con respecto a lo vivido y la aceptación de experiencias múltiples, la atracción por lo informal, y la búsqueda de contactos personales [17]

5. Conclusiones y Recomendaciones

A través de situaciones extraídas de las tareas de los Laboratorios, donde utilizamos este tipo de conceptualización de “*temporalidades sociales*”, planteamos algunas reflexiones sobre las situaciones reales que ponen en cuestión la teoría y analizaremos las formas de resolución metodológica más frecuente.

De hecho la instalación de las diferentes formas de flexibilidad en el mercado de trabajo (horario y salarial), en la organización del proceso de trabajo (particularmente la ruptura de la cadena fordista) y en las formas de contratación (precarización y contratación por tiempo determinado) se muestra la necesidad de plantear una visión más global de la articulación entre los tiempos de trabajo y los restantes tiempos sociales, tomando en cuenta por lo menos las temporalidades en la empresa, en la familia y en la vida urbana o en el traslado de la vivienda al trabajo. [18]

Lo primero que se puede observar es una tendencia creciente a la *de-sincronización de los tiempos de trabajo y de los tiempos sociales en general*, y en ese marco, la articulación entre los tiempos de trabajo y los tiempos sociales se ha vuelto un tema muy complejo. Por otra parte, no se puede seguir pensando el tiempo como una categoría singular, sino hay que recurrir a la pluralidad de temporalidades de la vida social y física. De los estudios sobre el trabajo y el empleo se pueden distinguir diferentes temporalidades producto de distintas situaciones:

- a. La situación de empleo opone el tiempo de trabajo y el tiempo fuera del trabajo; también el tiempo en el trabajo y el tiempo de traslado de casa al trabajo y viceversa.
- b. La situación de empleo, pero por tiempos limitados, incluye una nueva temporalidad que es la de tiempo de contrato o tiempo de trabajo y tiempo libre o de búsqueda o tiempo entre un trabajo y otro trabajo.
- c. La situación de desempleo, que supone el tiempo de búsqueda, el tiempo de capacitación, el tiempo inactivo o libre o de desaliento.

Estas temporalidades no son una novedad para las Ciencias Sociales, están muy relacionadas con la larga duración, el tiempo de las instituciones y con el corto plazo el tiempo de los acontecimientos, de la inmediatez, las de la estructura y las de la coyuntura. El tema es ver cómo se operacionalizan estos conceptos en las nuevas temáticas que nos preocupan, como la inserción y de la identidad de los jóvenes o la reinserción de los desempleados, o en las poblaciones migrantes, informales o excluidas que han visto tan fragilizadas sus trayectorias biográficas.

6. Referencias

- [1] Los Laboratorios MIG trabajan con un dispositivo de recolección de datos basado en la articulación de los métodos cuantitativos y cualitativos. La recolección de los datos de tipo cuantitativo se realiza por medio de una encuesta de tipo longitudinal, la cual hace hincapié solamente en la trayectoria de formación-empleo. Los datos de tipo cualitativo se realiza a través de una entrevista semi – estructurada, biográfica, que capta las diferentes secuencias de su vida familiar, residencial, laboral y de formación, en forma retrospectiva. Los datos obtenidos en estos Laboratorios son comparables entre sí. Panaia, M. (2006) “Trayectorias de Ingenieros Tecnológicos. Graduados y alumnos en el mercado de trabajo” Buenos Aires-España, Miño y Dávila,.
- [2] Si bien este debate queda fuera de los límites acotados de este trabajo, es muy pertinente al mismo, ya que no se trata de una reflexión sobre la teoría económica aplicada, sino sobre la economía aplicada (particularmente al mercado de trabajo), porque la primera es un ejercicio que permite aplicar la teoría y no se utilizan variables fuera de la teoría, mientras que en la economía aplicada, lo que domina es el problema y cualquier herramienta es válida. Por eso los campos aplicados son eclécticos y muchas veces utilizan herramientas que teóricamente están en contradicción. Esta resolución de problemas prácticos tiene un horizonte limitado, de manera que hay que apuntar a resolver contradicciones de la teoría en el plano de la vinculación micro-macro. Piore, Michael (1983) “Importancia de la teoría del Capital Humano para la Economía del Trabajo: un punto de vista disidente”. en Toharía, Luis “*El mercado de trabajo: teoría y aplicaciones*”. Madrid (España) Ed Alianza. Universidad Textos.
- [3] Eckert, H. (2001) « Analyser les mouvements d'accès et de retrait de l'emploi au cours de la période de insertion professionnelle » *Rev. Formation et Emploi* N° 73. Francia.
- [4] Las experiencias realizadas en otros campos del conocimiento como los análisis del sector informal, nos permiten afirmar que en los estudios de situaciones muy heterogéneas, donde predomina la diversidad, la captación estadística no es suficiente para comprender y explicar la riqueza de un fenómeno social dado y es necesario apelar a una combinatoria de ambos métodos. En este caso, se agrega la necesidad de captar trayectorias o itinerarios que pueden ser de corto plazo, pero significativos por su repercusión en la vida laboral.

- [5] No vamos a hacer aquí una discusión del concepto de norma tan caro a la sociología, si bien sería absolutamente pertinente, por razones de espacio. Valga señalar que se pueden repasar los conceptos de Lazarsfeld; Durkheim y Devetter, para recuperar la importancia en estas determinaciones de las normas jurídicas y sociales
- [6] Bouffartigue; Boutellier, (2012) « Temps de travail et temps de vie », París. PUF.
- [7] Boltanski, L. y Thévenot, L, 1994. " *Las ciencias sociales y la legitimidad del acuerdo*" en Eymard-Dubernay, F.(C:) "Economía de las Convenciones", Buenos Aires, Asociación Trabajo y Sociedad/CREDAL,
- [8] Piore. M.1983 op.cit.
- [9] Zarifián, Ph. (1995) « Le travail et l'événement, Paris, L'Harmattan.
- [10] Bouffartigue; Boutellier, 2012. Op. cit.
- [11] Idem, (2012)
- [12] Merece un comentario especial el concepto de autonomía y tal vez una reflexión más profunda que la que plantearemos en este trabajo por razones de espacio. Solo mencionaremos que la autonomía total no existe en ningún trabajo y que sobre lo que se puede hacer diferencias es sobre los márgenes de maniobra de cada situación de trabajo autónomo.
- [13] Datos del Laboratorio MIG Gral. Pacheco (UTN).
- [14] Datos del Laboratorio MIG Avellaneda (UTN).
- [15] Kosacoff, Bernardo (ed.) (1998) "*Estrategias empresariales en tiempos de cambio*" Bs. As. CEPAL/UNQUI,
- [16] Nos referimos explícitamente al concepto de Sabel de " serie de tareas remuneradas que desafían y requieren sucesivamente el desarrollo de cualquier capacidad que se tome como medida del valor del desarrollo humano"... La idea de una carrera en el trabajo se convierte en una cosmología comprimida que define lo que es la virtud y cómo se pone a prueba: en suma una visión del mundo" Cf. Sabel, Ch, 1985.pág 120 y sigs.
- [17] Sarfatti Larson, M.(1977) "*The Rise of Professionalism*" Berkeley, University of California Press.Wall Street Journal (The) 20/9/2011.
- [18] Boltanski, L. Y Chapiello, E. (2002) "El nuevo espíritu del Capitalismo" Madrid, AKAL (Gallimard, 1999).

Estrategias comerciales para empresas de venta directa: Estándares motivacionales y de comportamiento que rigen a los vendedores independientes.

Ignacio Andres Lopez Vergara, UBA - UNLaM, ilopez@unlam.edu.ar

Alicia Mon, UNLaM, alicialmon@gmail.com

Resumen— El camino teórico que completa el análisis de la presente investigación comprende un concepto íntimamente relacionado con la psicología social pocas veces abordado por la administración como tal y explica el poder que ejerce el sistema mediante las fuerzas situacionales. Fuerzas, aparentemente invisibles, pero que en su conjunto movilizan a los individuos constantemente y muy especialmente en entornos nuevos como lo es la venta directa para quién ingresa por primera vez o se ven sumergidos en procesos comerciales y de interacción fuera de una estructura comercial formal. Esas prácticas normales de motivación orientadas a la Venta Directa, no suelen brindar una clara estrategia comercial a seguir por las empresas que contemple la perspectiva del vendedor haciendo una conciliación entre cultura organizacional y las características de una situación dominante.

Asimismo este artículo tiene como propósito mostrar las dimensiones del canal de distribución de venta directa desde la perspectiva del vendedor independiente sabiendo que cumple una doble función. La primera función es la esperada de vendedor como fuente de ingresos económicos para la organización madre. La segunda función es de consumidor de los productos de la empresa. Derivado de esta dualidad funcional se analizará la incidencia del contexto organizacional argentino y su cultura desencadenando en la validación de algunas de las hipótesis de investigación y la refutación de otras con sus debidas interpretaciones.

Palabras clave— *Venta Directa, Canal de Distribución, Motivación, Fuerzas Situacionales, Comportamiento, Cultura Organizacional.*

1. Introducción

El presente estudio es de carácter exploratorio y aborda la temática de los procesos comerciales y de interacción fuera de una estructura comercial formal investigando sobre las motivaciones que radican en los vendedores independientes del Canal de Venta Directa (CVD) basándose en la percepción propia del vendedor y circunscripto en los lineamientos teóricos existentes del comportamiento organizacional y de psicología social.

1.1 ¿Qué es la Venta Directa?

A partir de la simple interpretación del conjunto de palabras “Venta Directa” se puede definir a esta actividad como la oferta de un bien tangible o intangible de forma inmediata al consumidor por parte de un vendedor que tiene algún tipo de relación con la empresa proveedora. Con posterioridad, definiremos la unidad de análisis de la presente investigación, haciendo una salvedad específica respecto a la relación vendedor – empresa.

No se puede limitar la precisión conceptual referida, porque la venta directa implica una estructura cultural determinada, con barreras de entrada, beneficios y un sinnúmero de testimonios gobernados por empresas que se dedican a comercializar sus productos vía este medio.

En el libro *Construir en Grande* por Direct Selling Women's Alliance [1], se puede encontrar una compilación de testimonios de actores de real importancia en el rubro, cuya labor permite dar una imagen más precisa sobre el trabajo que se pretende encarar. No siendo la finalidad de este documento, retratar cada uno de los testimonios, es ineludible la conveniencia metodológica de usar ciertos símbolos, lenguajes, ritos, rituales y ceremonias que la actividad misma representa. En el libro aludido se encuentra un párrafo el cual define la actividad de venta directa.

“A cambio de una inversión mínima, casi siempre menor a 100 dólares, la empresa acepta investigar, diseñar, probar, fabricar, almacenar, despachar y, en muchos casos, brindar el servicio de sus productos sin costo alguno. Usted, a cambio, acepta ser el ‘departamento de marketing’ de la compañía, actuando de forma independiente para compartir los productos y encontrar a nuevos clientes, quienes a su vez se formarán en sus clientes. Por cada venta que hace, se le paga una comisión que varía del 20 al 50 por ciento. Como empresario de la venta directa, tiene la oportunidad de trabajar a tiempo parcial o completo y puede expandir su empresa comercial contratando y capacitando a otras personas, a las cuales también les encantarán los productos, compartirán su entusiasmo por el negocio y eso le generará nuevos clientes. Por esto a usted se le pagan bonificaciones especiales.” [2].

Bajo el marco de una estructura comercial, se aprecia sutilmente que cada consejo sobre como concretar una venta, está teñido de un discurso que intenta unificar los lazos de los participantes de forma exacerbada creando un sentido de pertenencia, el cual normalmente se da en las empresas que poseen una estructura formal. Pero para los vendedores, al ser trabajadores independientes que eventualmente visiten la empresa proveedora, es imperativo realzar esas relaciones intangibles de pertenencia social.

Parte de la propuesta de investigación es entender cuál es la distancia real entre la concepción anglosajona de autogestión para los vendedores independientes del libro *Construir en Grande* con la realidad de la unidad de análisis de la investigación para lo cual se utilizaron datos concretos de la Cámara Argentina de Venta Directa de ahora en adelante CAVEDI, una Asociación Civil sin fines de lucro fundada en 1973 que agrupa a empresas de la Argentina que venden sus productos por medio del sistema de Venta Directa.

2. Materiales y Métodos

2.1 Antecedentes Teóricos

Para una correcta interpretación de los métodos utilizados es necesario hacer demarcar una advertencia para el lector. Si bien gran parte del estado del arte referente a esta investigación se centra en conceptos de la psicología social, el enfoque está puesto en la construcción de indicadores que permitan establecer una Estrategia Comercial eficaz para la Gestión de los eslabones claves del CVD. La eficacia no deja de ser un indicador, un ratio, una proporción que independientemente del rubro analizado se construye con la finalidad de obtener un análisis situacional, en este caso que tan eficaces son las políticas aplicadas sobre las ventas del canal de comercialización.

Básicamente existen dos tipos de productividades. La primera se la conoce como productividad física, la cual mide valores en bruto de una misma especie por unidad de tiempo (ejemplo kilos de tornillos fabricados en una hora o autos ensamblados por día en una línea automotriz). Al querer formar un valor de productividad más amplio que contemple

varias unidades de negocios de una misma firma o incluso la productividad global de un país, se debe afectar estas productividades físicas por un factor de conversión que me permita sumar todas las productividades. Este factor generalmente usado es económico y se corresponde con la moneda del país de residencia o la moneda de un país cuya estabilidad cambiaría permita sesgar lo menos posible los valores de productividad física. A esta productividad se la conoce como productividad valorizada.

Excede la intención de este trabajo la posibilidad de utilizar una productividad valorizada. El objetivo es cuantificar la eficacia de la venta directa como canal independientemente del rubro. Comercializar diez unidades de un producto de \$10 no es lo mismo que vender una unidad de \$300. Para investigaciones futuras se podría hacer este mismo análisis pero segregándolo por rubros. De esta manera estaríamos comparando eficacia en unidades de productos de mismos rangos de valor.

A continuación se introducirá al lector a los conceptos primordiales sobre el estado del arte que se rige el presente trabajo de investigación para después dar lugar a los métodos e hipótesis de trabajo empleados.

2.1.1 Control del comportamiento mediante cultura organizacional

En gran medida la ventaja estratégica de las compañías cuyo sistema de comercialización se sustenta en el marketing directo, se centra en la optimización y coordinación de los eslabones culturales y de comportamiento de los individuos que forman parte de la misma. Las actividades de valor están relacionadas por eslabones dentro de la cadena de valor. Estos eslabones son las relaciones entre la forma en que se desempeña una actividad y el costo o desempeño de otra. Por ejemplo, en una cadena de comida rápida el tiempo entre las campañas promocionales puede influir el uso de la capacidad. Axioma que las empresas de venta directa relacionadas con la comercialización de cosméticos tienen presente. Por ende la ventaja competitiva generalmente proviene de los eslabones entre las actividades, igual que lo hace de las actividades individuales mismas [3].

Para el desarrollo de estrategias comerciales que contemplen los estándares motivacionales y de comportamiento que rigen a los vendedores del CVD no se puede obviar ciertos eslabones claves relacionados con la cultura e identidad que fomentan las compañías del rubro estudiado. Es así como para no perder de vista el eje central planteado, se pretende recorrer las características observables e inobservables de la unidad de análisis, así como los sistemas sociotécnicos que necesitan ser cubiertos y recapitulaciones psicológicas y de influencia de mayor importancia que intervienen en las relaciones individuales.

2.1.2 Cultura, Subcultura y Factores Culturales

Al hablar de cultura entendemos que “es el origen más básico de los deseos y del comportamiento de una persona. El comportamiento humano en gran parte se aprende. Al crecer en una sociedad, el niño aprende valores, percepciones, deseos y conductas básicos, de su familia y de otras instituciones importantes. En la cultura occidental un niño por lo general aprende los siguientes valores o está expuesto a ellos: logro y éxito, actividades y participación, eficiencia y sentido práctico, progreso comodidad material, individualismo, libertad, generosidad, jovialidad, y buen estado físico y salud.” [4].

A su vez, cada cultura tiene subculturas más pequeñas, o grupos de personas con sistemas de valores compartidos basados en experiencias y situaciones comunes. Entre las subculturas incluimos las nacionalidades, religiones, grupos étnicos y las regiones geográficas [4].

En la cultura organizativa podemos encontrar características observables e inobservables. En el nivel observable, la cultura incluye aspectos como la arquitectura del establecimiento, la

vestimenta de los individuos, los modelos de comportamiento, las reglas, las historias, los mitos, el lenguaje y las ceremonias. En el nivel inobservable, la cultura está formada por los valores, normas, creencias y suposiciones compartidas por los miembros de la organización. La cultura es el modelo de características que orienta o dirige a los miembros de la organización a tratar con sus problemas y sus entornos [5].

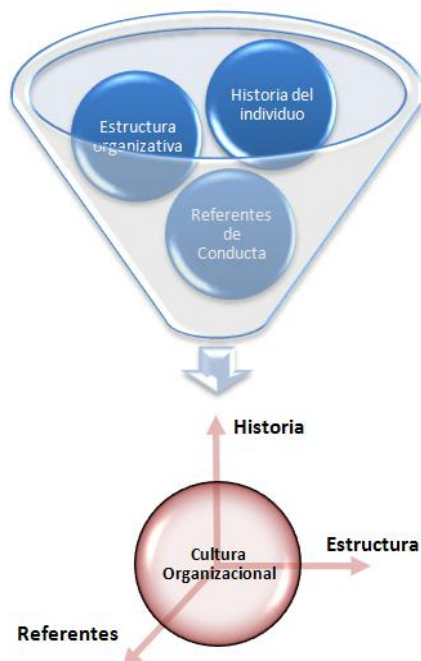


Figura 1 Cultura Organizacional. Fuente: Elaboración propia.

Desde los inicios de los sistemas sociales humanos, la cultura ha existido para dar soporte al individuo con los dilemas de incertidumbre y la ambigüedad de su existencia. Podemos entonces entender a la cultura como un ejercicio permanente de equilibrio inestable entre tres variables, a ser: Historia del individuo (desarrollo del individuo en la continuidad del tiempo); Estructura organizativa (Sistemas de reglas que actúan de referencias para el individuo) y los Referentes de conducta (basadas en condiciones de vida y vivencias de individuos que de una u otra forma pasan a formar parte de la vida de la persona).

2.1.3 Sistemas Sociotécnicos

Existe una clara necesidad del hombre a ser satisfecha por un sistema sociotécnico. Entre ellas encontramos la necesidad de tener un esquema de trabajo relativamente exigente con una variedad de tareas mínimas. La necesidad de conocer la naturaleza del trabajo y aprender durante el mismo. La necesidad de poseer un área mínima de decisión e iniciativa. También encontramos la necesidad del reconocimiento social por parte de la organización en torno al trabajo realizado y poder ubicar éste trabajo en relación a los objetivos perseguidos por la misma. Y por último hallamos la necesidad de sentir que su tarea conduce a un futuro deseable, aunque no necesariamente en términos de promoción.

Es así como la implementación de un cronograma de trabajo, generalmente impuesto de forma autodidacta por los vendedores independientes del CVD, suele ser la clave diferenciadora entre el éxito del revendedor dentro de la organización o el fracaso. *“Direct sellers are busy with their working schedules like hunting and strategising for getting potential prospects.”* [6]. Hecho central no solo en características propias de la motivación de estos integrantes, sino que son factores circunstanciales que se suelen apreciar en otros rubros en los cuales el esquema de trabajo es más laxo y depende en gran medida del individuo

autodelimitarse el camino a seguir. Como ejemplos similares están los investigadores, los empleados públicos o privados autodidactas y los emprendedores de cualquier rubro entre otros.

2.1.4 Comprensión de las causas del comportamiento en el CVD

El desarrollo del CVD asienta sus pilares fundacionales en el trabajo sobre grupos de personas con ciertas características psico-sociales que permitan al sujeto adentrarse en una actividad comercial que muchas veces implica una filosofía, no solo de trabajo, sino de vida. Este es un factor por demás válido que nos abre las puertas al entendimiento del individuo dentro de un grupo.

Según Néstor Donato Ferrari las recomendaciones típicas realizadas por las empresas de venta directa a sus revendedores es tener en cuenta que el dinero es solamente un medio para obtener satisfacción a necesidades insatisfechas. Consecuentemente se trata de detectar esas necesidades con preguntas del tipo ¿Qué le gustaría tener? para luego destacar que este modelo de negocio es un puente a esas necesidades [7].

Se puede clasificar esta motivación de los revendedores como básica. La pregunta que corresponde responder es: ¿esta es una motivación genuina del CVD o simplemente una motivación básica de los seres humanos? Asimismo si un revendedor entra al canal de venta directa por esta motivación, la misma, ¿perdura en el tiempo, evoluciona o es permutada por otra? Según el análisis y conclusiones de Ferrari [7] el tema motivacional, vinculado con las cosas que pueden obtenerse con dinero, parece correctamente planteado. A estas alturas podemos pensar en discrepancias con lo planteado por Ongallo [8] mencionado en el apartado Comercialización multinivel y extraído de “El libro de la venta directa” donde se aclara que la motivación surge no sólo por factores crematísticos, sino humanos y de autosatisfacción [8]. Si bien con esto Ongallo [8] no está excluyendo al dinero, parecería que lo dejase fuera del centro de escena.

Por otro lado, pero no menos importante, hay que considerar la posibilidad que la masa crítica de vendedores que llevan adelante día a día este modelo, no hayan ingresado al mismo con una visión de desarrollo profesional. Sino que producto de la interacción con la empresa, colegas vendedores y entorno propio en general, hayan volcado su interés en este medio. Recordemos que en “estudios recientes se ha demostrado que la mayoría de los representantes de venta entran al negocio para recibir un descuento sobre su consumo personal de un producto o servicio” [9].

La crítica razonable sobre donde dejar el foco, es ambigua y va a depender mucho del individuo en particular. Entre las conversaciones entabladas con revendedoras de diferentes tipos de productos de venta directa, es importante remarcar para la presente investigación el comentario textual de Aida Aurelia G. quien es revendedora de productos cosméticos naturales en Chubut Argentina.

“Yo no doy prioridad al dinero en mi vida, pero los números tienen que cerrar...Acá incorporar gente para grupo lleva sus gastos por la diversidad de barrios que ahora conforman Madryn. Y lo que necesitaría saber detalladamente, es con que se incorporan las futuras vendedoras, como se entregan los productos (si tienen bolsitas, bolso, folletería, etc).”

Vemos como si bien los factores económicos corren con la suerte del papel protagónico, son condición necesaria y no suficiente para toda revendedora que se precie de tal.

Asimismo Ferrari [10] rescata que hay otras menciones, que en realidad también se relacionan con tener ingresos, como más tiempo libre, estar con la familia e ir a trabajar más tarde.

Donde a partir del esquema de Maslow¹ el autor muestra que nuestros deseos son más bien medios para un fin y no fines en sí mismos [10].

2.1.5 Poder del Sistema: El poder personal, el poder situacional y el poder sistémico.

El círculo teórico que completa el análisis de la presente investigación comprende un concepto íntimamente relacionado con la psicología social y explica el poder que ejerce el sistema mediante las fuerzas situacionales. Fuerzas, aparentemente invisibles, pero que en su conjunto movilizan a los individuos constantemente y muy especialmente en entornos nuevos como los que suelen ser la Venta Directa para quienes ingresan por primera vez o continuamente se ven sumergidos en procesos comerciales y de interacción fuera de una estructura comercial formal.

Uno de los psicólogos sociales ávido de las características del poder situacional y el poder sistémico es el profesor emérito de Psicología de la Universidad de Stanford el Dr. Philip Zimbardo [11] quien aclara que “La psicología social ofrece muchísimas pruebas de que el poder de la situación puede más que el poder de la persona en determinados contextos.” [11].

“La comprensión plena de la dinámica de la conducta humana nos exige reconocer el alcance y los límites del poder personal, del poder situacional y del poder sistémico.” [11] “Pero, ¿Qué ocurre cuando nos hallamos en un entorno totalmente nuevo desconocido donde nuestros viejos hábitos no bastan? Empezamos un trabajo nuevo, acudimos a una cita a ciegas, nos admiten a una hermandad, nos detiene la policía, nos alistamos en el ejército, nos unimos a una secta o nos presentamos para participar en un experimento. Nuestro viejo yo podría no actuar de la manera esperada cuando las reglas básicas cambian.” [12]

Esas mismas reglas básicas, entendidas como las prácticas normales de motivación orientadas a la Venta Directa, no suelen brindar una clara estrategia comercial a seguir por las empresas que contemple la perspectiva del revendedor haciendo una conciliación entre cultura organizacional y las características de la una situación.

Las características de una situación en particular están gobernadas por las fuerzas situacionales que actúan en un contexto conductual: Los roles, las normas y las reglas, el anonimato de las personas y del lugar, los procesos deshumanizadores, las presiones para obtener conformidad, la identidad colectiva y tantas cosas más [13].

Es así como “El poder situacional se hace notar más en entornos nuevos, en entornos donde la gente no puede recurrir a unas directrices previas con las que guiar su conducta. En estas situaciones las estructuras habituales de recompensa son diferentes y no se cumplen las expectativas; las variables de la personalidad tienen muy poco valor predictivo, porque la persona imagina sus actos basándose en sus reacciones anteriores en situaciones que no tienen nada que ver con la nueva situación a la que se enfrenta [...] Así pues, siempre que intentemos entender la causa de una conducta extraña o atípica, sea propia o ajena, deberemos empezar por un análisis de la situación. Solo deberíamos dar prioridad a una análisis de la persona (genes, personalidad, patologías, etcétera) si el estudio a fondo de la situación no nos ayuda a entender su conducta.” [14].

Con esta mirada, orientada a la real comprensión del entorno mediante el conjunto de fuerzas creadoras de situaciones, se pretende examinar a un universo determinado de revendedores de las empresas de Venta Directa con el fin de evaluar la posibilidad de enriquecer las prácticas motivacionales para la idiosincrasia de la cultura local. Contemplando específicamente la

¹ Es una teoría psicológica propuesta por Abraham Maslow que formula una jerarquía de necesidades humanas.

visión y perspectiva del revendedor no como comprador ni como vendedor, sino con su doble función, la cual no debería tratarse por separado sino como un conjunto.

2.2 Metodología de Investigación Utilizada

Se realizó un estudio cualitativo con entrevistas semi-estructuradas a informantes claves del universo de la unidad de análisis y se realizaron encuestas, con cuestionarios estructurados específicamente diseñados para la unidad de análisis. Estos cuestionarios fueron dirigidos a vendedores los cuales no son personal en relación de dependencia de diferentes empresas que soportan su modelo de comercialización en la venta directa. Esto permitió contar con información cuantitativa.

A fines investigativos las entrevistas brindarán información cualitativa sobre la investigación. Los cuestionarios permitirán estudiar el modelo desde la visión de sus actores principales, los cuales son motor fundamental del canal, analizándose temas tales como incorporación de personal al canal, comunicación formal e informal, manejo del personal y clientes.

Un vendedor independiente perteneciente al CVD, si bien suele identificarse con la empresa fundadora, comercialmente es un cliente de ella. Es por esto que su motivación y el trato comercial que se le brinde, esencialmente diferente al de un empleado de la compañía, es una ecuación a resolver para alcanzar el éxito comercial.

Después de la aproximación al estado del arte se ingresó en un proceso de conceptualización para afrontar el foco de la investigación. Es así como se trabajó en el ordenamiento y sistematización de la información revelada explorándose las hipótesis de trabajo que se exponen en el siguiente apartado.

2.2.1 Hipótesis General

La causalidad del comportamiento varía con el tiempo y en especial entre lugares. Asimismo para una cultura establecida y unas fuerzas situacionales determinadas es posible incidir positivamente en la motivación de los vendedores que no pertenecen formalmente a la organización de las empresas de venta directa.

2.2.2 Hipótesis Secundarias

I. Los revendedores que tienen un trabajo *part time*, experiencia en el rubro mínima de tres años y trabajan en más de una firma constituyen la mayor parte de la fuerza de ventas de la industria de venta directa en la Provincia de Buenos Aires - Argentina.

II. Las tácticas comerciales indispensables para las empresas de Venta Directa incluyen: Un mínimo de interacción semanal con los vendedores, un manual del asociado, un mínimo de compra y el establecimiento de logros.

III. Los revendedores que ingresan al CVD por cuestiones relacionadas a la autorrealización manteniendo sus expectativas iniciales son más eficaces en la venta.

IV. La percepción individual de los revendedores sobre si mismo referido a capacidades de venta esta proporcionalmente relacionado con la eficacia en la venta. Cuanto más positiva es, mayor eficacia en la venta.

V. El modelo de venta directa suele nutrirse de situaciones de inestabilidades y fluctuaciones económicas al representar un segundo ingreso para la mayoría de los revendedores.

VI. Las personas que se desenvuelven en el CVD no cuentan con una carrera universitaria.

VII. Las empresas que invierten en otras políticas de incentivos por desempeño obtienen mejores resultados que las que ofrecen una mayor comisión por venta.

2.2.3 Población y muestra

La unidad de análisis es el individuo que se relaciona dentro de la organización cuya modalidad de comercialización es por medio de la venta directa sin contar con una formalidad laboral de relación de dependencia con la misma. Conocidos muchas veces en la jerga como revendedores o vendedores independientes, y que son quienes cumplen un doble rol. Por un lado la función de vendedores/ras de los productos de la empresa a la cual se asocian y por otro lado la de consumidores.

Los cuestionarios fueron distribuidos en diferentes etapas entre Octubre de 2015 y Junio de 2016 para obtener un total de 55 encuestados. El 9.1% de la muestra declaró una antigüedad en el rubro de la venta directa menor a un año. El 32.7% entre 1 y 3 años, el 10.9% entre 3 y 5 años, el 25.5% entre 5 y 10 años y el 21.8% restante declaró una antigüedad mayor a 10 años.

Según datos extraídos de CAVEDI² el 65% de los productos vendidos corresponden al rubro “Cuidado personal”, el 23% al rubro “Hogar” y el restante 12% se divide en forma equitativa para los rubros “Vestimenta y accesorios” y “Bienestar”. Para el marco de las primeras encuestas y con el fin de trabajar una muestra relevante se cuidó de respetar la cantidad de encuestas siguiendo proporciones semejantes con empresas representativas³ de los rubros antes mencionados.

Para la muestra relevada, se detectó que muchos vendedores independientes no solo trabajan con una firma, sino con varias al mismo tiempo. Del total de los encuestados el 27.3% declaró trabajar con más de una firma de venta directa. Teniendo en cuenta esta información se analizó la cantidad de veces que una empresa es declarada por el vendedor independiente y para los cálculos presentados a continuación se descartaron 3 encuestas que declararon más de dos empresas.

De los datos presentados el 61,7% reflejan a empresas del rubro “Cuidado Personal” (Amodil, Avón, Millanel, Natura, TSU y Violetta) y el 36,7% a empresas del rubro “Hogar” (Essen y Tupperware) y el restante 1,7% a una empresa de vestimenta y accesorios (Kemini SA). Es así como para una primera aproximación al universo estudiado se mantiene proporciones semejantes para los rubros. En la Actualidad y para una futura muestra se está trabajando con el Director Ejecutivo de CAVEDI, Alberto Villamil y de esta forma poder extrapolar con mayor precisión los avances aquí presentados.

3. Resultados y Discusión

La fidelidad medida desde la cantidad de vendedores que trabajan únicamente con una sola empresa de venta directa es alta (pregunta 5 del cuestionario). El 72.7% se relaciona con una sola empresa de venta directa y del 27.3% restante en muchos casos los vendedores trabajan con empresas complementarias. Un ejemplo significativo lo marca el 7.3% de los encuestados que trabajan con Natura y Tupperware. Dos empresas de las cuales el *core* de sus actividades difieren por más que comparten el modelo de distribución para el canal de venta.

En lo que respecta a las dedicaciones de los vendedores el 36.4% lo hace de forma exclusiva⁴ y el restante porcentaje se distribuye de forma relativamente equilibrada con un leve sesgo hacia una dedicación simple. Así se vislumbra que el 5.5% declara una dedicación semi-

² Fuente: <http://www.cavedi.org.ar/page.php?language=sp§ion=panorama-argentina&action=productos-vendidos> (fecha de consulta 18-05-16)

³ Al hacer referencia a empresas representativas buscamos asociar un rubro al *core* de la empresa de venta directa.

⁴ No realiza otra actividad rentada.

exclusiva⁵, el 16.4% una dedicación media jornada⁶, el 25.5% una dedicación simple⁷ y el restante 16.4% una dedicación baja⁸.

Respecto a la HIP I solo el 11.9% de los encuestados cumplen con las tres condiciones por lo que si bien es un número considerable, es por lejos la cantidad esperada. En parte se debe al 72.7% de vendedores que trabajan a exclusividad con una empresa de venta directa y asimismo si de esta hipótesis eliminamos la restricción de antigüedad en el CVD el 11.9% asciende a 23.8%.

Entre las tácticas comerciales que se utilizan con regularidad se prestó especial atención a la interacción mínima entre vendedor y empresa proveedora medida en cantidad de horas, la necesidad de un manual explicativo de las políticas y procedimientos y las políticas respecto a los mínimos de compras. Al evaluar el tiempo que las empresas de venta directa invierten en capacitaciones, contactos telefónicos e interactuando en la misma organización entre otras actividades se evidencia que: 18.2% de los vendedores estiman menos de una hora de interacción, 16.4% declara entre 1 y 3 horas semanales de interacción, 25.5% entre 3 y 5 horas, 20% entre 5 y 10 horas, 7.3% entre 10 y 15 horas y por último el 12.7% estima más de 15 horas.

Respecto al manual, el 81.8% de los encuestados reconocen la existencia de un manual del asociado por parte de las empresas de venta directa donde se explica la actividad y valores de la misma. En conexión al manual el 34.5% de los vendedores consideran específicamente primordial contar con los valores de la empresa, una descripción de los productos y su forma de uso, como comunicarse con los clientes y la forma de contacto con la empresa proveedora.

El 92.7% de los vendedores reconocen las exigencias de mínimos de compra de los cuales un 85.5% declaran la existencia de algún sistema de ranking de facturación. Asimismo el 100% de los encuestados reconocen que las empresas madres aplican premios e incentivos. El 89.1% afirman conocer los principios y valores de las empresas madres de los cuales la auto-percepción respecto a la influencia de los mismos sobre la actividad diaria en general es muy buena. El 34.7% considera estos principios y valores muy influyentes. El 44.9% los considera influyente, el 14.3% medianamente influyente, el 4.1% poco influyente y el restante 2% no lo especificaron.

A la vista de la calidad de estos últimos datos se aprecia que el componente clásico de la receta motivacional para los vendedores independientes del CVD se mantiene vigente, por lo que valida la HIP II la cual marca como partida indispensable un mínimo de interacción semanal con los vendedores, la existencia de un manual del asociado, un mínimo de compra y el establecimiento de logros y objetivos.

La HIP III hace una fuerte presunción sobre la autorrealización. Para los fines estadísticos en este trabajo se entiende a un vendedor que ingresa al CVD por motivos de autorrealización, de ahora en más A, si al menos seleccionó el ítem de “emprender su propio negocio” de la pregunta 6 del cuestionario, caso contrario se considera no autorrealizados, de ahora en más \bar{A} . La misma pregunta tiene abierta una opción libre para el encuestado, que en caso de haber sido seleccionada se analizó caso por caso.

⁵ Le dedica el 70% del tiempo y el otro 30% a otra actividad rentada.

⁶ Le dedica el 50% del tiempo y el otro 50% a otra actividad rentada.

⁷ Le dedica el 30% del tiempo y el otro 70% a otra actividad rentada.

⁸ Le dedica menos del 30% del tiempo y el otro restante a otra actividad rentada.

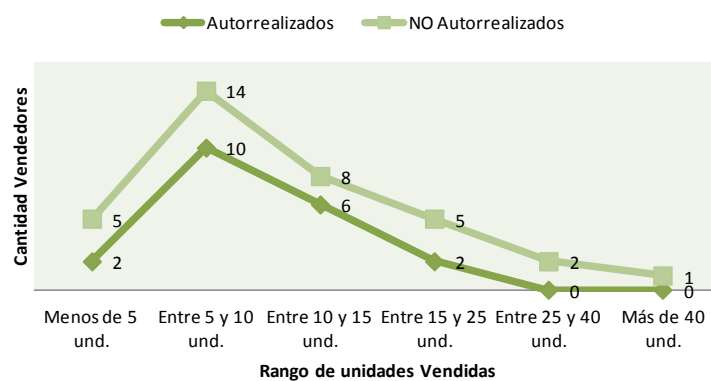


Figura 2 Cantidad vendedores A vs \bar{A} presentados s/ eficacia en la venta. Fuente: Elaboración propia.
En la figura 2 se puede apreciar una leve tendencia que muestra más vendedores A que \bar{A} por cada rango de unidades comercializadas.



Figura 3 Unidades vendidas entre A y \bar{A} . Fuente: Elaboración propia.

Referente a la cantidad de unidades vendidas en la semana separadas por cada vendedor A y \bar{A} , como muestra la figura 3, se aprecia que no hay relación aparente que valide o refute la HIP 3. Pero si a estos valores los proporcionamos, visualizando la tasa de cambio de las unidades por unidad de hora en la semana en el CVD, vemos como los \bar{A} en promedio poseen un ratio mayor, mostrándose claramente en la figura 4.

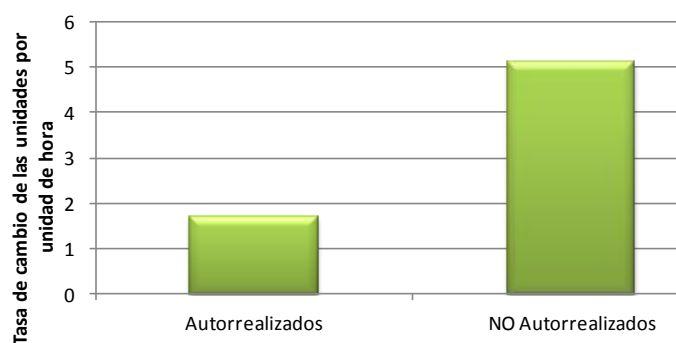


Figura 4 Promedio de tasa de cambio de las unidades por unidad de hora en la semana. Fuente: Elaboración propia.

A la luz de esta información, queda refutada la HIP III, lo cual tiene lógica si se piensa que quien está A no busca satisfacer sus necesidades básicas por ya tenerlas satisfechas en su escala jerárquica de necesidades.

La auto-percepción respecto a la influencia de los incentivos en general es buena. Según las estadísticas correspondiente a la pregunta 16.1 el 32.7% de los vendedores ven a los incentivos como muy influyentes, el 40% como influyentes, el 16.4% como medianamente influyente, el 3.6% como poco influyente, el 1.8% no influye y el restante 5.5% no respondió a esa pregunta.

En lo que respecta a la HIP IV se trabajo con las preguntas 14.1; 14.2 y 14.3 del cuestionario que permiten al encuestado autoevaluarse en conceptos claves a tener en cuenta como requisito indispensable para desenvolverse apropiadamente en un contexto comercial. Los mismos son:

- Capacidad para comunicarse eficientemente con otras personas.
- Capacidad para fijarse metas y cumplirlas.
- Autoconocimiento de fortalezas y debilidades propias en lo que respecta a vender un producto.

Intercalando esta información con la cantidad de unidades vendidas se puede formar una matriz normalizada dividida en cuadrantes para visualizar cuatro posibles estados. Cuadrante uno “Alta Auto-percepción y Alta Eficacia”, cuadrante dos “Alta Auto-percepción y Baja Eficacia”, cuadrante tres “Baja Auto-percepción y Baja Eficacia y por último el cuadrante cuatro “Baja Auto-percepción y Baja Eficacia”.

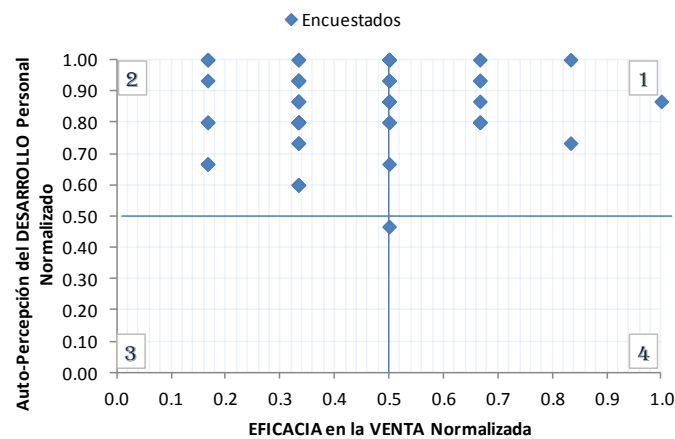


Figura 5 Auto-percepción del desarrollo personal de los vendedores independientes una vez después de haber ingresado al CVD con variables normalizadas. Fuente: Elaboración propia.

En el mismo se evalúa que casi la totalidad de los vendedores tienen una auto-percepción valorada por encima de la media sin mostrar una dependencia clara con la eficacia. Para interpretar con mayor precisión los datos de la figura anterior se confeccionó un gráfico demarcando el primer quintil, el cuarto, los mínimos y los máximos para cada una de las escalas de eficacia.

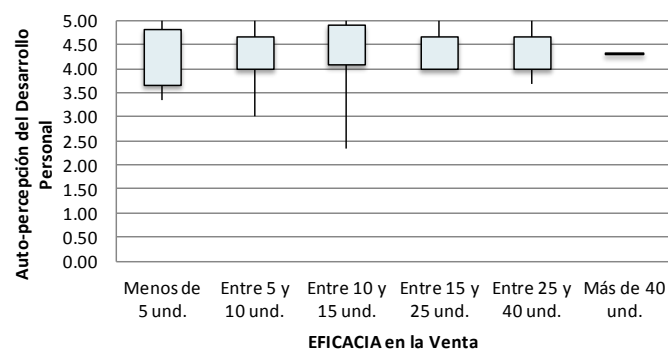


Figura 6 Auto-percepción del desarrollo personal de los vendedores independientes una vez después de haber ingresado al CVD dividido en escalas de eficacia. Fuente: Elaboración propia.

La figura 6 no muestra ninguna tendencia que permita inferir relación entre la auto-percepción y la eficacia en la venta.

Ahora si analizamos la dispersión y simetría de la evolución respecto de los encuestados antes y después de ingresar al CVD comparando los resultados de las preguntas 13.1; 13.2; 13.3; 14.1; 14.2 y 14.3 vemos no solo que la unidad de análisis posee en líneas generales una alta percepción de sí mismos, independientemente de lo eficaces que sean, sino que la misma se ha incrementado.

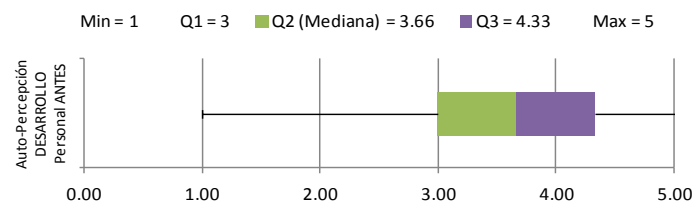


Figura 7 Diagrama de caja de la Auto-percepción del desarrollo personal ANTES de ingresar al CVD. Fuente: Elaboración propia.

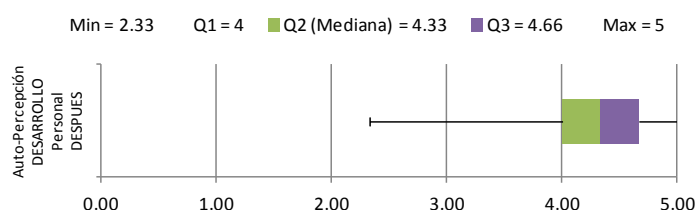


Figura 8 Diagrama de caja de la Auto-percepción del desarrollo personal DESPUES de ingresar al CVD. Fuente: Elaboración propia.

La evolución descripta por los vendedores no es notoria pero alcanza para ver que se incrementó posteriormente a ingresar al CVD con una media mayor y un ancho del tercer quintil más grande respecto al primero para el estatus “Después”.

La interpretación de las últimas cuatro ilustraciones nos permiten refutar la HIP IV y confirmar que independientemente de la eficacia, la idiosincrasia de la unidad analizada coloca a los encuestados con una muy buena percepción de sí mismos en cuanto a capacidades de la venta.

Respecto a la HIP V la cantidad de encuestados que cumplen con el requisito de haber pertenecido por más de diez años al CVD no llegan a formar una masa crítica que valide o refute la misma. Se requieren mayores estudios que permitan incrementar el *n*. Por el momento del total de encuestados que declararon una permanencia mayor a diez años en el CVD, cuatro respondieron que sí, a una dedicación exclusiva y uno que no aumentó su dedicación.

Considerando la HIP VI el 65.5% de los encuestados no poseen una carrera universitaria, de los cuales el 30.6% sostiene que en caso de poseerla no continuaría en el CVD o disminuiría su dedicación. El restante 69.4% afirma que continuaría siendo vendedor a pesar de poseer una carrera Universitaria.

Es claro que la mayor parte del universo estudiado no posee una carrera universitaria y de forma esperable a la idiosincrasia de un público con muy buena auto-percepción (ver figuras 5 y 6 de HIP IV) el 69.4% de ellos reafirma su decisión de permanecer como vendedor en caso de tener una carrera que lo habilite para otra actividad.

Respecto a la HIP VII al hacer referencia a otras políticas de incentivo, se hizo hincapié en las políticas consultadas en el cuestionario. Para un análisis ordenado se dividen en:

- Manual de procedimientos con diferentes informaciones que permitan al vendedor sentirse parte de la empresa y conozcan como desenvolverse en ciertas circunstancias. (Preguntas 8 y 8.1)
- Estricticidad o no en cuanto a mínimos de compras para desenvolverse en la actividad de venta directa. (Preguntas 9 ; 9.1 y 9.2)
- Publicación de un ranking de facturación entre vendedores para fomentar una competencia sana.

Para tales fines se muestra la eficacia como medida de la rotación de venta de productos en unidades.

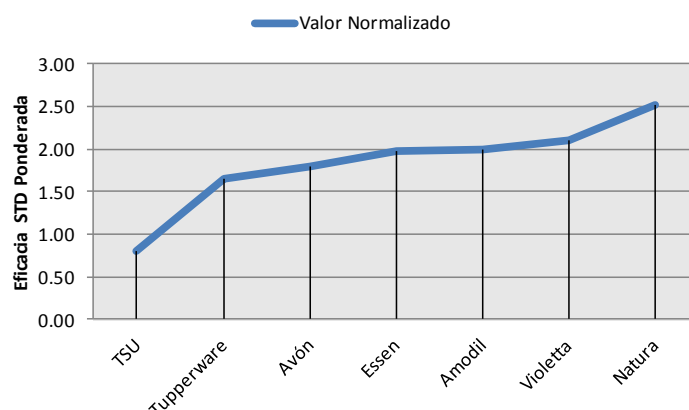


Figura 9 Productividad física ponderada de las empresas que son declaradas por los vendedores.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 9 muestra el orden incremental de empresas que obtienen una mayor eficacia la cual va desde Natura a TSU. Por otro lado, en base a informantes claves se construyó una tabla donde se muestra los porcentajes promedio que ofrecen las diferentes empresas del CVD previamente mencionadas (ver tabla 1).

Tabla 1 Porcentajes de venta de las empresas del CVD. Fuente: Elaboración propia.

Empresa	TSU	Tupperware	Avón	Essen	Amodil	Violetta	Natura
% productos principales	30	25	25	25	25	30	30
% productos accesorios	15 / 20	15	20	-	15	15	-

De lo expuesto anteriormente se aprecia que el porcentaje de comisión sobre la venta otorgado por las empresas de venta directa es relativamente homogéneo no siendo así la efectividad de cada una de ellas. La HIP VII centra su tesis en que el motor principal motivacional para la unidad de análisis no radica en el porcentaje dinerario que se obtenga para conseguir mejores resultados, sino en otras políticas analizadas desde el comienzo, lo cual hasta el momento permite validar la HIP VII.

4. Conclusiones y recomendaciones

Desde el comienzo de la investigación queda claro que las condiciones de contorno para generar un espacio apropiado para los vendedores del CVD en la Argentina contempla determinadas tácticas comerciales. Contrario al ideario colectivo, la fidelidad con una sola empresa es alta lo que permite interpretar una identificación del vendedor con la empresa proveedora de productos. Esta identificación se va a canalizar principalmente por un manual del asociado el cual mínimamente debe contar con los valores de la empresa, una descripción

de los productos y su forma de uso, como comunicarse con los clientes y la forma de contacto con la empresa madre.

En base a los resultados obtenidos se remarca la importancia de asegurar una interacción mínima entre vendedor y empresa proveedora medida en cantidad de horas y establecer políticas respecto a los mínimos de compras conjuntamente con un ranking de facturación. En lo que respecta al desempeño simultaneo en diferentes firmas de un mismo vendedor, no se evidencio conflictos, en gran medida por la alta fidelidad y por la elección de relacionarse con firmas complementarias para los casos en los que el vendedor elija más de una empresa de venta directa.

La autorrealización de un individuo es un constructo de difícil definición dentro del marco del CVD, pero asociando este mismo a la necesidad de emprender un negocio propio por parte del vendedor, se observa que no hay relación entre la autorrealización y la eficacia en la venta. Hecho tal que mantiene la lógica si se piensa que quien está autorrealizado no busca satisfacer sus necesidades básicas por ya tenerlas satisfechas.

Respecto a la idiosincrasia de la unidad de análisis se evidenció una alta autopercepción, valorándose un incremento de sus propias cualidades después de ingresar al CVD. Asimismo si bien la mayor parte del universo estudiado no posee una carrera universitaria, la mayoría del subconjunto reafirma su decisión de permanecer como vendedor en caso de tener una carrera que lo habilite para otra actividad, producto posiblemente de su alta autopercepción.

Por último, si bien los resultados preliminares sugieren que el motor principal motivacional no radica en el porcentaje monetario que se obtenga sobre el precio de venta para conseguir mejores resultados, es fundamental realizar más estudios para corroborar este concepto.

Agradecimientos

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza.

Alberto Villamil, Director ejecutivo de la Cámara Argentina de Venta Directa.

Raquel Viola, Pablo Vizcaíno, Ana Ibarrola y Rita Ines Armitano.

5. Referencias

- [1] DIRECT SELLING WOMEN'S ALLIANCE. (2006). *Construir en grande. 101 Secretos de los principales expertos en venta directa*. Argentina. Buenos Aires: T&M Editores S.R.L.
- [2] DIRECT SELLING WOMEN'S ALLIANCE. (2006). *Construir en grande. 101 Secretos de los principales expertos en venta directa*. Argentina. Buenos Aires: T&M Editores S.R.L. 17-18p.
- [3] PORTER, M. (1998). *Ventaja Competitiva. Creación y Sostenimiento de un Desempeño Superior*. CECSA. México. 66p.
- [4] KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. (2007). *Marketing. Versión para Latinoamérica*. 11° edición Pearson Educación. México. 142p.
- [5] HODGE, B. J.; ANTHONY, W.P.; GALES, L. M. (2003). *Teoría de la organización. Un enfoque estratégico*. Editorial: Pearson-Printice Hall.
- [6] NUREDAYU, O. (2014) *Communication Competence during the Preparation Phase of the Direct Selling Communication Activities*. The International Conference on Communication and Media 2014 (i-COME'14), 18-20 October 2014, Langkawi, MALAYSIA. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 230p.

- [7] FERRARI, N.D. (1999). *Investigación sobre la determinación de imagen de las empresas de venta directa y aspectos determinantes de la actividad. Diseño, aplicación y resultados* [en línea]. Fecha de consulta: 28-09-12 <http://www.cavedi.org.ar/sp/quees/docs/ferrari.pdf>. 20p.
- [8] ONGALLO, C. (2007). *El libro de la venta directa* [en línea]. Ediciones Díaz de Santos. España. Fecha de consulta: 26-03-12. Disponible en web: <https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=nKbHygU3-aIC&oi=fnd&pg=PR13&dq=motivaci%C3%B3n+%22venta+directa%22&ots=Uzh-CKiOVv&sig=XVkJZXDc8zgiCYDr8SM6gtbayrc8#v=onepage&q=motivaci%C3%B3n+%22venta%20directa%22&f=false>
- [9] DIRECT SELLING WOMEN'S ALLIANCE. (2006). *Construir en grande. 101 Secretos de los principales expertos en venta directa*. Argentina. Buenos Aires: T&M Editores S.R.L.125p
- [10] FERRARI, N.D. (1999). *Investigación sobre la determinación de imagen de las empresas de venta directa y aspectos determinantes de la actividad. Diseño, aplicación y resultados* [en línea]. Fecha de consulta: 28-09-12 <http://www.cavedi.org.ar/sp/quees/docs/ferrari.pdf>. 21-23p.
- [11] ZIMBARDO, P. (2011) *El Efecto Lucifer. El porqué de la maldad*. Paidós. España. 17p.
- [12] ZIMBARDO, P. (2011) *El Efecto Lucifer. El porqué de la maldad*. Paidós. España. 27p
- [13] ZIMBARDO, P. (2011) *El Efecto Lucifer. El porqué de la maldad*. Paidós. España. 273p
- [14] ZIMBARDO, P. (2011) *El Efecto Lucifer. El porqué de la maldad*. Paidós. España. 293-294p.

CASO DE ANÁLISIS:

Potencial encandilamiento solar en RN 5 y RN 33

Fernanda Martínez Micakoski, UTN-FR Trenque Lauquen, fer_micakoski@yahoo.com

Carlos Marcos, UTN-FR Trenque Lauquen, carlosmarcos@speedy.com.ar

Marcelo Ferreyra, Dataxplore S.H., mferreyra@dataxplore.com.ar

Resumen

En virtud de brindar información pertinente para la generación de estrategias preventivas de los siniestros viales que ocurren en Rutas circundantes a las Ciudades de Guaminí, Trenque Lauquen, Pehuajó, Carlos Casares y Chivilcoy (Provincia de Buenos Aires) potenciados por posible encandilamiento solar, hemos desarrollado un análisis que determine las variables asociadas a este tipo de eventos.

La multicausalidad de la siniestralidad vial es un hecho ampliamente demostrado, el humano, el vehículo y el ambiente junto a sus combinaciones posibles son los factores en los que encontramos el origen del problema.

Las inclemencias del clima como son las lluvias, vientos fuertes y el encandilamiento solar incrementan las probabilidades de sufrir un evento en el tráfico.

Nuestro estudio analiza el potencial riesgo que produce la invalidez visual debida al encandilamiento solar, en función de los siniestros viales ocurridos sobre rutas.

En las rutas, al ser espacios abiertos, los conductores se exponen durante mayores períodos que en las ciudades a ser alcanzados por luces fuertes propias de la salida o puesta del sol.

A fin de establecer patrones de comportamiento se seleccionaron y exploraron los datos obtenidos de siniestralidad vial en los municipios mencionados mediante técnicas de Data Mining bajo el estándar SEMMA. Esto permitió, entre otras acciones, preparar las variables y seleccionar algoritmos para crear los modelos con el programa PowerhouseTM.

Palabras clave: SINIESTRALIDAD VIAL, ENCANDILAMIENTO SOLAR, DATA MINING, ANALISIS DE DATOS.

1. Introducción

En virtud de brindar información pertinente para la generación de estrategias preventivas de los siniestros viales que ocurren en Rutas circundantes a las Ciudades de Guaminí, Trenque Lauquen, Pehuajó, Carlos Casares y Chivilcoy potenciados por posible encandilamiento solar, hemos desarrollado un análisis que determine las variables asociadas a este tipo de eventos.

Descripción de la problemática

La multicausalidad de la siniestralidad vial es un hecho ampliamente demostrado, el humano, el vehículo y el ambiente junto a sus combinaciones posibles son los factores en los que encontramos el origen del problema.

Las inclemencias del clima como son las lluvias, vientos fuertes y el encandilamiento solar incrementan las probabilidades de sufrir un evento en el tráfico.

Nuestro estudio analiza el potencial riesgo que produce la invalidez visual debida al encandilamiento solar, en función de los siniestros viales ocurridos sobre rutas.

En las rutas, al ser espacios abiertos, los conductores se exponen durante mayores períodos que en las ciudades a ser alcanzados por luces fuertes propias de la salida o puesta del sol. Vos [1] confirma que la mayor incidencia de la luz sobre el conductor se aplica entre 1° y 30° , ángulo que tomaremos como referencia en nuestro estudio para analizar el posible impacto de la luz solar.

Al momento de estudiar los efectos del deslumbramiento, debemos considerar las situaciones de riesgo más comunes a las que se expone la población. En el Informe RACE-Fundación Afflelou [2] se presentan los resultados de una encuesta española a conductores, acerca de las situaciones de riesgo más comunes, donde se destacan: Riesgo de atropello a peatones, Riesgo en salida de un túnel, Riesgo de salida de la vía y Riesgo de colisión por alcance.

2. Materiales y Métodos

Para analizar los eventos relacionados a la semaforización de la vía, se extrajo de la base de datos todos aquellos registros sistematizados de siniestros que ocurrieron sobre Rutas Nacionales y Provinciales circundantes a las Ciudades de Güaminí, Trenque Lauquen, Pehuajó, Carlos Casares y Chivilcoy.

Cada evento resume las consecuencias en la salud de los participantes en base a la de mayor gravedad entre todas las producidas en la colisión. Ejemplo: Si un siniestro contó con dos participantes, uno ileso y otro grave, el evento se considera grave.

El reporte generado posee 60 variables, entre aquellas que se relevan directamente y otras generadas en forma indirecta con el fin de responder a consultas puntuales, como por ejemplo “Diferencia de edad entre conductores”.

Con el objetivo de adecuar las variables a nuestro estudio se procedió al tratamiento que permitiera establecer una base de datos adecuada, para ello:

1. Se eliminaron aquellas variables que inconfundiblemente tuvieran asociación directa con el encandilamiento, y que no le aportaran información relevante al análisis. Ejemplo de ello: Luminosidad, cuyos atributos son “Día, Noche, Atardecer y Amanecer” los cuales indudablemente se relacionan con la posibilidad de encandilamiento y estarán representados en la variable Elevación del sol.

2. Se agruparon las Rutas que poseen relación en cuanto a la dirección que adoptan en el plano, tomándose como eje las Rutas Nacionales 33 y 5. Agrupamiento 1: RN 33, RP 30, 33, 50, 86, 226, 85, Loewenthal y 51 – Agrupamiento 2: RN 5 y RP 65. Para verificar este punto se realizó una comparativa visualizando el posicionamiento del sol para una fecha dada en un horario establecido, por ejemplo:

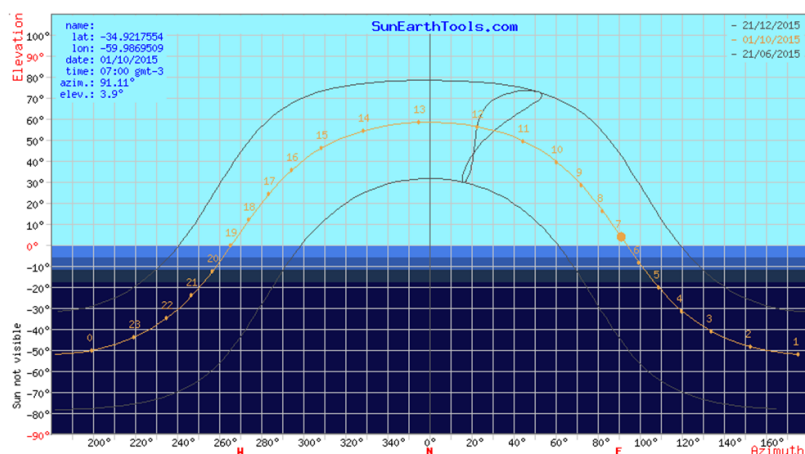


Figura 1. Posición solar 01/10/2015 7:00 hs. RN 33.

Fuente: elaboración propia a partir del sitio <http://www.sunearthtools.com>

3. Al tratarse de rutas, el potencial encandilamiento puede ocurrir sobre los 360°, por lo cual debe considerarse el azimut como un factor fijo al momento de medir el riesgo potencial.

4. La elevación del sol ha sido considerada en virtud de:

- Elevación Riesgo Moderado= 30 °
- Elevación Riesgo Alto= 15°

5. El cálculo del posicionamiento solar es estimado a partir de las Latitudes y Longitudes promedio de la ubicación de todos los eventos ocurridos sobre cada ruta de análisis (RN 5 y RN 33), siendo:

- RN 33= Latitud -36.1283702 / Longitud -62.7449411, referencia ajustada a la georreferencia más próxima sobre la ruta.

- RN 5= Latitud -35.7936760776238 / Longitud -61.9937839, referencia ajustada a la georreferencia más próxima sobre la ruta.

6. Cada evento se encuentra identificado con fecha y hora, con la cual es posible calcular el ángulo de posición solar, Tabla 1 con un ejemplo, y por ende el riesgo de elevación.

Tabla 1. Cálculo del encandilamiento potencial por evento

Date	Time (hrs past local midnight)	Solar Elevation Angle (deg)	Elevacion Riesgo Moderado	Elevacion Riesgo Alto	Encandilamiento-Potencial
29/07/2014	9:00:00	8.9	-	1	1

Fuente: elaboración propia

En el caso que en el siniestro se determine riesgo, moderado o alto = 1, entonces existe encandilamiento potencial (=1).

7. La combinación del encandilamiento potencial y el estado del tiempo “bueno” determina la positividad de la variable “Encandilamiento”.

El análisis se completa con un modelo que permitió detectar asociaciones entre las variables y el potencial “Encandilamiento”, basándonos en el software “PowerhouseTM” versión 2.2.

3. Resultados y Discusión

Análisis de asociación con la variable “Encandilamiento” en RN 33

La variable a determinar es “Encandilamiento”. Luego de conformar la base de datos con todos los eventos factibles de agrupar, por encontrarse en rutas cuyas direcciones son similares a la de la RN 33 y eliminar las variables que no le aportan valor al modelo se obtiene:

Tabla 2. Modelo de identificación de asociación – Potencial riesgo de encandilamiento RN 33

Scorecard para BD RN 33 Tabla de datos para Encandilamiento potencial						
Variable	Val / Cat	Val / Cat	Val / Cat	Val / Cat	Val / Cat	Si es nulo
	Score	Score	Score	Score	Score	
mes	< 3.5	< 6.5	< 8.5	< 11.5	>=11.5	
	38	27	42	0	0	27
Tipo de siniestro	Colisión por alcance / Otro	Fronto - Lateral	Vuelco	Frontal / Caída		
	0	20	25	58		20

Fuente: elaboración propia

Las dos variables que se encuentran asociadas a si el siniestro tiene potencial de aumento de riesgo por encandilamiento son: Mes y Tipo de siniestro.

Cuanto mayor score tienen las categorías (Colisión frontal y caída, por ejemplo) más se vinculan con el riesgo a un posible encandilamiento.

Si observamos cómo se relacionan los atributos de ambas variables, encontramos de qué forma se asocian más intensamente:

- Los meses 7 y 8 son los de mayor score, entonces:



Figura 3. Red de relaciones RN 33 mes 7

Fuente: elaboración propia

En el mes de julio (7) las relaciones más fuertes se dan con el vuelco en calzada y la colisión frontal.



Figura 4. Red de relaciones RN 33 mes 8
Fuente: elaboración propia

En el mes de agosto la relación más importante es con el vuelco en calzada.

Veamos algunos ejemplos de la utilización del modelo de asociación:

Ejemplo 1: Un vuelco que ocurre en Agosto, en una de las rutas analizadas con dirección similar a la RN 33.

Tabla 3. Modelización del ejemplo 1

Variable	Valor	Score
mes	8	42
Tipo de siniestro	Vuelco	25
TOTAL		67

Fuente: elaboración propia

A la asociación le otorgamos un score de 67. Siendo las chances de que el encandilamiento haya aumentado el riesgo, del 36%:

Tabla 4. Probabilidad que el encandilamiento aumente el riesgo en el evento del ejemplo 1

Score	Encandilamiento potencial = 0		Encandilamiento potencial = 1		Mayor Diferencia	Diferencia de clase	Clase Más Probable
	Probabilidad	Chances	Probabilidad	Chances			
65	65%	1 in 1.5	35%	1 in 2.9	1	107%	0
66	64%	1 in 1.6	36%	1 in 2.8	1	111%	0
67	64%	1 in 1.6	36%	1 in 2.8	1	116%	0
68	63%	1 in 1.6	37%	1 in 2.7	1	121%	0
69	62%	1 in 1.6	38%	1 in 2.6	1	126%	0

Fuente: elaboración propia

Ejemplo 2: Un vuelco que ocurre en Noviembre, en una de las rutas analizadas con dirección similar a la RN 33.

Tabla 5. Modelización ejemplo 2

Variable	Valor	Score
mes	11	0
Tipo de siniestro	Vuelco	25
TOTAL		25

Fuente: elaboración propia

A la asociación le otorgamos un score de 25. Siendo las chances de que el encandilamiento haya aumentado el riesgo, del 3%:

Tabla 6. Probabilidad que el encandilamiento aumente el riesgo en el evento del ejemplo 2

Score	Encandilamiento potencial = 0		Encandilamiento potencial = 1		Mayor Diferencia	Diferencia de clase	Clase Más Probable
	Probabilidad	Chances	Probabilidad	Chances			
24	98%	1 in 1.0	2%	1 in 50	0	18%	0
25	97%	1 in 1.0	3%	1 in 33	0	17%	0
26	96%	1 in 1.0	4%	1 in 25	0	16%	0
27	96%	1 in 1.0	4%	1 in 25	0	15%	0

Fuente: elaboración propia

Análisis de asociación con la variable “Encandilamiento” en RN 5

La variable a determinar es “Encandilamiento”. Luego de conformar la base de datos con todos los eventos factibles de agrupar, por encontrarse en rutas cuyas direcciones son similares a la de la RN 5 y eliminar las variables que no le aportan valor al modelo se obtiene:

Tabla 7. Modelo de identificación de asociación. Potencial riesgo de encandilamiento RN 5

Scorecard para BD RN 5 Tabla de datos para Encandilamiento potencial						
Variable	Val / Cat Score	Val / Cat Score	Val / Cat Score	Val / Cat Score	Val / Cat Score	Si es nulo
mes	< 3.5 0	< 7.5 11	< 9.5 5	< 11.5 4	>=11.5 23	6
senalizacion	Irregular 0	Incompleta 0	Completa 11	Nula 13		10
estadoBueno	No 0	Si 8				6
transitoRestringido	Obra en construcción / Otro 0	Sin restricción 6	En reparación 16	Desvío provisorio 32		6
vientoFuerte	No 0	Si 16				0
estadoBaches	Si 0	No -8				-7

Fuente: elaboración propia

Las variables que se encuentran asociadas a si el siniestro tiene potencial de aumento de riesgo por encandilamiento son: Mes, Señalización, Estado bueno de la ruta, Tránsito restringido, Viento fuerte y Que la ruta posea baches en el sector del siniestro.

Cuanto mayor score tienen las categorías (Que no exista señalización, por ejemplo) más se vinculan con el riesgo a un posible encandilamiento.

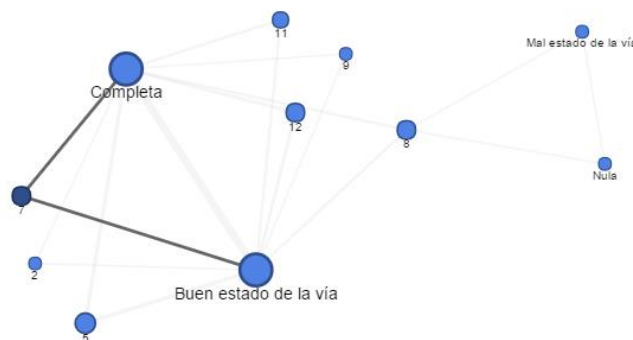
Analizamos cómo se conectan los atributos dentro de la red de información, los meses 12 y 7 son de gran peso en la asociación y que se relacionan principalmente con que el tramo de ruta posea señalización completa y se encuentre en buen estado:



Figura 5. Red de relaciones RN 5 mes 12

Fuente: elaboración propia

Figura 6. Red de relaciones RN 5 mes 7



Fuente: elaboración propia

Veamos algunos ejemplos del comportamiento del modelo de asociación:

Ejemplo 1: Un siniestro que ocurre en Noviembre en un tramo de ruta en buen estado (sin restricción) sin baches y en el clima predomina el viento fuerte, sobre una de las rutas analizadas con dirección similar a la RN 5.

Tabla 8. Modelización ejemplo 1

Variable	Valor	Score
mes	11	4
senalizacion	Completa	10
estadoBueno	Si	8
transitoRestringido	sin restricción	6
vientoFuerte	Si	16
estadoBaches	No	-8
Add Constant		8
TOTAL		44

Fuente: elaboración propia

A la asociación le otorgamos un score de 44. Siendo las chances de que el encandilamiento haya aumentado el riesgo, del 45%.

Tabla 9. Probabilidad que el encandilamiento aumente el riesgo del evento del ejemplo 1

Score	Encandilamiento potencial = 0		Encandilamiento potencial = 1		Mayor Diferencia	Diferencia de clase	Clase Más Probable
	Probabilidad	Chances	Probabilidad	Chances			
42	59%	1 in 1.7	41%	1 in 2.4	1	134%	0
43	57%	1 in 1.8	43%	1 in 2.3	1	144%	0
44	55%	1 in 1.8	45%	1 in 2.2	1	154%	0
45	54%	1 in 1.9	46%	1 in 2.2	1	163%	0
46	52%	1 in 1.9	48%	1 in 2.1	1	173%	0

Fuente: elaboración propia

Ejemplo 2: Un siniestro que ocurre en Marzo en un tramo de ruta en buen estado (sin restricción) sin baches y en el clima no predomina el viento fuerte, sobre una de las rutas analizadas con dirección similar a la RN 5.

Tabla 8. Modelización ejemplo 2

Variable	Valor	Score
mes	3	0
senalizacion	Completa	10
estadoBueno	Si	8
transitoRestringido	Sin restricci3n	6
vientoFuerte	No	0
estadoBaches	No	-8
Add Constant		8
TOTAL		24

Fuente: elaboraci3n propia

A la asociaci3n le otorgamos un score de 24. Siendo las chances de que el encandilamiento haya aumentado el riesgo, del 10%.

Tabla 9. Probabilidad que el encandilamiento aumente el riesgo del evento del ejemplo 2

Score	Encandilamiento potencial = 0		Encandilamiento potencial = 1		Mayor Diferencia	Diferencia de clase	Clase M3s Probable
	Probabilidad	Chances	Probabilidad	Chances			
22	93%	1 in 1.1	7%	1 in 14	0	13%	0
23	92%	1 in 1.1	8%	1 in 13	0	11%	0
24	90%	1 in 1.1	10%	1 in 10	0	9%	0
25	88%	1 in 1.1	12%	1 in 8.3	0	7%	0
26	86%	1 in 1.2	14%	1 in 7.1	0	5%	0

Fuente: elaboraci3n propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Seg3n los resultados de este estudio, en los siniestros ocurridos en las rutas agrupadas bajo similar direcci3n que la Ruta Nacional 33, las variables asociadas a potenciar el riesgo de encandilamiento son el mes y el tipo de siniestro.

Los meses m3s representativos de esta asociaci3n son Julio y Agosto, particularmente Julio relacionado a los vuelcos en calzada y las colisiones frontales y Agosto a los vuelcos en calzada.

Nuestros datos muestran que al analizar el potencial riesgo de encandilamiento en las rutas de similar direcci3n a la Ruta Nacional 5, la cantidad de variables asociadas aumenta en comparaci3n con las relaciones obtenidas en Ruta Nacional 33. Encontramos seg3n el orden de mayor asociaci3n que: el mes, las caracter3sticas de la se3alizacion, el buen estado de la v3a, la existencia de restricciones en el tr3nsito, los vientos fuertes y la existencia de baches son las caracter3sticas prioritarias a prevenir.

El buen estado de la vía con señalización completa son los atributos con mayor relación a los meses de más alto impacto.

A partir de la información obtenida, se recomienda la realización de campañas preventivas respecto al encandilamiento solar. Poner en conocimiento de la población los horarios de mayor riesgo según la ruta en la que se circule y el mes en curso, brindan aplicaciones claras y de simple implementación.

En las escuelas de educación secundaria, alumnos de 12 a 18 años, se recomiendan actividades lúdicas que permitan concientizar acerca de la importancia de evitar riesgos de encandilamiento.

La promoción de la limpieza de parabrisas y viseras en los cascos es una acción que puede ser coordinada desde los Municipios en vinculación con estaciones de servicio, estas últimas podrían ofrecer este servicio como parte de su actividad estándar.

5. Referencias

- [1] VOS, J. J. (2003). One the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. Clinical and Experimental Optometry. *Journal of the Australian Optometrical Association*. 86(6). 363.
- [2] FUNDACIÓN AFFLELOU. (2011). La protección visual en la conducción. *Real Automóvil Club de España*.